



Universidad Michoacana de San Nicolás de
Hidalgo

FACULTAD DE QUÍMICO FARMACOBIOLOGÍA
LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA
“MC. VICTOR MANUEL RODRÍGUEZ”

**CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y
NUTRICIONAL DEL GERMOPLASMA DE
GUAYABA DE PULPA ROSA**

TESIS
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

PRESENTA
Q.F.B. TSANDA SANCHEZ RICO

Asesor de Tesis
D.C. Consuelo de Jesús Cortés Penagos

Co-asesor
D.C. José Saúl Padilla Ramírez

Morelia, Michoacán, agosto del 2013.





UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
Programa Institucional de Maestría en Ciencias Biológicas

DR. HÉCTOR GUILLÉN ANDRADE
COORDINADOR GENERAL DEL PROGRAMA INSTITUCIONAL DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
P R E S E N T E

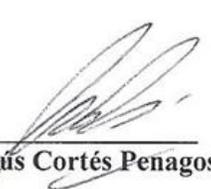
Por este conducto nos permitimos comunicarle que después de haber revisado el manuscrito final de la Tesis Titulada: "Caracterización fisicoquímica y nutricional del germoplasma de guayaba de pulpa rosa" presentado por la QFB. TSANDA SANCHEZ RICO, consideramos que reúne los requisitos suficientes para ser publicado y defendido en Examen de Grado de Maestra en Ciencias.

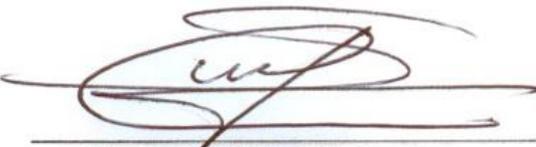
Sin otro particular por el momento, reiteramos a usted un cordial saludo.

A T E N T A M E N T E

Morelia, Michoacán, a 30 de julio de 2013

MIEMBROS DE LA COMISIÓN REVISORA


Dra. Consuelo de Jesús Cortés Peñagos
Directora de Tesis


Dr. José Saúl Padilla Ramírez
Co director


Dr. Pedro Antonio García Saucedo


Dr. Rodolfo López Gómez


MC. Ernesto González Gaona

EL APRENDIZAJE ES EXPERIENCIA, TODO LO
DEMÁS ES INFORMACIÓN.

Albert Einstein

DEDICATORIA

A mi esposo Nestor David,

A mis padres Marcos y Luz María

A mis hermanos Atziri, Moreida, Marcos y Roberto

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada con el No. 253799.

A mi asesora de Tesis la D.C. Consuelo de Jesús Cortés Penagos por su valioso apoyo, paciencia y colaboración en mi formación profesional. A mi Co-asesor el Dr. José Saúl Padilla Ramírez por su enorme disposición y apoyo.

Al D.C. Pedro García Saucedo por toda la información y facilidades proporcionadas para éste proyecto. Al D.C. Rodolfo López Gómez por su disposición personal y así como del equipo en pro a mi formación profesional. Al M.C. Ernesto González Gaona por todas sus aportaciones y siempre disposición para la realización del proyecto.

Al Q.F.B. Roberto Esquivel del Laboratorio de Neurobiología de la Facultad de Químico Farmacobiología de la UMSNH, por su tiempo, esfuerzo en el proyecto.

A la M.C. Rosa María García Martínez y a la Q.F.B. María Gloria del Laboratorio de Análisis de Alimentos de la Facultad de Químico Farmacobiología de la UMSNH por las facilidades proporcionadas en cuanto a préstamo de equipo y asesoría. Gracias Gloria.

A la D.C. Ruth Alfaro Cuevas-Villanueva, D.C. Raúl Cortés Martínez y al M.C. Benjamín Villalobos Castañeda del Laboratorio de Espectrofotometría de Absorción Atómica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Al Instituto de Investigaciones Metalúrgicas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo por las facilidades proporcionadas.

Al M.C. Luis María Suarez, por todo su tiempo dedicado al proyecto y su disposición incondicional.

A mis compañeros de la maestría Karla Córdova Aguilar, Ricardo Martínez Corona, Esther Tadeo González, Rodolfo Fulgencio Negrete y Sarahí Rodríguez González.

A mi compañera y amiga, Nora Eloisa Maldonado Sierra, por sus enseñanzas y apoyo en éste largo camino.

A Laura Adriana Ávalos, a Tania Janet Moreno Joaquín, Julio César Jacobo Olvera, a Miguel Alejandro Castro Mora, Gustavo Ávila Gómez por sus largas jornadas de trabajo dedicadas a éste proyecto.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTOS	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	XII
RESUMEN	13
ABSTRACT	14
CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN	17
CAPÍTULO 2 ESTADO DEL ARTE.....	19
2.1 GENERALIDADES DEL CULTIVO.....	19
2.1.1 <i>Fruto</i>	19
2.1.2 <i>Origen y antecedentes históricos</i>	20
2.1.3 <i>Taxonomía</i>	20
2.1.4 <i>Requerimientos ecológicos</i>	20
2.1.5 <i>Manejo del cultivo</i>	21
2.1.6 <i>Composición química y nutricional del fruto.</i>	22
2.1.7 <i>Importancia económica</i>	24
2.1.8 <i>Problemáticas del cultivo</i>	25
2.1.9 <i>Conservación y mejoramiento de recursos filogenéticos.</i>	26
2.1.10 <i>Nuevas variedades de guayaba en México</i>	26
2.2 COMPUESTOS ANTIOXIDANTES	28
2.2.1 <i>Definición y clasificación</i>	29
2.2.2 <i>Ácido Ascórbico</i>	30
2.2.3 <i>Compuestos fenólicos</i>	31
2.2.4 <i>Compuestos carotenoides</i>	33
2.2.5 <i>Capacidad antioxidante</i>	34
2.2.6 <i>Metodologías para medir Capacidad Antioxidante</i>	34
2.3 FIBRA DIETÉTICA TOTAL.....	35
2.3.1 <i>Fibra soluble</i>	35
2.3.2 <i>Fibra insoluble</i>	35
2.4 NUTRIENTES INORGÁNICOS	36

2.4.1	<i>Macronutrientes</i>	37
2.4.2	<i>Micronutrientes</i>	37
2.5	CALIDAD SENSORIAL	38
CAPÍTULO 3	JUSTIFICACIÓN	39
3.1	HIPÓTESIS	39
3.2	OBJETIVOS	39
3.2.1	<i>Objetivo general</i>	39
3.2.2	<i>Objetivos específicos</i>	39
CAPÍTULO 4	MATERIALES Y MÉTODOS	41
4.1	UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA EXPERIMENTAL “LOS CAÑONES”	41
4.2	MATERIAL VEGETAL	41
4.3	MÉTODOS.	42
4.3.1	<i>Caracterización fisicoquímica</i>	42
4.3.2	<i>Antioxidantes</i>	44
4.3.3	<i>Capacidad Antioxidante</i>	45
4.3.4	<i>Fibra Dietética Total</i>	46
4.3.5	<i>Propiedades fisicoquímicas</i>	47
4.3.6	<i>Propiedades estructurales</i>	48
4.3.7	<i>Nutrientes inorgánicos</i>	48
4.3.8	<i>Análisis Sensorial</i>	49
4.4	DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	50
4.5	ESTRATEGIA METODOLÓGICA	51
CAPÍTULO 5	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	52
5.1	CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA	52
5.1.1	<i>Peso y diámetros</i>	53
5.1.2	<i>Firmeza</i>	54
5.1.3	<i>Color instrumental</i>	56
5.1.4	<i>Sólidos Solubles Totales</i>	59
5.1.5	<i>Acidez iónica</i>	60
5.1.6	<i>Acidez Titulable</i>	61
5.1.7	<i>Índice de Madurez</i>	62
5.2	ANTIOXIDANTES	63

5.2.1	Ácido Ascórbico.....	64
5.2.2	Polifenoles Extraíbles.....	66
5.2.3	Carotenoides.....	67
5.2.4	Licopeno.....	69
5.3	CAPACIDAD ANTIOXIDANTE (CA).....	71
5.3.1	Porcentaje de Inhibición.....	71
5.3.2	Actividad anti-radicalaria.....	73
5.4	FIBRA DIETÉTICA TOTAL.....	75
5.4.1	Fibra soluble.....	76
5.4.2	Fibra insoluble.....	77
5.4.3	Capacidad de Absorción de Agua y Aceite.....	77
5.4.4	Diferencia Total de Color.....	80
5.4.5	Microscopía Electrónica de Barrido.....	81
5.4.6	Infrarrojo (IR).....	83
5.5	NUTRIENTES INORGÁNICOS.....	84
5.5.1	Macronutrientes.....	85
5.5.2	Micronutrientes.....	86
5.6	ANÁLISIS SENSORIAL.....	87
5.7	ANÁLISIS MULTIVARIADO.....	92
CAPÍTULO 6	CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS.....	96
6.1	CONCLUSIONES.....	96
6.2	PERSPECTIVAS.....	97
	BIBLIOGRAFÍA.....	99
	PUBLICACIONES.....	121
	CONGRESOS INTERNACIONALES.....	121
	CONGRESOS NACIONALES.....	121
	ANEXO 1. RESULTADOS DEL ANALISIS PRELIMINAR.....	123
	ANEXO 2. DISPOSICIÓN SOBRE LA CLASIFICACION POR CALIBRES ESTABLECIDO POR EL CODEX ALIMENTARIUS.....	125
	ANEXO 3. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN.....	126
	ANEXO 4. CURVAS DE CALIBRACION.....	128

ANEXO 5. CUESTIONARIO UTILIZADO EN LA EVALUACIÓN SENSORIAL	129
ANEXO 6. COMENTARIOS DE PANELISTAS.....	130

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. FRUTO Y ÁRBOL DEL GUAYABO.....	19
FIGURA 2. PRODUCCIÓN DEL CULTIVO EN MÉXICO Y SU RENDIMIENTO EN CADA ENTIDAD FEDERATIVA.	25
FIGURA 3. NUEVA VARIEDAD CALVILLO S-XXI	27
FIGURA 4. NUEVA VARIEDAD HIDROZAC.....	27
FIGURA 5. GENOTIPOS DE GUAYABA DE PULPA ROSA	28
FIGURA 6. ANILLO A Y B UNIDO POR UN PIRANO C CONSTITUYE LA ESTRUCTURA FLAVONA.....	32
FIGURA 7. GENOTIPOS Y VARIEDADES DE GUAYABA.	41
FIGURA 8.A). SISTEMA HUNTER Y LAS COORDENADAS L, A Y B. B). ÁNGULO °HUE DEL CÍRCULO CROMÁTICO Y C). CHROMA O SATURACIÓN DEL COLOR.....	42
FIGURA 9. PANEL SENSORIAL. A. CABINAS INDIVIDUALES. B. PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA.....	49
FIGURA 10. FIRMEZA DE LOS GENOTIPOS.	55
FIGURA 11. RELACIÓN DE LOS PARÁMETROS L, A Y B EN EPICARPIO.	57
FIGURA 12. COLOR DE PULPA EN GENOTIPOS	59
FIGURA 13. SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES.	59
FIGURA 14. ACIDEZ TITULABLE.....	61
FIGURA 15. ÍNDICE DE MADUREZ.	62
FIGURA 16. CONCENTRACIÓN DE AA.	65
FIGURA 17. CONTENIDO DE POLIFENOLES EXTRAÍBLES.....	67
FIGURA 18. CONTENIDO DE CAROTENIDES.....	68
FIGURA 19. CONTENIDO DE LICOPENO EN LOS CINCO GENOTIPOS.....	70
FIGURA 20. COMPARATIVO DEL PORCENTAJE DE INHIBICIÓN.....	72
FIGURA 21. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE POR LOS IONES CROMÓGENOS.	73
FIGURA 22. CONTENIDO DE FIBRA DIETÉTICA.	76
FIGURA 23. COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE AGUA Y ACEITE A DIFERENTES TAMAÑO DE PARTÍCULA.....	79
FIGURA 24. MICROGRAFÍAS ELECTRÓNICAS DE BARRIDO DE HARINAS DE GUAYABA. A. CALVILLO S-XXI, B. HIDROZAC, C. CORRESPONDE A SEGREGANTE DE LA INDIA, D. COLECTA 87 Y E. SEGREGANTE SUDÁFRICA. IMÁGENES A 1000 X.	82

FIGURA 25. ESPECTRO DE INFRARROJO.....	83
FIGURA 26. MACROELEMENTOS CUANTIFICADOS EN GENOTIPOS DE GUAYABA.	86
FIGURA 27. MICROELEMENTOS PRESENTES EN LOS GENOTIPOS	87
FIGURA 28. GRADO DE ACEPTACIÓN DEL SABOR.	89
FIGURA 29. GRADO DE ACEPTACIÓN DE LA TEXTURA.....	89
FIGURA 30. GRADO DE ACEPTACIÓN DEL COLOR.	90
FIGURA 31. GRADO DE ACEPTACIÓN DE LOS GENOTIPOS EVALUADOS.....	91
FIGURA 32. COMPONENTES PRINCIPALES SOBRE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS.	93
FIGURA 33. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES SOBRE LOS NUTRIENTES.....	94
FIGURA 34. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES EN QUINCE GENOTIPOS DE GUAYABA.	124

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LA GUAYABA.....	23
TABLA 2. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA GUAYABA.....	23
TABLA 3. PRINCIPALES RADICALES LIBRES	29
TABLA 4. PARÁMETROS FISCOQUÍMICOS EVALUADOS EN LOS CINCO GENOTIPOS.....	52
TABLA 5. TAMAÑO DE LOS FRUTOS.	53
TABLA 6. ESPECIFICACIONES PARA EL TAMAÑO DEL FRUTO.....	53
TABLA 7. CÓDIGOS DE CALIBRES PARA LOS MATERIALES.....	54
TABLA 8. CATEGORÍAS ASIGNADAS A LOS GENOTIPOS BASADOS EN EL PESO.	54
TABLA 9. PARÁMETROS DE COLOR EN EPICARPIO	57
TABLA 10. PARÁMETROS DE COLOR EN PULPAS DE GUAYABA.	58
TABLA 11. COMPUESTOS ANTIOXIDANTES.	63
TABLA 12. PORCENTAJE DE INHIBICIÓN EN LOS GENOTIPOS DE GUAYABA.	71
TABLA 13. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE	72
TABLA 14 FIBRA DIETÉTICA TOTAL Y SUS FRACCIONES, SOLUBLE E INSOLUBLE.....	75
TABLA 15. PORCENTAJE DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE AGUA Y ACEITE.....	78
TABLA 16. DIFERENCIA TOTAL DE COLOR EN PULPA FRESCA Y HARINA DE GUAYABA.....	81
TABLA 17. BANDAS DEL IR CORRESPONDIENTE A LOS GRUPOS FUNCIONALES EN LAS MUESTRAS DE GUAYABA.	84
TABLA 18. NUTRIENTES INORGÁNICOS (MG/100 G).....	85
TABLA 19. COMPARATIVO DEL CONTENIDO DE MINERALES DE LOS GENOTIPOS Y EL REQUERIMIENTO DIARIO (RD).	87
TABLA 20. NIVEL DE AGRADO DE LOS ATRIBUTOS SENSORIALES SOBRE LOS GENOTIPOS.	88
TABLA 21. COMENTARIOS SOBRE DESCRIPTORES DE SABOR.	130
TABLA 22. COMENTARIOS SOBRE DESCRIPTORES DE TEXTURA.	130
TABLA 23. COMENTARIOS SOBRE DESCRIPTORES COLOR.	130

RESUMEN

México ocupa el tercer lugar a nivel mundial en la producción de guayaba, sin embargo, sólo se comercializa el Tipo “Media china”, lo cual representa una limitante en la diversidad del cultivo, heterogeneidad en diferentes parámetros de calidad, no se cumple con la característica de fruto con pulpa rosa donde están implícitos otros compuestos bioactivos que requieren mercados internacionales. El objetivo del presente estudio es caracterizar fisicoquímicamente y nutricionalmente dos nuevas variedades mexicanas Calvillo S-XXI de pulpa crema e Hidrozac de pulpa rosa, así como tres genotipos sobresalientes Segregante de la India, Colecta 87 y Segregante Sudáfrica. Dentro del análisis fisicoquímico los resultados fueron los siguientes: el diámetro ecuatorial de 4.4 cm a 7.52 cm, en el diámetro longitudinal 6.72 cm a 5.28 cm; el peso osciló entre 57.51 g y 101.52 g, para la firmeza el rango fue 14.8 N y 31.52 N, el color medido a través de $^{\circ}$ Hue 60.68 a 102.34 y Chroma 21.89 a 29.52 para epicarpio mientras que en el color de pulpa, el ángulo de color o $^{\circ}$ Hue fue de 23.4 a 91.39 y Chroma 25.08 a 38.36. Los Sólidos Solubles Totales presentes varió entre 11.5 $^{\circ}$ B y 16.5 $^{\circ}$ B. El pH y el porcentaje de acidez titulable fueron aproximadamente 4 y 1% respectivamente. De la misma forma fueron cuantificados los principales antioxidantes como Ácido Ascórbico con concentraciones entre 61.25 mg/100g y 459.83 mg/100g, los Polifenoles entre 8821.6 mgEAG/100g y 13934.9 mgEAG/100g, los Carotenoides se ubicaron de 0.07 mg β -caroteno/100g a 2.78 mg β -caroteno/100g y Licopeno su rango fue de 0.14 mg/100g a 4.30 mg/100g. La mayor Capacidad Antioxidante fue registrada por Segregante Sudáfrica e HidroZac bajo distintos métodos. La Fibra Dietética presentó concentraciones de 43.66% a 56.21%. También fueron cuantificados los nutrientes inorgánicos Ca, K, Mg, Fe, Zn y Na, de los cuales, los primeros cuatro fueron los más abundantes. La variedad HidroZac y Segregante de la India fueron los materiales más sobresalientes fisicoquímicamente, si incluimos a Segregante de Sudáfrica, los tres fueron los materiales más importantes nutricionalmente. Además, se efectuó un análisis sensorial para conocer el agrado del consumidor por los genotipos y las variedades.

Palabras clave: guayaba, genotipos, capacidad antioxidante, pulpa rosa.

ABSTRACT

Mexico ranks third worldwide in guava production, however, is only marketed the Type "Media China", which is a limiting factor in crop diversity, heterogeneity in different quality parameters is not satisfied with the characteristic pink fruit pulp which are implicit other bioactive compounds that require international markets. The aim of this study is to characterize physicochemical and nutritionally two new varieties Calvillo S-XXI cream pulp, Hidrozac pink pulp, as well as three outstanding genotypes Segregante de la India, Colecta 87 and Segregante Sudáfrica. Within the physicochemical analysis results were as follows: Equatorial diameter 4.4 cm to 7.52 cm, in the longitudinal diameter 6.72 cm to 5.28 cm, the weight ranged from 57.51 g to 101.52 g, for firmness range was 31.52 N to 14.8 N, the color measured across ° Hue peel 60.68 to 102.34 and Chroma at 29.52 to 21.89 while the pulp color or °Hue angle was 23.4 to 91.39 ° Hue and Chroma 25.08 to 38.36. Total Soluble Solids present varied between 11.5 ° B and 16.5 ° B. pH and titratable acidity percentage was about 4 and 1% respectively. In the same way were quantified as the main antioxidants ascorbic acid concentrations between 61.25 mg/100g and 459.83 mg/100g, Polyphenols between 8821.6 mgEAG/100g and 13934.9 mgEAG/100g, Carotenoids were located 0.07 mgβ-caroteno/100g to 2.78 mgβ-caroteno/100g and Lycopene its range was 0.14 mg/100g to 4.30 mg/100g. The greatest antioxidant capacity was recorded by HidroZac and Segregante Sudáfrica under different methods. Dietary fiber showed concentrations of 43.66% to 56.21%. Also inorganic nutrients were quantified Ca, K, Mg, Fe, Zn and Na, of which the first four were the most abundant. The variety HidroZac and Segregante de la India were the most outstanding materials physicochemically, yes we include Segregante de Sudáfrica, the three were nutritionally outstanding materials. In addition, sensory analysis was performed for the pleasure of the consumer by genotypes and varieties.

Key words: guava, genotypes, antioxidant capacity, pink pulp.

El presente documento se encuentra estructurado por cinco Capítulos, Referencias Bibliográficas, listado de las Publicaciones derivadas de la investigación y algunos Anexos.

En el **Capítulo 1** conforma la Introducción donde se expone de forma general la importancia de la producción de guayaba en México, así como la necesidad en la generación de nuevas variedades guayaba con características fisicoquímicas y nutricionales que lleven implícitos otros compuestos bioactivos.

Dentro del **Capítulo 2** se establece el Estado del Arte donde se analiza la importancia nutricional del fruto de guayaba como tal, así como la revisión bibliográfica sobre los compuestos antioxidantes presentes en los frutos coloridos que proporcionan beneficios adicionales a la salud. Se explica brevemente los métodos por los cuales pueden ser evaluados su Capacidad Antioxidante. Se realiza una descripción breve sobre la Fibra Dietética así como algunos nutrientes inorgánicos.

En el **Capítulo 3** explica la justificación de la realización del trabajo así como la exposición de la Hipótesis. De igual forma, está contenido el objetivo general y los objetivos particulares.

En el **Capítulo 4** está conformados los Materiales y Métodos, en donde se señala la ubicación del campo experimental y las condiciones del fruto utilizado. Dentro de los Materiales, se deriva en la caracterización de parámetros fisicoquímico, así como los procedimientos para cuantificar compuestos antioxidantes, la Capacidad Antioxidante y en la Fibra Dietética, la evaluación de algunas propiedades fisicoquímicas y estructurales. Se explica brevemente la metodología para cuantificar algunos nutrientes inorgánicos así como el análisis sensorial de los cinco materiales. El diseño experimental y análisis estadístico se explica en éste apartado.

El **Capítulo 5** corresponde a la presentación de Resultados generados y su Discusión donde están incluidas las correlaciones encontradas entre los distintos parámetros.

En lo que se refiere al **Capítulo 6** se establecen las conclusiones y las perspectivas futuras generadas a través del estudio realizado.

En el último apartado consta de tres secciones, la primera son las referencias bibliográficas que sustentan la información, la segunda, incluyen las publicaciones en congresos nacionales e internacionales generadas a partir de éste trabajo y por último se encuentran ubicado los anexos.

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

La producción de fruto de guayaba en México, ocupa el tercer lugar a nivel mundial, por encima de países como Brasil, Colombia y Venezuela. En la región productora Calvillo-Cañones donde inicio el cultivo de la guayaba, la propagación se dio a través de semillas e hijuelos de raíz y no a través de variedades comerciales establecidas ocasionando la formación de germoplasma criollo que se adaptó a condiciones específicas de su habitat. Por ello existe una heterogeneidad que impide una clasificación y comercialización adecuada del fruto (Perales de la Cruz & Silguero, 1995). Por muchas décadas se dispuso del material genéricamente conocido como “Media China” y “china” cultivada en un 90% de la superficie total (Padilla, González, & Perales de la Cruz, 2010; Mondragón, Toriz, & Guzmán, 2009; Martínez et al., 2004; Mata & Rodríguez, 2000). Esfuerzos para solucionar éste problema se realizó una recolección del material que se llevó a cabo en la región de Calvillo-Cañones estableciendo un lote en el Área Experimental “Los Cañones” localizada en el municipio de Huanusco, Zacatecas, México, (21°44.7’ LN; 102°58.0’ LO y 1508 msnm), con 126 plantas del germoplasma recolectado del tipo “Media China”. La evaluación del material se realizó en dos etapas: Etapa 1, se determinó el rendimiento y la calidad del fruto y en la Etapa 2, fueron propagados asexualmente por acodo aéreo doce materiales incluidas las cinco nuevas variedades y siete selecciones sobresalientes. La evaluación productiva se llevo a cabo durante tres ciclos anuales comprendidos entre 2006 y 2009. El fruto de guayaba cultivado en nuestro país cuenta actualmente con nuevas variedades registradas y selecciones en estudio provenientes del Banco de Germoplasma del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (Padilla, González, Perales de la Cruz, Reyes, & Osuna, 2007).

Por otra parte, es importante generar y caracterizar nuevos materiales que cumplan con los estándares, no sólo fisicoquímicos sino nutricionales, entendiéndose como tal los compuestos bioactivos (antioxidantes, fibra dietética, etc.) que proporcionan beneficios adicionales a la salud. Los estudios sobre la composición nutricional de la guayaba cultivada en México establece para caroteno (Vitamina A) 200-400 I.U., licopeno 0.53 mg (Mondragón et al., 2009), para Vitamina C 160.0 mg y para fibra cruda 2.8-5.5g por 100g de porción comestible (Perales de la Cruz, Padilla, González, & Reyes, 2005). La Capacidad Antioxidante es un parámetro cada

vez más utilizado en la evaluación nutricional de distintas guayabas comerciales de pulpas cremas y rosas (Marquina, Araujo, Ruíz, Rodríguez-Malaver, & Vit, 2008; Rojas, Narváez, & Restrepo, 2008; Waliszewski & Blasco, 2010; Kuskoski, Asuero, Troncoso, Mancini-Filho, & Fett, 2005). Sin embargo, la guayaba mexicana no ha sido cuantificada la Capacidad Antioxidante mediante los distintos métodos. En el presente estudio se trabajo con dos nuevas variedades generadas por el Banco de Germoplasma, Calvillo S-XXI de pulpa crema (No. GUA-005-160709) e HidroZac de pulpa rosa (No. GUA-002-160709), así como tres genotipos de pulpa rosa sobresalientes agronómicamente, Segregante de la India, Colecta 87 y Segregante Sudáfrica. Se evaluaron aspectos físicoquímicos del fruto de guayaba en fresco así como la cuantificación del perfil de compuestos antioxidantes más importantes como Ácido Ascórbico, Polifenoles Extraíbles, Carotenoides, su Capacidad Antioxidante, así como Fibra Dietética y sus respectivas correlaciones.

CAPÍTULO 2 ESTADO DEL ARTE

2.1 Generalidades del cultivo

2.1.1 Fruto

Es el resultado del desarrollo conjunto de las paredes del receptáculo y los tejidos del ovario, conserva en el ápice los restos del cáliz y pistilos. Puede ser esférico, elipsoide o piriforme. Las dimensiones del tamaño varían de cuatro a catorce centímetros de largo por cuatro a siete centímetros. El epicarpo es una capa de parénquima con estomas en abundancia sobre la epidermis, debajo de la cual hay poros de aceites con apariencia oscura. El mesocarpo está constituido por tejido parenquimatoso formado por células duras o esclereidas, solas o en grupos que permiten la consistencia arenosa característica del fruto. Los tejidos del ovario, rico en agua, presentan pigmentos rosados o amarillos según la variedad.



Figura 1. Fruto y árbol del guayabo.

Generalmente hay cuatro lóculos con semillas triangulares o reniformes, duras y blancas de tres a cinco milímetros de longitud (León, 2000). Puede presentar un peso entre 60-500 gr por fruto, un pH ácido entre 3.4-4.2, una concentración de sólidos solubles totales entre 5-15 °Brix (Perales de la Cruz et al., 2005).

2.1.2 Origen y antecedentes históricos

Es difícil establecer el origen debido a factores como diversidad fenotípica, el gran poder germinativo y la diseminación por las aves (E. González, Padilla, Reyes, Perales de la Cruz, & Esquivel, 2002). Sin embargo, algunos autores refieren a México como el centro de origen, algunos más refieren el área entre México y Perú (Mata & Rodríguez, 2000; Perales de la Cruz & Silguero, 1995). Sumado a esto, algunos hallazgos arqueológicos indican que el origen del cultivo se dio en Mesoamérica (E. González et al., 2002). Por medio de la conquista de los españoles, éste fruto fue distribuido ampliamente en Europa, Asia y África (Mata & Rodríguez, 2000; (González et al., 2002; Perales de la Cruz & Silguero, 1995).

2.1.3 Taxonomía

La guayaba pertenece al reino Vegetal, al subreino de las Fanerógamas, la clase de las Angiospermas, a la subclase de las Dicotiledóneas, subdivisión Lignosae, orden de los Myrtales, familia Myrtaceae, género *Psidium* y especie *guajava* (León, 2000). La familia Myrtaceae comprende árboles y arbustos muy variados por lo que ofrece posibilidades para el desarrollo de frutos de calidad a través del mejoramiento y la selección de plantas. Pertenece a la subfamilia Mirtoidea si el fruto es carnoso, o bien, si pertenece a la subfamilia Leptospermoidea el fruto es seco (Mata & Rodríguez, 2000). La familia Myrtaceae se considera de importancia económica en el mundo, por la presencia de frutos comestibles como la guayaba (*Psidium guajava* L.), Ciruela (*Eugenia aggegata*), manzana rosa o pomarroja (*Eugenia jambos*), algunas especies como el clavo de olor (*Eugenia aromatica* L.), pimienta de Jamaica (*Pimenta officinalis*), laurel (*Pimenta racemosa* J.W. Moore) (Reynertson, Yang, Jiang, Basile, & Kennelly, 2008; León, 2000). El género *Psidium* comprende aproximadamente 150 especies, algunas de las más importantes son: *P. cattleianum*, *P. cattleianum* var. *lucidum*, *P. friedrichsthalianum* y *Psidium guajava* L. (Mata & Rodríguez, 2000).

2.1.4 Requerimientos ecológicos

Se adapta a distintas condiciones climáticas, tanto en climas secos como en climas húmedos, sin embargo su área ecológica se encuentra ubicada en el paralelo del Ecuador. Ésta especie se localiza a distintas altitudes, puede estar a nivel del mar como 1500 msnm o más. En la India,

Jamaica, Costa Rica y Hawai se encuentra cultivado hasta los 1,400 msnm, mientras en Ecuador se localizan a una altitud de 2,300 msnm (Mata & Rodríguez, 2000; Perales de la Cruz & Silguero, 1995). Tomando en cuenta la sensibilidad del guayabo a bajas temperaturas, la altitud más apropiada para su cultivo se encuentra a altitudes inferiores a los 1,000 msnm. Sin embargo, en México las principales regiones productoras que se encuentran cultivadas se localizan a partir de 1,200 msnm en Talpa de Allende, 1,430 msnm en Jungapeo, Mich., 1,450 msnm en Coatepec de Harinas, Estado de México, 1,500 msnm en Juchipila, Zac., hasta 1,700 msnm de altitud en Calvillo, Ags. (Perales de la Cruz et al., 2005). Responde a una variedad de tipos de suelo, sin embargo, los que ofrecen el mejor desarrollo para el guayabo son magros, profundos, fértiles y con buen drenado. Los niveles óptimos de pH en el suelo son de 5.0 a 7.0, pero también se puede establecer en suelos ácidos (pH 4.5) y suelos ligeramente alcalinos (7.6 a 8.2) (Mata & Rodríguez, 2000).

La temperatura media anual de 23° a 28° es asociada a altos rendimientos (Mata & Rodríguez, 2000). Las temperaturas en las zonas productoras en México que coinciden, donde la temperatura va de 20 a 23 °C y temperaturas máximas promedio se encuentran entre los 29 y 32 °C. El guayabo es resistente a la sequía en comparación con la mayoría de los árboles frutales tropicales. Las mejores áreas son aquellas que no rebasan los 1,000 mm anuales, pues en condiciones de mayor humedad, el cultivo puede llevarse a cabo, sin embargo, la calidad del fruto se verá disminuido a pesar de alcanzar un tamaño normal. En Calvillo, Ags. y Jalpa, Zac., la precipitación pluvial anual es de 550 a 600 mm, lo cual sugiere la aplicación de riego auxiliar (Perales de la Cruz et al., 2005).

2.1.5 Manejo del cultivo

Los sistemas de plantación que se utilizan para éste cultivo son: cuadrado o marco real, rectangular y hexagonal. El marco real es el sistema tradicional de plantación de las primeras huertas establecidas y consiste en la misma distancia entre plantas e hileras de tal manera que se forman cuadrados perfectos en el terreno, por ejemplo, 7 x 7 m dando una población de 204 árboles/Ha. Rectangular: Se utiliza en las nuevas plantaciones para incrementar la densidad, las distancias más comunes son 3 x 5, 3 x 6, 4 x 5 y 4 x 6 m entre plantas e hileras respectivamente.

Hexagonal o tresbolillo: Por medio de la distribución en triángulos equiláteros con una separación de 7 m entre árboles, se obtiene una densidad de 234 árboles/Ha. Sin embargo, la tendencia actual es hacia el uso de 3 m entre planta y 6 m entre hileras para generar una densidad de 550 árboles/Ha. La fertilización orgánica consiste en la aplicación de dos cajas de estiércol por árbol. Se estima que se aporta 64 kg de N, 8.8 kg de P y 44 kg de K por cada 10 ton de estiércol, aumentando la disponibilidad de los compuestos presentes, mejorando las características físicas, químicas y microbiológicas del suelo. Los protocolos de fertilización mineral desarrollados en la zona guayabera Calvillo-Cañones, han obtenido buen rendimiento y calidad en el fruto con una aplicación equilibrada de los elementos mayores N-P-K, 1:1:1. Sin embargo, debido a la amplia distribución del cultivo en las diferentes zonas se sugiere hacer estudios nutricionales del suelo. Los suelos ligeramente alcalinos complica la asimilación de nutrientes, por lo cual se tienen que realizar aplicaciones de otros compuestos como sulfatos con la finalidad de acercar los valores de pH a neutros (Perales de la Cruz et al., 2005). La aplicación de cal antes de la plantación se presenta una menor pérdida de peso en poscosecha (de Mello, Natale, & da Silva, 2005).

2.1.6 Composición química y nutricional del fruto.

La composición química del fruto varía según los cultivares y las regiones de producción (Perales de la Cruz et al., 2005). El contenido nutricional para el tipo “Media China” se muestra a continuación en Tabla 1.

La guayaba es valorada por el alto contenido de Vitamina C (Padilla et al., 2010) que se localiza principalmente en el epicarpio y disminuye conforme se acerca hacia el endocarpio (Pérez, Mitchell, & Vargas, 2008; Perales de la Cruz et al., 2005; León, 2000). Dentro de la composición proteica de la guayaba, se reportan quince aminoácidos, como alanina, arginina, ac. aspártico, etc., algunos ácidos grasos como ácido palmítico, ácido oléico, así como algunos azúcares acidos como se muestra en la Tabla 2. Contiene importantes fitoquímicos como taninos, triterpenos, algunos flavnoides como quercitina, triterpenoides pentacíclicos: acido guajanoico, saponinas, carotenoides, lectinas, amritoside, β -sitoesterol, uvaol, ácido oleanolico y ácido ursolico (Kamath, Rahul, Kumar, & Lakshmi, 2008).

Tabla 1. Composición nutricional de la guayaba.

Nutriente	Unidades/100 g de porción comestible
Calorías	36 - 50 kcal
Humedad	77 - 86%
Fibra Cruda	2.8 – 5.5 g
Proteína	0.9 – 1 g
Grasa	0.1 – 0.5 g
Ceniza	0.43 – 0.7 g
Carbohidratos	9.5 – 10 g
Calcio	9.1 – 17 mg
Fósforo	17.8 – 30 mg
Hierro	0.3 – 0.7 mg
Caroteno (Vitamina A)	200 – 400 U.I.
Tiamina	0.046 mg
Riboflavina	0.03 -0.04 mg
Niacina	0.6 – 1.068
Vitamina B3	40 U.I.
Vitamina G4	35 U.I.
Vitamina C	160.0 mg

Los aceites esenciales del fruto de guayaba están conformados principalmente por el Hexanal (65.9%), 3-cariofileno (24.1%), nerolidol (17.3%), entre otros (Paniandy, Chane-Ming, & Pieribattesti, 2000). Dentro de los constituyentes aromáticos reportados para guayaba rosa esta el 3-pentil-2-ol y el 2-butanal acetato, además del 3-hidroxi-2-butanona, α -limoneno, β -cariofileno, entre los más importantes (Jordán, Margaría, Shaw, & Goodner, 2003).

Tabla 2. Composición química de la guayaba

Grupo	Componente
Aminoácidos	Alanina, Arginina, Ácido aspártico, Ácido glutámico, Histidina, Isoleucina, Leucina, Lisina, Fenilalanina, Prolina, Serina, Treolina, Triptófano, Tirosina, Valina.
Ácidos grasos	Ácido palmítico, Ácido oleico, Ácido palmitoléico, Ácido alfa linoleico, Ácido esteárico.
Azúcar ácido	Ácido D-galacturónico, Ácido ascórbico.
Ácido Tricarboxílico	Ácido cítrico
Vitaminas	Tiamina, Riboflavina, Ácido pantoténico, Niacina, Vitamina B6.
Minerales	Calcio, Cobre, Hierro, Fósforo, Magnesio, Manganeso, Potasio, Azufre, Zinc.
Azúcares	D-galactosa, Fructuosa
Lípidos	β - Carotenos, ácido mirístico.
Terpenos	Limoneno

Por otra parte, cabe mencionar que la guayaba es un nutraceutico con importantes propiedades que puede mantener la salud, prevenir y tratar enfermedades crónico-degenerativas (Perera & Li, 2012; Pérez et al., 2008), es decir, además de su valor nutricional aporta beneficios para la salud (Birute, Juárez, Sieiro, Romero, & Silencio, 2009).

2.1.7 Importancia económica

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), clasifica la producción de frutas tropicales en principales (mango, piña, aguacate y papaya) que corresponde al 78% y las secundarias como lichi, rambután y guayaba que representa en 22% de la producción mundial. La mayoría de las frutas tropicales son producidas en países en vías de desarrollo y su producción favorece la generación de empleo, aumenta la rentabilidad de los cultivos para los agricultores, contribuye con la seguridad alimentaria y ayuda a reducir los niveles de pobreza (FAO, 2013).

La producción de guayaba en México lo ha colocado en tercer lugar a nivel mundial, después de India y Pakistán (Yam, Villaseñor, Romantchik, Soto, & Peña, 2010). Las zonas productoras más importantes del país comprenden los estados de Michoacán con 133 mil 184 ton, el estado de Aguascalientes con cerca de 95 mil 770 ton, el estado de y Zacatecas con 46 mil 900 ton (Figura 2), las cuales representan el 88% de las superficies cultivadas. La superficie establecida del cultivo está calculada en 21,235 hectáreas con 48,800 empleos directos declarados (SAGARPA-SIAP 2012). La producción involucra condiciones agroclimáticas, genotipo de guayaba, la densidad en la plantación, la edad de los árboles y el tipo de tecnología de producción. Es un cultivo que potencialmente se puede cosechar en cualquier época del año, sin embargo, en México los meses de mayor producción son los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre (60% de la producción) y los meses que alcanza el mayor precio son marzo, abril y mayo (González et al., 2002).

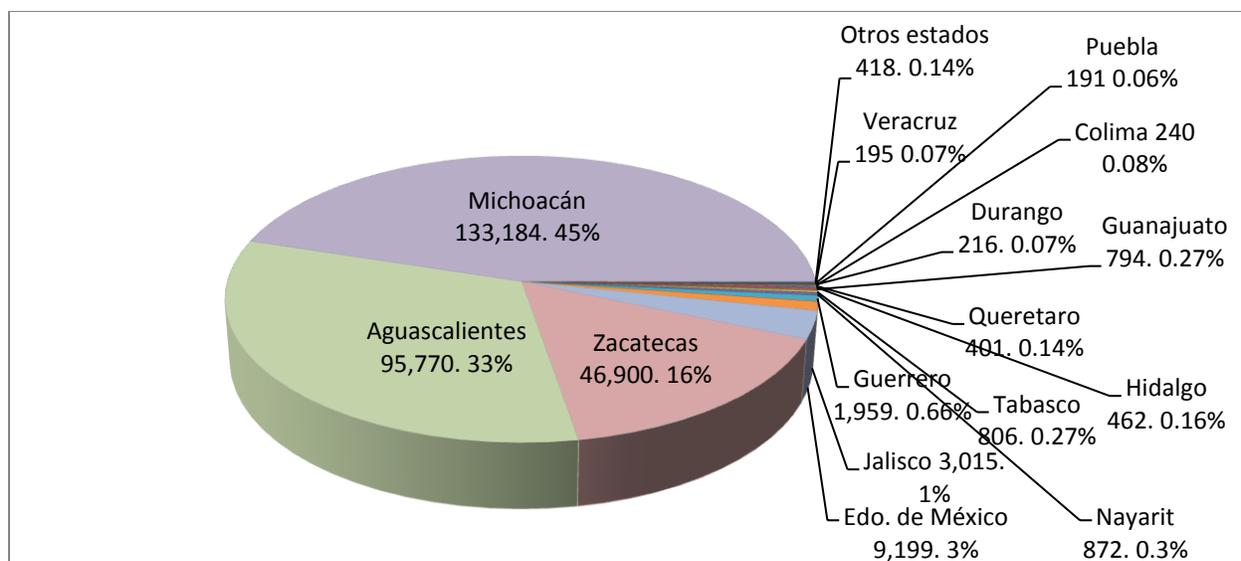


Figura 2. Producción del cultivo en México y su rendimiento en cada entidad federativa.

El cultivo está destinado al consumo nacional principalmente en fresco con una ingesta 3.0 Kg/persona al año y sólo una pequeña parte es utilizado como materia prima para la elaboración de jugos, jaleas, mermeladas, dulces regionales como ates, rollos, muchos de ellos preparados de manera artesanal (Padilla et al., 2007; González et al., 2002).

La FAO prevé para los frutos tropicales que la Comunidad Europea seguirá siendo el principal mercado de importación de todo el mundo, seguida de los Estados Unidos, el principal socio comercial de México, y representará en conjunto el 70% de la demanda de importaciones. Algunos aspectos a considerar en los frutos tropicales como beneficiosos para su comercialización son la novedad de los frutos, el precio y la calidad que se pueden aprovechar (FAO, 2013).

2.1.8 Problemáticas del cultivo

Dentro de los problemas identificados encontramos de tipo cultural: la escasez y uso ineficiente del agua, poco uso de fertilización inorgánica, podas inadecuadas, enfermedades y plagas (E. González et al., 2002). Existe la nula operación de acondicionamiento de la fruta pos-cosecha para disminuir el calor de campo, encerado y/o otros tratamientos que garantizaría la calidad en la cadena de comercialización (Yam et al., 2010; Perales de la Cruz et al., 2005).

La exportación está representada por un pequeño volumen -5,232 ton- con destino final a Estados Unidos, sin embargo, las principales limitantes cuestiones fitosanitarias y la preferencia del mercado internacional por fruta de mayor tamaño y pulpa color rosado, características que no presentan los principales tipos producidas en México (Mondragón et al., 2009).

El germoplasma cultivado en nuestro país conocido como “Media China” y “China” presenta una amplia diversidad genética y morfológica (Martínez et al., 2004; Padilla-Ramírez, González-Gaona, Esquivel-Villagrana, Mercado-Silva, & Hernández-Delgado, 2002), lo cual dificulta el cumplimiento de los estándares internacionales de calidad para su comercialización.

2.1.9 Conservación y mejoramiento de recursos filogenéticos.

Los recursos filogenéticos son recursos naturales limitados y perecederos que sirven como herramienta para proporcionar las bases genéticas y mediante el uso adecuado permiten la obtención de variedades mejoradas de plantas (International Plant Genetic Resources Institute, 2000). Ofrecen características como adaptación a las condiciones ambientales, producción, resistencia a plagas y enfermedades. La conservación y utilización garantizan la seguridad alimentaria además de generar materias primas sin comprometer el bienestar de las presentes y futuras generaciones impactando la economía humana (Bretting & Duvick, 1997). La conservación se puede dividir en *in situ*, *ex situ* y la integrada. La primera involucra la conservación de las especies en su hábitad natural desarrollando sus características propias. Por otra parte, *ex situ*, implica la conservación fuera de su hábitad natural y generalmente implica la generación de Bancos de Germoplasmas de semillas (Padilla et al., 2007).

2.1.10 Nuevas variedades de guayaba en México

Existe una gran diversidad genética y morfológica dentro y fuera de las huertas provenientes de la región de Calvillo-Cañones; éste germoplasma se le conoce con el nombre genérico de “Media China”. Sin embargo, estas diferencias en el germoplasma fueron utilizadas para la generación de nuevas variedades clonales (Padilla-Ramírez et al., 2002).

Las nuevas variedades generadas a partir del banco de germoplasma son: Huejucar, Caxcana, Merita, Calvillo S-XXI e HidroZac, los colores de pulpa que manifiestan son jaspeado-rosa, pálido-crema, pulpa blanca, pulpa crema y pulpa rosa respectivamente.



Figura 3. Nueva variedad Calvillo S-XXI

- Calvillo S-XXI, variedad de pulpa crema obtenida por selección individual en huertas comerciales de la región de Calvillo-Cañones. Presenta una forma ovoide de 60 a 80 g, de 4.5 a 5 cm de diámetro ecuatorial, el grosor del casco de 6 a 8 mm. Por fruto, el promedio de semillas es de 190 a 210. La concentración de Sólidos Solubles Totales es de 12 a 14 °Brix. Son frutos similares al tipo comercial “media china” que tiene una gran aceptación en el consumo en fresco o para uso agroindustrial. Fue registrada en el Catalogo Nacional de Variedades Vegetales con el No. GUA-005-160709, (Figura 3) (Padilla et al., 2010).



Figura 4. Nueva variedad HidroZac

- HidroZac, variedad de pulpa rosa. Obtenida por selección individual de huertas comerciales de la región de Calvillo-Cañones. Su forma es trunca-aperada de 90 a 110 g, con un diámetro ecuatorial de 5 a 5.5 cm. El grosor del casco es de 10 a 12 mm. La cantidad de semillas en el fruto oscila entre 200 y 230. Los SST se encuentran entre los 11 a 13 °Brix. La producción se realiza en los meses de noviembre a diciembre, presenta un periodo de cosecha más tardío de

170 a 185 días flor a inicio de la cosecha. La variedad HidroZac fue registrada ante el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias ante el Catalogo Nacional de Variedades Vegetales, contando con el registro No. GUA-002-160709, (Figura 4) (Padilla et al., 2010).



Figura 5. Genotipos de guayaba de pulpa rosa

Los genotipos caracterizados en el presente estudio se describen brevemente en el siguiente apartado:

- El genotipo Segregante de Sudáfrica reporta una concentración de 13.0 a 14.0 °Brix y para el peso de 90 a 120 g. El contenido de semillas aproximado por fruto es de 150 a 170. El grosor del casco oscila entre 1.0 y 1.1 cm.
- El genotipo Segregante de la India, ha reportado una concentración de SST de 13 a 14 °Brix. Mientras que el peso del fruto se encuentra entre 90 y 150 g. El grosor del casco varía entre 1.0 y 1.2 cm. El número de semillas aproximado es 160-180 por fruto.
- El genotipo Colecta 87, los reportes para el contenido de Sólidos Solubles Totales esta en 13.5 y 14 °Brix. El peso registrado para éste genotipo es de 90 a 120 g. El grosor del casco es de 0.8 a 0.9 cm, mientras que el número de semillas es de 350-400 por fruto (Figura 5), (Datos no publicados).

2.2 Compuestos Antioxidantes

Los alimentos ya no sólo son evaluados en macro y micronutrientes, sino que también se analizan actualmente otros componentes activos. Una definición de alimento funcional o nutraceutico es cualquier sustancia que se puede considerar un alimento o parte de éste, que

además de su valor nutrimental aporta a quien lo consume beneficios adicionales a su salud y de prevención. Dentro de la clasificación basada en su similitud de la composición química podemos ubicar a los Compuestos Antioxidantes como la Vitamina C, Vitamina E, compuestos fenólicos (Birute et al., 2009).

2.2.1 Definición y clasificación

Los radicales libres (RL) son cualquier especie que de manera independiente contiene en (los) orbital(es) uno o más electrones no apareados de diferente naturaleza o bien aunque no poseen electrones desapareados son agentes oxidantes y generan radicales libres (Tabla 3) (Halliwell, 2006). En el cuerpo humano se producen a partir de reacciones químicas naturales como la respiración, la cual genera alrededor del 1 al 3 % de RL (Matough, Budin, Hamid, Alwahaibi, & Mohamed, 2012), además pueden ser inducidas por factores externos como contaminación, ingesta de conservadores, estrés, etc. Generalmente son neutralizados por estrategias de defensa dentro de los compartimientos celulares, inducidas por la regulación génica y por la respuesta a factores externos. El desequilibrio que se puede originar entre los RL y las sustancias antioxidantes genera daños en los tejidos celulares (Di Matteo et al., 2010; Gutteridge, 1995), por ejemplo, oxidación de la membrana, daño el Acido Desoxirribo Nucléico (ADN) y así comenzar reacciones en cadena que pueden conducir al envejecimiento natural, la aparición de enfermedades cardiovasculares, cáncer, diabetes (Matough et al., 2012; Halliwell, 2007; Prior & Cao, 1999).

Tabla 3. Principales Radicales Libres

Radicales libres		No radicales	
Radical hidroxilo	OH	Peróxido de Hidrógeno	H ₂ O ₂
Radical Superóxido	O ₂ ⁻	Peróxidos orgánicos	ROOH
Radical Peroxilo	ROO [·]	Ozono	O ₃
Oxígeno Singlete	¹ O ₂	Ácido hipocloroso	HClO
Átomo de cloro	Cl [·]	Peroxinitrito	ONOO ⁻

Un antioxidante puede ser cualquier sustancia que es capaz de inhibir o retrasar significativamente la oxidación en cadena de dicho sustrato, entendiéndose como sustrato como cualquier sustancia biológica como proteínas, carbohidratos, lípidos y ADN (Tirzitis & Bartosz,

2010; Martínez, 2008; Halliwell, 2007; Bravo, 1998). Por su estructura frenan la formación de RL, previenen o son utilizadas en el tratamiento de enfermedades causadas por estrés oxidativo (Birute et al., 2009). Los radicales antioxidantes son estables por su resonancia y no promueven la oxidación como lo hacen los radicales de los ácidos grasos (Badui, 2006). Los mecanismos por los cuales pueden actuar son: (i) removiendo la concentración de oxígeno molecular, (ii) quelación de los metales catalíticos que participan en producción de radicales libres, (iii) supresión de las especies reactivas de oxígeno como superóxido y peróxido de hidrógeno, mediante la inhibición de enzimas, (iv) reducción inicial de los radicales libres como especies hidroxil y peroxil, (v) rompimiento de la cadena de reacción, (vi) enfriamiento del oxígeno singlete (Tachakittirungrod, Okonogi, & Chowwanapoonpohn, 2007; Hassimotto, Genovese, & Lajolo, 2005; Gutteridge, 1995). Pueden ser clasificados en base a su origen, es decir endógenos, lo que son sintetizados por los propios organismos como Superóxido dismutasa SDS (dependientes de Cu, Zn, Mn), glutatión GSH (Se) y los exógenos, adquiridos a través de la dieta como polifenoles, Vitamina A, C, E, licopeno, (Halliwell, 2007; Gutteridge, 1995).

2.2.2 Ácido Ascórbico

La vitamina C, incluyendo el ácido ascórbico (AA) y deshidroascórbico (DHA), es uno de los factores de calidad nutricionales más importantes en los cultivos y participa en muchas actividades biológicas en el metabolismo humano (Lee & Kader, 2000). El contenido de AA puede estar influenciado por diferencias genotípicas, condiciones climáticas, prácticas culturales, estado de maduración, etc., (Rodríguez, López, & García, 2010; Soares, Pereira, Maio Marques, & Monteiro, 2007; Lee & Kader, 2000). Se sintetiza a partir de la glucosa, derivada del ácido gulónico, algunos mamíferos incluido el ser humano carecen de la de la enzima L-glucono-g lactanoa oxidasa (Martínez, 2008; Basabe, 2000), lo cual impide su síntesis (Gibney, *et al.*, 2003). El Ácido Ascórbico es un antioxidante que neutraliza los Radicales Libres del metabolismo aerobio normal y los generados por factores externos, inhibiendo la oxidación de los lípidos, participa en la regenera la Vitamina E, captura radicales superóxido o hidroxilos (Birute et al., 2009; Smirnoff, 1996). Además, en el organismo el Ácido Ascórbico cumple diversas funciones como la de proveer electrones para mantener al hierro metálico en su forma reducida ubicado en el sitio catalítico de las enzimas y estimular la hidroxilación. Éstas enzimas

convierten a la prolina en 4-Hidroxi prolina y a la lisina en 5-Hidroxi lisina (Martínez, 2008; Basabe, 2000). El ascorbato en el metabolismo del colágeno en las células provoca un aumento en la transcripción, traducción y estabilidad de ARNm del procolágeno (Basabe, 2000). La síntesis de carnitina a partir de lisina y metionina requieren Fe^{2+} y ácido ascórbico, donde la carnitina participa en el transporte de los ácidos grasos a la mitocondria para ser oxidadas (Martínez, 2008). El papel protector de la vitamina C está relacionado con el aumento en la producción de IFN (citoquinina antiviral interferon) (Gibney, *et al.*, 2003). El requerimiento de la Vitamina C sugerida para adultos es de 60 mg/día mientras que para niños de 0 a 5 meses es de 35 mg/día, 6 meses a 3 años, 40 mg/día (NOM-086-SSA1-1994). En las plantas, participa en la transportación de electrones durante la fotosíntesis. Sintetiza algunos compuestos como oxalato y tartrato (Azcón-Bieto y Talón, 2008; Smirnoff, 1996). La biosíntesis de AA a través del proceso de maduración aún no está claro (Di Matteo, *et al.* 2010; Imai, 2009; Smirnoff, 1996). Algunos autores señalan que aumenta a través de la maduración (Diniz, *et al.*, 2007), incrementando la actividad antioxidante en la guayaba (Rodríguez, *et al.*, 2010). Sin embargo, la cantidad de AA en las células depende de una estricta regulación de la síntesis, de la reciclación y degradación del metabolismo así como del transporte. Por ejemplo, algunos compuestos de la pared celular como la pectina son degradados aumentando la disponibilidad de precursores en la biosíntesis del AA en la ruta del ácido L-galactónico. El catabolismo de la pectina puede estar activada por la hormona de maduración: el etileno. La aparición y aumento de hexosas (fructosa, glucosa, galactosa) en la maduración proporcionan un incremento en el suministro para la biosíntesis de AA aumentando su concentración. Si durante la maduración, las células presentan una tasa de oxidación reducida, es decir, no sufren estrés, favorece a la acumulación paulatina de AA (Di Matteo, *et al.* 2010).

2.2.3 Compuestos fenólicos

Constituyen un amplio grupo de estructuras químicas (alrededor de 8000 compuestos identificados) que van desde fenoles simples a compuestos altamente polimerizados como los taninos (Bravo, 1998). Sintetizados a partir del metabolismo secundario de las plantas que proporcionan funciones de crecimiento, reproducción, protección frente a patógenos, además de atributos organolépticos en frutos como color, sabor, olor, etc., (Gibney, MacDonald, & Roche,

2005; Martínez- Valverde, Periago, & Ros, 2000). Se presentan principalmente en forma conjugada con el grupo carboxilo esterificado con uno o más residuos de azúcar unidos a grupos hidroxilo, o grupos de compuestos tales como ácidos carboxílicos y orgánicos, aminas y lípidos (Hernández, 2010; Bravo, 1998).

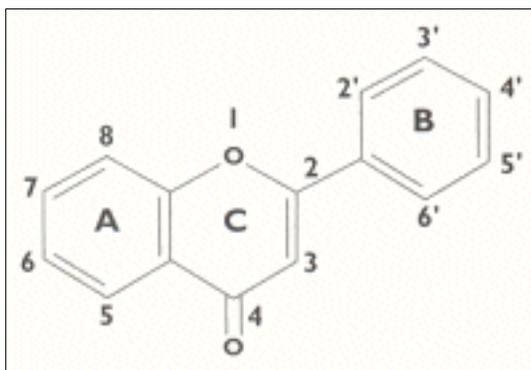


Figura 6. Anillo A y B unido por un pirano C constituye la estructura flavona.

La biosíntesis de éstos compuestos se da a partir del ácido siquímico principalmente derivan del ácido cinámico por la acción de la enzima reguladora la fenilaminoliasa (PAL). Se pueden clasificar en base al número de carbonos de su estructura básica en fenoles simples como fenol (C6), catecol (1,2-dihiroxibenceno), resorcinol. Los ácidos hidroxicinámicos (C6-C3) llamados fenilpropanoides constituyen las cumarinas. Los polímeros fenolicos más abundantes en la naturaleza son las ligninas que proporcionan fuerza y rigidez a los tejidos y los taninos. Los flavonoides derivan de la estructura básica flavona (Figura 6), (Azcón-Bieto & Talón, 2008; Martínez- Valverde et al., 2000; Bravo, 1998).

En general, los compuestos fenólicos se ubican en cualquier parte de las plantas, hojas, frutos, etc. principalmente en forma de glicósidos. Los principales polifenoles en los alimentos de origen vegetal son los ácidos fenólicos, flavonoides, lignanos, estilbenos, cumarinas y taninos. Las antocianidinas son más abundantes en las frutillas, uvas y fresas, mientras que los flavones se encuentran en el perejil y chiles, y las isoflavones en la soya (Higdon, 2007). Los compuestos fenólicos son considerados como antioxidantes, eliminadores de radicales libres, quelantes de metales, antimutágenos, y agentes de señalización (Bravo, 1998), lo que proporciona cierta protección en enfermedades cardiovasculares, cáncer y procesos de envejecimiento (Martínez-Valverde et al., 2000). Las propiedades negativas relacionadas a los compuestos fenólicos son la

capacidad para precipitar las proteínas, forman complejos con polisacáridos, afecta el metabolismo de lípidos e interferir con la biodisponibilidad de los iones metálicos (Bravo, 1998).

2.2.4 Compuestos carotenoides

Los carotenoides son moléculas isoprenoides que constituyen más de 600 pigmentos naturales sintetizados por las plantas, algas y bacterias fotosintéticas. Presentan colores amarillos, naranjas y rojos (Higdon, 2007) en frutas, flores, aves y crustáceos. Los animales son incapaces de sintetizar carotenoides de *novo*, y se basan en la dieta como fuente de estos compuestos (Fraser & Bramley, 2004). Poseen un sistema de enlaces dobles conjugados lo cual le proporciona espectros de absorción de luz y por lo tanto sus colores. La mayoría son tetraterpenoides, es decir, estructuras con 40 carbonos formados por 8 isoprenoides. Algunos carotenoides son acíclicos. En base a los elementos químicos presentes en las estructuras, se pueden dividir en dos grandes grupos: carotenos (hidrocarburos) y xantofilas (contienen oxígeno) (Higdon, 2007; Meléndez-Martínez, Vicario, & Heredia, 2007). Favorecen la polinización y diseminación de semillas (A. Meléndez-Martínez et al., 2007). Participan en el desarrollo, fotosíntesis, estabilidad de la membrana celular, actúa como precursor de fitohormonas y actúan en la adaptación ambiental. Cerca de 50 carotenoides son absorbidos y metabolizados por cuerpo humano, sin embargo sólo seis, α -caroteno, β -caroteno, β -criptoxantina, luteína, licopeno y zeaxantina representan el 95% presentes en el suero además de ser los más importantes para la nutrición humana (Maiani et al., 2009). Los tres primeros se consideran compuestos provitaminicos para la formación de vitamina A (Higdon, 2007) y la luteína y zeaxantina están relacionadas con la prevención de la degeneración macular (Mozaffarieh, Sacu, & Wedrich, 2003). Son transportados por lipoproteínas y excretados por la bilis. Una vez absorbido el β -caroteno, es transformado en el intestino delgado en vitamina A y es almacenado en el hígado en forma de ésteres de retinol. También puede almacenarse en el tejido graso (Biruet et al., 2009). Actúan como antioxidantes biológicos protegiendo las células y los tejidos (Römer & Fraser, 2005; Maiani et al., 2009). Participan en la prevención de diversas enfermedades como para ciertos tipos de cánceres, trastornos oculares y vasculares (Aune et al., 2012; Eliassen et al., 2012; Meléndez-Martínez et al., 2007; Fraser & Bramley, 2004). El licopeno pertenece al grupo de compuestos carotenoides, que no posee el anillo β -ionona característico de β -caroteno y α -

caroteno. Es ingerido a través de la dieta principalmente por el consumo de jitomate o productos derivados de éste. (Waliszewski & Blasco, 2010; Kravchenko et al., 2003). Estudios recientes indican que es el carotenoide más eficiente en disminuir el oxígeno singlete y los radicales libres (Kravchenko et al., 2003; Giovannucci, 1999). En niños de 0 a 3 años el requerimiento diario (RD) de 400 µg equivalentes de retinol (Vitamina A), mientras que en adultos el RD es de 1000 µg equivalentes de retinol (NOM-086-SSA1-1994).

2.2.5 Capacidad antioxidante

Es un parámetro que se utiliza para caracterizar compuestos químicos que inhiben las reacciones de oxidación por medio del rompimiento de la cadena de reacción evitando el daño a los distintos sistemas biológicos. Puede ser definido como actividad, poder, potencia o potencial antioxidante (Halliwell & Gutteridge, 1995). Para emitir algún juicio o recomendación es necesario la aplicación de por lo menos dos metodologías distintas (Tirzitis & Bartosz, 2010).

2.2.6 Metodologías para medir Capacidad Antioxidante

Los métodos se basan en colocar un pro-oxidante que puede ser un radical libre capaz de producir un daño en el sustrato que es inhibido por un antioxidante. Esta inhibición es cuantificada como Capacidad antioxidante (Prior & Cao, 1999). Dependiendo de las reacciones involucradas, se pueden clasificar en dos tipos: el análisis basado en las reacciones de transferencia de átomos de Hidrógeno (HAT) y los análisis basados en la transferencia de electrones (ET). El HAT son las reacciones competitivas en las que un antioxidante y el sustrato compiten por los radicales peroxilo generados térmicamente a través de la descomposición de los compuestos azoicos, incluye el ORAC, Potencial antioxidante Total (TRAP). Los ET se basa en medir la capacidad de un antioxidante en la reducción de un oxidante con el cambio de color al momento de ser reducido que es equivalente a la concentración de antioxidantes presentes en la muestra, incluye la determinación de polifenoles totales (PT) con el reactivo Folin-Ciocalteu, Capacidad Antioxidante Equivalente a Trolox (TEAC), Poder antioxidante reductor del hierro (FRAP), Capacidad antioxidante total usando un complejo de Cu (II) como oxidante y el DPPH (Huang, Ou, & Prior, 2005). Sin embargo, otros autores señalan como actividad antirradical a la capacidad de los compuestos para reaccionar con los radicales libres (por ejemplo, DPPH,

ABTS, etc) y a la actividad antioxidante representa la capacidad para inhibir el proceso de oxidación (Tirzitis & Bartosz, 2010).

2.3 Fibra Dietética Total

Dentro de los compuestos bioactivos presentes en los frutos encontramos la fibra dietética, que ha demostrado en los últimos años proporcionar beneficios adicionales a la salud. Existen varias definiciones relacionadas con los compuestos que la forman, sin embargo, la Asociación Americana de Química del Cereal la define como *la parte comestible de vegetales y carbohidratos análogos que son resistente a la absorción y digestión en el intestino delgado humano, con una parcial o completa fermentación en el intestino grueso, incluye polisacáridos, oligosacáridos, lignina y sustancias asociadas a los vegetales.* (DeVries, 2004).

2.3.1 Fibra soluble

Son aquellas estructuras fermentadas por la microflora colónica humana generándose ácidos grasos de cadena corta que favorecen la absorción de agua y sodio, además, al ser hidratada forma un gel que retrasa tanto el vaciamiento gástrico como el tránsito intestinal (Birute, *et al.*, 2009; Martínez, 2008; Chambilla-Mamani & Matos-Chamorro, 2010). Comprenden sustancias como pectina β -glucanos (Martínez, 2008; Gil, 2010). La pectina es un polímero del ácido D-galacturónico que se encuentra asociado con la hemicelulosa en las paredes vegetales participando en la firmeza y consistencia de los frutos (Gil, 2010; Badui, 2006).

2.3.2 Fibra insoluble

La fibra insoluble en los alimentos de origen vegetal promueven la masticación, salivación, excreción de jugos digestivos, favorece el bolo alimenticio y el aumenta el volumen fecal (Birute, *et al.*, 2009). Es fermentada mínimamente en el colon por lo cual son excretadas casi íntegramente, retienen poco el agua y no se digiere en el intestino delgado. En éste grupo encontramos la celulosa, algunos tipos de hemicelulosa y lignina (Martínez, 2008; Gil, 2010). La celulosa constituye una red tridimensional de microfibrillas unidas por puentes de hidrógeno, rodeada por polisacáridos (hemicelulosa y pectinas), proteínas y fenoles que constituyen la pared celular (Azcon-Bieto y Talón, 2008). La hemicelulosa se hidroliza al madurar produciéndose

pentosas, manosas y ácidos urónicos (Gil, 2010), está constituida por una cadena lineal y cadenas laterales cortas (Azcon-Bieto y Talón, 2008). La lignina es la fibra más hidrófoba, no es un carbohidrato porque está formado a partir de unidades de fenilpropano formando una matriz de alcoholes condensados, por lo cual, se puede clasificar dentro de los compuestos fenólicos (Chambilla-Mamani & Matos-Chamorro, 2010).

Efectos fisiológicos.

El efecto laxante se da a partir del incremento del volumen fecal, la reducción del tránsito intestinal incrementando la frecuencia de la defecación, reducción de la dureza de las heces, por lo que reduce los síntomas de estreñimiento crónico (Markland et al., 2011). Disminuye el pH colónico aumentando la microflora intestinal, hecho que se considera benéfico. La disminución del colesterol ha sido demostrada con mayores efectos en FS como pectina, goma guar, fibra de avena y legumbres. Respecto al control glucémico, la pectina combinada con la comida, reduce un 29% de glucosa postprandial (AACC, 2001). La recomendación sobre el consumo de la fibra es 20-35 g ó de 13 a 20 g de FD por cada 1000 Kcal de ingesta (Biruet, *et al.*, 2009; Gómez, *et al.*, 2002). Reducen el riesgo de enfermedades del corazón mediante la modificación de factores de riesgo como lípidos en suero. Las dietas altas en fibra son favorecen al control de peso y protección contra el desarrollo de diabetes (Kendall, Esfahani, & Jenkins, 2010; DeVries, 2004)

2.4 Nutrientes inorgánicos

Actúan en la formación de tejidos rígidos, como cofactores enzimáticos, pertenecen estructuralmente a vitaminas, hormonas, hemo y mioglobina, son controladores osmóticos y de pH, además están presentes en algunas macromoléculas (Alba, 2008). Representan aproximadamente el 4% del peso del cuerpo humano. Proviene de los productos del campo, y dependen de las prácticas agrícolas, genética, suelo, fertilizantes, plaguicidas, el agua. La ingesta de éstos no implica una absorción y aprovechamiento total debido a la biodisponibilidad de ellos. Sodio, potasio y cloro forman disoluciones donde los sus iones se encuentran libres y fáciles de absorber. El calcio, hierro, fósforo y magnesio forman compuestos insolubles más difíciles de asimilar (Badui, 2006). En las plantas son incorporados en forma de iones inorgánicos siguiendo un ciclo entre la biosfera y su sistema radicular. Se encuentra cumpliendo funciones esenciales como almacenamiento de energía, estructuras vegetales, cofactores y transferencia de energía. Se

pueden clasificar tomando en cuenta su cantidad relativa en macronutrientes (N, K, Ca, Mg, P, S, Si) y micronutrientes (Zn, Na, Fe, Cl, B, Mn, Ni, Cu, Mo) (Taiz & Zeiger, 2006).

2.4.1 Macronutrientes

Dentro de los macronutrientes están incluidos el calcio, potasio y magnesio. El *Calcio* se localiza afuera de la pared celular vegetal (pectatos de la lámina media), membranas y vacuolas (Azcón-Bieto & Talón, 2008), en los seres humanos junto con el fósforo son componentes principales de los huesos, además, participa en las funciones musculares, el estímulo nervioso, actividades enzimáticas y hormonales (Biesalski & Grimm, 2007; Badui, 2006; Gibney, *et al.*, 2003). El *potasio* es el catión más abundante en las plantas, activa más de 50 sistemas enzimáticos (oxidoreductasas, deshidrogenasas, transferasas, sintetisas y quinasas), su deficiencia en plantas contribuyen al ataque por patógenos radiculares, retraso en el crecimiento y pérdida de turgencia en frutos (Azcón-Bieto & Talón, 2008) proporcionando dureza y aroma (Mata & Rodríguez, 2000); en el organismo humano actúa en la regulación del pH y osmolaridad de la membrana celular y participa en el metabolismo de macromoléculas (Biesalski & Grimm, 2007; Mahan y Escott-Stump, 1998). El *magnesio* en las plantas, activa enzimas importantes y contribuye en la biosíntesis de proteínas (Azcón-Bieto & Talón, 2008; Biesalski & Grimm, 2007), en el organismo humano participa en la homeostasis mineral del hueso, en el crecimiento y estabilidad del cristal óseo (Alba, 2008; Gibney, *et al.*, 2003); Mahan y Escott-Stump, 1998).

2.4.2 Micronutrientes

Los micronutrientes son el zinc, sodio, hierro, cobre, entre otros. El *Zinc* participa en la actividad enzimática (Alba, 2008), junto con el Cu, constituyen algunos tipos de enzimas antioxidantes como la superóxido dismutasas (SDO) localizada en algunos orgánulos y citoplasma; actúa en la estabilidad de la RNA polimerasa (Azcón-Bieto & Talón, 2008); Estabiliza estructuras de ácidos nucleicos y en el proceso de transporte (Mahan y Escott-Stump, 1998). El *sodio* en las plantas se encuentra como catión monovalente, Na^+ , participa en el control osmótico (Azcón-Bieto & Talón, 2008). Cerca de la mitad de contenido total, se encuentra en los huesos, es el catión más importante del líquido extracelular. Regula la osmolaridad de los líquidos corporales y el pH (Alba, 2008; Mahan y Escott-Stump, 1998). El *hierro* forma parte de sitios catalíticos de enzimas

redox y participa en las uniones de proteínas fotosintéticas (Azcón-Bieto & Talón, 2008). En el organismo humano cumple la función principal del transporte de oxígeno por medio de la hemoglobina de los eritrocitos y la mioglobina localizados en los músculos. Se almacena en forma de ferritina y como componente de algunas enzimas (Alba, 2008; Mahan y Escott-Stump, 1998).

2.5 Calidad Sensorial

El aspecto de las frutas y hortalizas frescas es un criterio definitivo en la toma de decisiones de compra. Diversos factores en la precosecha puede modular la apariencia del producto que incluyen los de tipo biológico, fisiológicos, desequilibrios nutricionales, madurez, medio ambiente, daños mecánicos, variación genética (Kays, 1999). Dentro de los aspectos que conforman la calidad de un producto alimenticio en fresco se encuentra la calidad sensorial que incluye aspecto (tamaño, forma, color) Sabor (aroma y gusto) y Textura (Gonzalez-Aguilar, Villa-Rodriguez, Ayala-Zavala, & Yahia, 2010). Los análisis sensoriales nos permiten conocer el nivel de agrado de los consumidores sobre un producto en específico. Es una actividad que se realiza desde la infancia, consciente e inconscientemente que lo lleva a rechazar o aceptar algún alimento de acuerdo con las sensaciones experimentadas. El ojo es el elemento receptor del estímulo luminoso y el impulso nervioso creado por el receptor se transmite por el sistema nervioso al cerebro que lo interpreta como sensación, es decir, se genera la conciencia sensorial que se le denomina percepción (Valls, Martín, & Prieto, 1999). En los alimentos, así como en todos los cuerpos, transforman la luz que les llega de forma que la luz transmitida o reflejada en las capas superficiales tiene distinta distribución espectral. La sensación que la persona experimenta al percibir el color influye sobre su relación con el alimento (Aguilera, 2002). La textura de los alimentos se define generalmente como la sensación general de que un alimento le da en la boca, por lo que se compone de propiedades que pueden ser evaluados por el tacto. Los componentes bioquímicos, tales como el contenido de lípidos, el contenido y composición de la pared celular, tamaño y forma de partícula, contenido de humedad y de factores mecánicos, contribuyen a la textura de los alimentos (Sams, 1999).

CAPÍTULO 3 JUSTIFICACIÓN

La producción en México está limitada casi en su totalidad a un solo Tipo de guayaba denominado “Media China”, manifestando características marcadas de heterogeneidad en peso, tamaño, color de pulpa, sabor, entre otros aspectos que conforman la calidad de un producto en fresco (Padilla, González, & Perales de la Cruz, 2010; Mondragón et al., 2009; Martínez et al., 2004; Mata & Rodríguez, 2000), lo cual repercute directamente sobre la clasificación, transportación y comercialización adecuada (Yam et al., 2010; Perales de la Cruz & Silguero, 1995). Sumado a esto, se desconoce el potencial de las características fisicoquímicas y nutricionales importantes para incursionar en el mercado internacional, como los presentes en los materiales de pulpa rosa donde están implícitos otros compuestos bioactivos requeridos actualmente en el mercado internacional.

3.1 HIPÓTESIS

Los genotipos de guayaba de pulpa rosa: Segregante de la India, Segregante Sudáfrica, Colecta 87 y la variedad HidroZac tienen mayor valor nutricional en comparación a la variedad Calvillo S-XXI de pulpa crema.

3.2 OBJETIVOS

3.2.1 Objetivo general

Caracterizar las propiedades fisicoquímicas y nutricionales de genotipos de guayaba de pulpa rosa y dos nuevas variedades generadas a partir del Banco de Germoplasma del INIFAP.

3.2.2 Objetivos específicos

- a) Determinar las características fisicoquímicas y nutricionales de los genotipos de guayaba siguientes:
 - Tamaño (cm), Peso (g), Firmeza (N), Color Instrumental (pulpa y epicarpio), Sólidos Solubles Totales (°Brix), acidez iónica (pH), Acidez titulable (%AT).

- Cuantificar nutrientes inorgánicos.
 - Cuantificar compuestos antioxidantes: Ácido Ascórbico, Polifenoles, Carotenoides y Licopeno.
 - Cuantificar la capacidad antioxidante de genotipos de guayaba de pulpa rosa.
 - Cuantificar el Fibra dietética total (fibra soluble y fibra insoluble) y sus propiedades fisicoquímicas.
- b) Correlacionar parámetros fisicoquímicos con los componentes nutricionales.
- c) Conocer la aceptación sensorial de los genotipos de guayaba de pulpa rosa.

CAPÍTULO 4 MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Ubicación geográfica del Área Experimental “Los Cañones”

El Banco del germoplasma que alberga los materiales se localiza en el Área Experimental “Los Cañones” ubicada en el municipio de Huanusco, Zacatecas, México con las coordenadas 21°44.7' LN; 102°58.0' LO y 1508 msnm.

4.2 Material vegetal

Los materiales utilizados son los genotipos Colecta 87 (C87), Segregante de la India (SI), Segregante Sudáfrica (SS) y las nuevas variedades HidroZac y Calvillo S-XXI (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Los frutos fueron colectados en madurez fisiológica o estado sazón (FMX-FF-040-SCFI-2002) hasta presentar madurez de consumo en el laboratorio, bajo condiciones establecidas, es decir, a $85\% \pm 5$ HR y a temperatura de $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

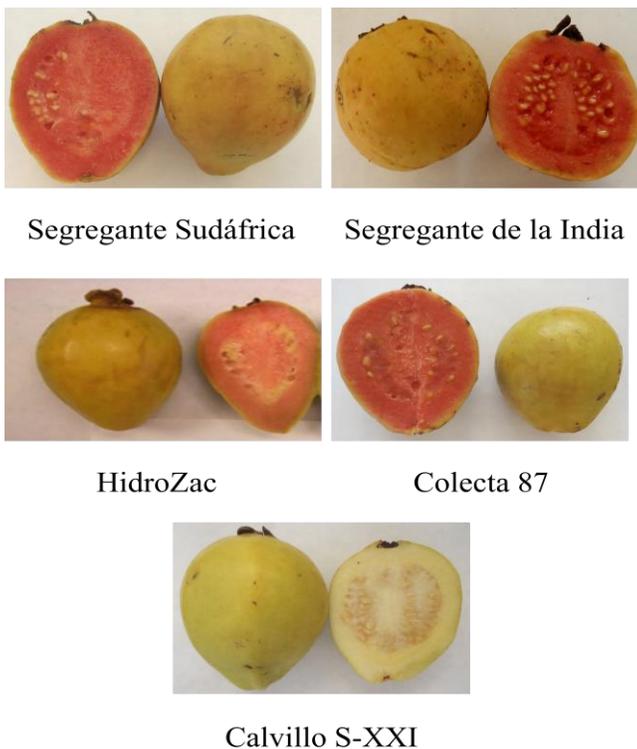


Figura 7. Genotipos y variedades de guayaba.

4.3 Métodos.

4.3.1 Caracterización fisicoquímica

4.3.1.1 Tamaño y peso.

El diámetro ecuatorial (DE) y diámetro longitudinal (DL) se midió según lo establecido en la Norma Mexicana NMX-FF-009-1982. El resultado fue expresado en centímetros. La medición del peso se llevó a cabo por medio de una balanza analítica marca LEVAD (220 g), de manera individual a cada fruto.

4.3.1.2 Firmeza.

Fue utilizado un Texturómetro modelo TA-XT2t, al cual se ajustó a una velocidad de 2 mm/s y una compresión sobre el fruto de 5 mm, utilizando un plato de compresión de 75 mm. Los resultados fueron expresados en Newton (Vallejo, 2011; Watada, 1995).

4.3.1.3 Color instrumental

Se utilizó un colorímetro de Reflectancia Hunter Lab Marca Color Flex® para obtener las coordenadas de color Luminosidad, a y b . Se utilizó un patrón de calibración blanco con las coordenadas $L=92.19$, $a=-1.31$, $b=0.95$. 10° del observador e iluminante D65.

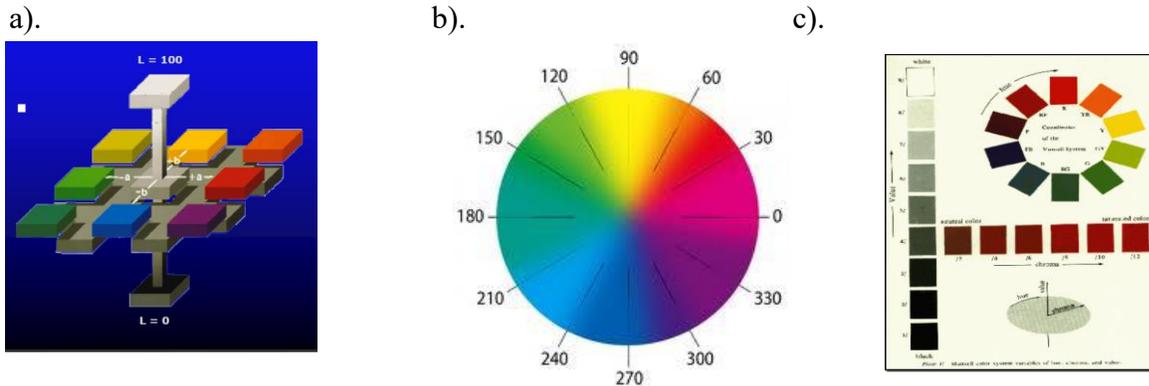


Figura 8.a). Sistema Hunter y las coordenadas L , a y b . b). Ángulo $^\circ$ Hue del círculo cromático y c). Chroma o saturación del color.

La pulpa fue homogenizada sin epicarpio y sin semillas. La medición se realizó al azar de tres frutos por grupo (n=9). Una medida objetiva de color se logra con tres sensaciones o atributos psicométricos que son: el tono, la luminosidad y la saturación. El tono o matiz, permite clasificar el color rojo +**a**, y -**a** que corresponden a verde, mientras que el valor de +**b** corresponde a los tonos amarillos y -**b**, azules, puede ser calculado a través del °Hue (Ecuación 1), (Figura 8, a y b). La saturación o pureza, describe el grado o la intensidad con la que un color se separa del gris neutro y se acerca a un color puro del espectro (Figura 8, c), se calcula a través de la Ecuación 2. La Luminosidad o brillo, L, permite clasificar el color como claro u oscuro, equivalente a una escala de grises que va desde el blanco máxima Luminosidad 100, hasta el negro mínima luminosidad 0, (

Figura 8, a). (González, 2010; Aguilera, J. M., 2002).

Ecuación 1

$$h = 180 + \tan^{-1} \left(\frac{b}{a} \right) \text{ si } a \leq 0$$

Ecuación 2

$$C = \sqrt{(a)^2 + (b)^2}$$

Ecuación 3

$$h = \tan^{-1} \left(\frac{b}{a} \right) \text{ si } a > 0 \text{ y } b = 0$$

4.3.1.4 Sólidos Solubles Totales

Se utilizó un refractómetro manual marca ATAGO con rango de 0-50°Bx, según indicado por la Norma Mexicana NMX-FF-015-1982, que consistió en tomar de dos a tres gotas de pulpa para colocar en la base del refractómetro y tomar la lectura.

4.3.1.5 Acidez iónica

Fue tomada 1g de la pulpa diluida en 50 ml de agua destilada, como indica la Norma Mexicana NMX-F-317-S-1978. Se calibró el potenciómetro marca CORNING Pinnacle con soluciones reguladoras de pH 4 y pH 7 marca J.T. Baker y se procedió a realizar la lectura.

4.3.1.6 Acidez titulable

Se pesó 1g de la pulpa y se diluyó con 50 ml de agua destilada, se adicionó 3 gotas de solución de fenofaleína, posteriormente se tituló con NaOH al 0.1N hasta obtener color rosado persistente por 30 segundos (NMX-FF-011-1982).

4.3.2 Antioxidantes

4.3.2.1 Ácido Ascórbico

Se utilizó la metodología aprobada por la (AOAC, 1988) (método. 43.056), la cual consistió en homogenizar 5g de muestra con solución de extracción, posteriormente se centrifugó a 5 000 rpm por 15 min. El punto final de la titulación se consideró cuando la solución viró a rosa pálido persistente por 15 segundos.

4.3.2.2 Extracción de compuestos.

Se utilizó el método descrito por Pérez-Jiménez y col. (2008) con modificaciones, el cual consistió en dos extracciones, la primera con metanol/agua (50:50) acidificado (pH 2), posteriormente se agitó y centrifugó a 5000 rpm, la segunda extracción se llevó a cabo con acetona/agua (70:30), ambos sobrenadantes fueron juntados y aforados a 100 ml. Se almacenó a -20 °C hasta su utilización.

4.3.2.3 Polifenoles Extraíbles

De la solución de extracción, se tomaron 100 µL y se le adicionaron 2000 µL de agua destilada, 500 µL del Reactivo Folín-Ciocateau, 2000 µL de Carbonato de Sodio al 20 % y posteriormente se aforó a 10 mL y se dejó reposar por 2hr en oscuridad. La absorbancia se leyó a 765 nm en un Espectrofotómetro UV/Vis Smartec Plus marca Bio-Rad. La curva de calibración se realizó con ácido gálico. Los resultados fueron reportados como mg AG/100g parte comestible (Singleton & Rossi, 1965).

4.3.2.4 Carotenoides

Según la metodología descrita por la AOAC. 43.014 (1988) para alimentos en fresco. Se pesó de 2 a 5g de la muestra homogenizada y se le agregó 40 mL de acetona, 60 mL de hexano y 0.1g de

carbonato de magnesio, se mezcló en Vortex por 5 min. Se dejó asentar el residuo y se decanto. El residuo se lavó con dos porciones de acetona y un volumen de 25 mL de hexano. Se combinaron ambos extractos y se aforó a 100 mL. La lectura de la absorbancia fue a 436 nm y se aplicó la siguiente fórmula:

Ecuación 4

$$C = \frac{A * 454}{196 * L * W}$$

4.3.2.5 Licopeno

Se pesó 0.5 g la muestra y posteriormente se adicionó 5 ml de Butil-Hidroxi-Tolueno: acetona al 0.05%, 5 ml de etanol, 10 ml de n-hexano. Se agitó por 15 min a 180 rpm a 25 °C. Se adicionó 3 ml de agua desionizada y nuevamente se agitó por 15 min a 180 rpm a 25 °C. Reposó por 5 min a 25 °C. La absorbancia fue leída tomando la fase superior a 503 nm. Se utilizó hexano como blanco (Fish, Perkins-Veazie, & Collins, 2002). Se utilizó la Ecuación 5 para los cálculos correspondientes.

Ecuación 5

$$\frac{A_{503} * 31.2}{g \text{ muestra}} = mg \text{ licopeno}/100g$$

4.3.3 Capacidad Antioxidante

4.3.3.1 Actividad antiradicalaria ABTS^{•+}

Fue preparada una solución del ácido 2,2'-Azinobis-(3-etibenzotiazolin-6-sulfónico) (ABTS) al 7mM para posteriormente formar el ión ABTS^{•+}, para ello se agregó persulfato de potasio a una concentración 2.45 mM (solución Stock). Se dejó reposar la mezcla a 4 °C por 12 horas. La solución Stock fue diluida con etanol hasta obtener una absorbancia de 0.700 (±0.02) a una longitud de onda de 734 nm a 30 °C, equilibrada. Se tomó 30 µL de la solución de extracción y se mezcló con 970 µL del ión ABTS^{•+}. Las lecturas fueron tomadas cada minuto hasta el minuto 7. Se realizó en oscuridad. Las muestras se procesaron tres veces y por triplicado. Para la curva de calibración se utilizó una concentración de 0 a 1500 µL de Trolox como estándar (Re et al.,

1999). Los resultados se reportaron en $\mu\text{L}/100\text{g}$ Equivalentes a Trolox y en porcentaje de inhibición, para éste último se utilizó la siguiente ecuación:

Ecuación 6

$$\% \text{ Inhibición} = \frac{Abs_{inicial} - Abs_{final}}{Abs_{inicial}} * 100$$

4.3.3.2 Actividad antiradicalaria DPPH'

Se utilizó la metodología según Brand-Williams, y col. (1995). La cual consistió en tomar 3.8 mL de reactivo DPPH' (1,1-difenil-2-picril-hidrazilo) a una concentración de 100 μM (Abs aporx. 1.100) y agregar 200 μL del extracto de la muestra. La lectura de la abosrbancia fue tomada cada minuto hasta el minuto seis y después a los 30 y 60 minutos. Para la curva de calibración se utilizó como estándar Trolox de 0-1500 μM . Los resultados fueron reportados como $\mu\text{g}/100\text{ g}$ muestra y porcentaje de inhibición utilizando la Ecuación 6

4.3.3.3 Decoloración de β -caroteno

Según la metodología utilizada (Velioglu, Mazza, Gao, & Oomah, 1998), se realizó una extracción con 0.2 g muestra y 4 mL de solución de extracción (Metanol, Agua, HCl, 80:19:1). Para la decoloración de β -caroteno, se tomó 500 μL de solución de β -caroteno (0.4 mg/mL) en cloroformo y se dejó evaporar a temperatura ambiente. Fue agregado 20 μL de acido linoleico, 200 μL de Tween 20, 200 μL del compuesto antioxidante, estándar ó control y 50 ml de agua destilada oxigenada con aire por 12 hrs. Se sometió agitación durante 120 min a una temperatura de 50 °C. Cada 10 min fue tomada la lectura de la absorbancia a 470 nm.

4.3.4 Fibra Dietética Total

Se llevó a cabo un análisis enzimático-gravimétrico el cual consistió en pesar 1 g de la harina de guayaba y someter a la hidrólisis enzimática con amilasa, proteasa y amiloglucosidasa, las cuales se les proporcionó condiciones de temperatura y pH requeridas, para ello se utilizó el Baño María marca FELISA termo-baño, modelo: FE-375. Posteriormente se filtró la FI con lavados de alcohol etílico al 78%, 95% y acetona. La FS fue precipitada con cuatro volúmenes de alcohol

etílico al 95% a 70 °C, filtrada, lavada, secada a peso constante y pesada. Se utilizó un Kit de fibra dietética total SIGMA[®]. Para la corrección de cenizas se utilizó el método 44.19 (AACC, 2000) utilizando una Mufla marca FELISA modelo FE-260, así como para proteína (AACC, 2000). La Ecuación 7 se utilizó para efectuar los cálculos.

Ecuación 7

$$FD = \frac{W \text{ residuo} - (W \text{ cenizas} - W \text{ proteína})}{W \text{ muestra}}$$

Donde:

W residuo: papel filtro seco con muestra – papel filtro W constante.

W proteína: peso de la proteína

W cenizas: peso de cenizas

W muestra: peso inicial de la muestra

FD: Fibra Dietaria.

4.3.5 Propiedades fisicoquímicas

4.3.5.1 Capacidad de Absorción de Agua (CAA) y Aceite (CAAc)

Se realizó según la metodología propuesta por (Anderson y Conway, (1969) con modificaciones. Se agregó 1 g de muestra con 10 ml de Agua destilada, se dejó reposar por 30 min con agitación cada 30 segundos, posteriormente se centrifugó a 5000 rpm por 15 min a temperatura de 22 °C, se desechó el sobrenadante y se pesó.

El cálculo se obtuvo con la siguiente fórmula:

Ecuación 8

$$\text{Capacidad de absorción} = \frac{(W \text{ tubo con sedimento}) - (W \text{ tubo} + W \text{ muestra})}{W \text{ muestra}}$$

4.3.5.2 Diferencia total de color

Se realizó un cálculo matemático comparativo entre los parámetros de color obtenidos de pulpa fresca y pulpa sometida a tratamiento térmico con la fines de calidad (www.hunterlab.com). La pulpa de guayaba fue secada a 60 °C por 8 hrs en Horno de secado Modelo 9053A Marca

ECOSHEL, posteriormente se molió y fue tamizado para obtener un tamaño de partícula de 250 μ . Para ello se utilizó tamiz de la marca DAIGGER, U.S. estándar del no. 20. U.S.A. Fue utilizada la Ecuación 9:

Ecuación 9

$$\Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2}$$

4.3.6 Propiedades estructurales

4.3.6.1 Microscopía

Para la observación morfológica de la fibra de los genotipos se llevó a cabo por medio de la Microscopía Electrónica de Barrido (MEB) usando un equipo JMS-6400 Scanning Microscope, Marca JEOL®, Microanálisis con un Detector Bruker® Modelo X FLASH 4010 MEB. Las muestras utilizadas se tamizaron a un tamaño de partícula de 250 μ m, se secaron durante 12 h a 60 °C para posteriormente ser metalizadas con cobre para su observación.

4.3.6.2 Infrarrojo (IR)

Las muestras utilizadas se tamizaron a un tamaño de partícula de 250 μ m y fueron secadas durante 12 h a 60 °C. Se utilizó un espectrómetro infrarrojo Perkin-Elmer, Spectrum 400 FT-IR/FT-NIR Spectrometer. Los datos obtenidos se analizaron con el software Origin Pro® versión 6. Se utilizó KBr para la elaboración de las pastillas.

4.3.7 Nutrientes inorgánicos

Fue utilizado la metodología recomendada por el fabricante para tejido vegetal. Se pesó 1g muestra seca y se colocó en reposo con 8 ml de HNO₃ y 2 ml de peróxido de hidrógeno al 30% por 8 hr. Se calentó 5 hr. a 90 \pm 5 °C o hasta reducir a 2 ml. Posteriormente se filtró y aforó a 50 ml con agua desionizada. Se envasaron y almacenaron a 4 °C hasta el momento del análisis. Se utilizó un Espectrofotómetro de Absorción Atómica Perkin Elmer, Modelo AANALYST-200. Las mediciones se realizaron por triplicado (Analytical Methods for Atomic Absorption Spectroscopy®, 1996).

4.3.8 Análisis Sensorial

El análisis sensorial se realizó con la finalidad de conocer el grado de aceptación de cada variedad y genotipo estudiado. Se convocaron como mínimo 100 panelistas de ambos sexos, con un rango de edad de 19 a 33 años, a los cuales fue requerido:

- Ser consumidores regulares del fruto de guayaba (como mínimo una vez al mes).
- Asistir a las diferentes sesiones de degustación de los genotipos de guayaba.
- Concentración y disposición durante el desarrollo del panel.
- Evitar la ingesta de alimentos 30 minutos antes de la prueba.
- No estar involucrados en el desarrollo del proceso del estudio (Hernández, 2005).

Sitio de preparación y aplicación de la prueba fue adecuada en cabinas individuales con luz y temperatura adecuadas, retirada de área de ruidos (Figura 9-A).



Figura 9. Panel Sensorial. A. Cabinas individuales. B. Presentación de la muestra.

Cada muestra fue identificada con un número de tres cifras elegido aleatoriamente al azar. Las muestra se presentaron a temperatura a la cual se consumen normalmente (18-23°C). El fruto fue cortado en rebanadas de aproximadamente 15 gramos, las cuales contenían una porción representativa de cada parte del fruto y tapadas para evitar la interferencia del color sobre la evaluación del sabor (Spence, Levitan, Shankar, & Zampini, 2010; Maga, 1974). En una misma sesión no se proporcionaron más de tres muestras al mismo tiempo a los panelistas. Las pruebas fueron realizadas en un horario entre 11am y 1pm. Se colocó en un mantel desechable el plato con dos rebanadas de muestra, una expuesta y la otra cubierta con un cono de papel con la finalidad de evitar juicio por color del fruto. A un costado se dispondrán un vaso con agua y una galleta sin sal montada sobre una servilleta (Figura 9-B), por otro lado la encuesta, pluma y

lentes oscuros los cuales se colocarán dadas las instrucciones de la hoja de evaluación. La encuesta aplicada se puede consultar en el Anexo 2.

4.4 Diseño experimental y Análisis estadístico

El Diseño Experimental fue completamente al azar con tres repeticiones. Los Tratamientos fueron los genotipos y variedades:

-Calvillo S-XXI

-HidroZac

-Segregante de la India

-Segregante Sudáfrica

-Colecta 87.

Dentro de las Variables evaluadas fueron:

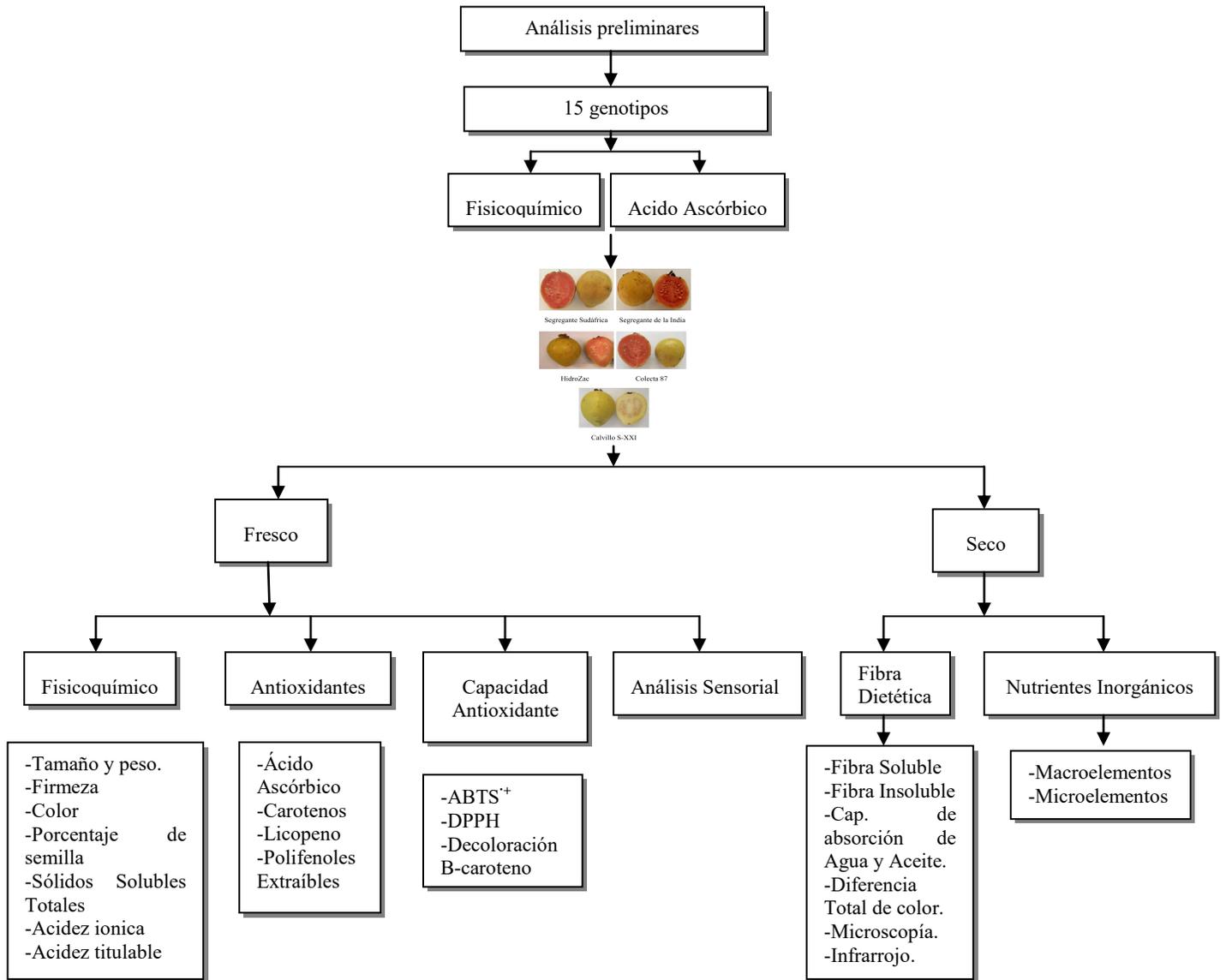
-Tamaño (DE y DL), peso, firmeza, color del epicarpio, color de pulpa, Sólidos Solubles Totales, acidez ionica, acidez titulable, ácido ascórbico, polifenoles, β -caroteno, licopeno, Capacidad antioxidante (DPPH, ABTS^{•+}, decoloración de β -carotenos), Fibra Dietética (FS y SI), Capacidad de absorción de Agua y Aceite, nutrientes inorgánicos (K, Ca, Mg, Zn, Na y Fe).

A las variables evaluadas se les realizó un análisis de varianza (ANOVA) con prueba de Tuckey-Kramer a $P \leq 0.05$.

Con la finalidad de establecer la relación entre las variables respuesta se aplicó un Análisis de Correlación Múltiple a todos los parámetros utilizando el software JMP 6.

Posteriormente, se llevó a cabo un Análisis de Componentes Principales, el cual ubica en un plano tridimensional los ejes (X), (Y) y (Z), los genotipos y variedades con semejanzas paramétricas.

4.5 Estrategia metodológica.



CAPÍTULO 5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Algunos de los trastornos comunes del mundo, comprenden algunos defectos congénitos, el retraso mental y del crecimiento, la debilidad del sistema inmunológico, la ceguera e incluso la muerte, se deben a una alimentación carente de vitaminas y minerales (micronutrientes). El consumo insuficiente de fruta y hortalizas es uno de los principales factores de la falta de micronutrientes. La OMS atribuye alrededor de tres millones de muertes al año relacionadas a enfermedades ocasionadas al consumo insuficiente de fruta y hortalizas. Se recomienda un consumo diario mínimo de 400 gramos de hortalizas y frutas al día, o cinco porciones de 80 gramos cada una (FAO, 2013).

En el presente estudio se efectuó un análisis preliminar que consistió en la evaluación fisicoquímica y cuantificación de Ácido Ascórbico de catorce materiales de pulpa rosa y uno de pulpa crema (Anexo 1), de los cuales fueron seleccionados cinco para la evaluación nutricional y sensorial que a continuación se presenta.

5.1 Caracterización Fisicoquímica

El proceso de maduración de los frutos puede ser explicado a través de cambios fisicoquímicos secuenciados que determinan las características organolépticas idóneas para su consumo. Los principales cambios son relacionados con la concentración de azúcares ($^{\circ}$ Brix), cambios de color, firmeza, entre otros, (Coletto, 1994). Los parámetros fisicoquímicos de los materiales se muestran a continuación: Tabla 4

Tabla 4. Parámetros fisicoquímicos evaluados en los cinco genotipos.

Genotipo	SST ($^{\circ}$ Brix)	Acidez (%AC*)	pH	Peso (g)	Firmeza (N)	DE (cm)	DL (cm)	IM
Calvillo S-XXI	12 \pm 0.0 ^{cd}	1.02 \pm 0.04 ^{bc}	4.17 \pm 0.1 ^a	57.51 \pm 4.08 ^c	23.45 \pm 4.4 ^{ab}	4.73 \pm 0.19 ^{bc}	6.28 \pm 0.24 ^{ab}	11.76 \pm 0.45 ^c
HidroZac	16.5 \pm 0.50 ^a	1.25 \pm 0.04 ^a	3.97 \pm 0.13 ^{bc}	101.52 \pm 6.1 ^a	31.52 \pm 8.62 ^a	7.52 \pm 1.17 ^a	6.06 \pm 0.3 ^b	13.22 \pm 0.81 ^{abc}
Segregante de la India	14.33 \pm 0.29 ^b	1.0 \pm 0.04 ^{bc}	3.98 \pm 0.11 ^c	84.93 \pm 12.3 ^b	15.81 \pm 1.52 ^{bc}	5.47 \pm 0.39 ^b	5.28 \pm 0.38 ^c	14.41 \pm 0.39 ^a
Segregante Sudáfrica	13 \pm 1 ^{bc}	1.09 \pm 0.16 ^{ab}	4.14 \pm 0.04 ^{ab}	57.22 \pm 13.08 ^c	14.18 \pm 4.3 ^{bc}	4.4 \pm 0.3 ^c	5.34 \pm 0.36 ^c	12.08 \pm 0.99 ^{bc}
Colecta 87	11.5 \pm 0.0 ^d	0.84 \pm 0.05 ^c	3.92 \pm 0.04 ^c	60.9 \pm 4.9 ^c	15.29 \pm 2.23 ^c	4.67 \pm 0.24 ^{bc}	6.72 \pm 0.38 ^a	13.76 \pm 0.7 ^{ab}

*Ácido cítrico

\pm Desviación Estándar.

Literales iguales en las columnas indican que no hay diferencia estadística (P<0.05).

5.1.1 Peso y diámetros

Son parámetros que nos permiten determinar el rendimiento y la calidad del fruto a través de los ciclos anuales de producción tomando en cuenta la densidad en la superficie cultivada (Padilla et al., 2010). En la Tabla 5, se especifican las medidas de los diámetros ecuatoriales (DE) y los longitudinales (DL).

Tabla 5. Tamaño de los frutos.

Genotipo	DE	DL
	(cm)	
HidroZac	7.52±1.17 ^a	6.06±0.3 ^b
Segregante de la India	5.47±0.39 ^b	5.28±0.38 ^c
Calvillo S-XXI	4.73±0.19 ^{bc}	6.28±0.24 ^{ab}
Colecta 87	4.67±0.24 ^{bc}	6.72±0.38 ^a
Segregante Sudáfrica	4.4±0.3 ^c	5.34±0.36 ^c

El DE de la variedad HidroZac es superior con referencia a los genotipos ($P<0.05$), los genotipos SI, C87, SS y la variedad Calvillo S-XXI fueron estadísticamente similares ($P<0.05$), mientras que el DL mayor se reportó para C87 y Calvillo S-XXI (Tabla 5). La relación entre el DE y el DL nos infiere sobre la forma del fruto, por lo tanto, SI es un fruto esférico, mientras que Calvillo S-XXI, C87 y SS, son frutos alargados o aperados. La Norma Mexicana NMX-FF-040-SCFI-2002 especifica por medio de literales de referencia tomando en cuenta el DE del fruto de guayaba (Tabla 6).

Tabla 6. Especificaciones para el tamaño del fruto.

Letra de referencia	Intervalo de diámetro ecuatorial (DE) (cm)
A	5.0 ó mayor
B	4.0 – 4.9
C	3.0 – 3.9
D	Menor de 2.9

La variedad HidroZac y SI pertenecen a la letra A, mientras que Calvillo S-XXI, C87 y SS pertenecen a la referencia asignada a la letra B. El Código Internacional de Recomendaciones de Prácticas y Principios Generales de Higiene de los Alimentos, publicado por el Codex Alimentarius para la guayaba (CODEX STAN 215-1999) (Anexo 1) establece el calibre del fruto basado en el peso de los materiales que se muestran a continuación en la Tabla 7.

Tabla 7. Códigos de calibres para los materiales.

Genotipo	Código de calibre
HidroZac	6
Segregante de la India	7
Calvillo S-XXI	8
Colecta 87	8
Segregante Sudáfrica	8

Dentro de las clasificaciones más prácticas utilizadas actualmente en México, se encuentra la propuesta por González-Gaona (2002), que clasifica a la guayaba tipo “China” y “Media China” en Segunda, Primera y Extra (Tabla 8) que se basa en el peso.

Tabla 8. Categorías asignadas a los genotipos basados en el peso.

Categoría	Genotipo	Peso (g)
Extra (>90g)	HidroZac	101.52±6.1 ^a
Primera (60-90g)	Segregante de la India	84.93±12.3 ^b
	Colecta 87	60.9±4.9 ^c
Segunda (<60g)	Calvillo S-XXI	57.51±4.08 ^c
	Segregante Sudáfrica	57.22±13.08 ^c

±Desviación Estándar. Literales iguales en las columnas indican que no hay diferencia estadística (P<0.05).

El rendimiento de 6 ciclos anuales de reportados para Calvillo S-XXI fue de 68.5 ton/ha, mientras que HidroZac 17.6 ton/ha, calculado en base a una densidad de 1,111 plantas/ha (Padilla et al., 2010). El rendimiento de toneladas por hectárea a nivel nacional en el 2011 fue 13.67 (SIAP, 2012). Calvillo S-XXI, supera más de cinco veces la media nacional, muy inferior al rendimiento obtenido por HidroZac, sin embargo, alcanza a superar la media nacional.

Se encontró una correlación positiva de 0.9476 (P<0.05), entre el peso y el DE, esto es, si el DE aumenta, el fruto será más pesado tomando en cuenta los materiales trabajados.

5.1.2 Firmeza

La firmeza se puede explicar en gran parte por la anatomía física del tejido, particularmente el tamaño celular, forma y embalaje, espesor de la pared celular y la fuerza, y el grado de adherencia de célula a célula, y el estado de turgencia (Toivonen & Brummell, 2008). Dentro de las mediciones instrumentales desarrollados para medir las características mecánicas de los alimentos, están sustentados en la aplicación de una fuerza sobre ellos, es decir, permiten medir

la resistencia del alimento a la compresión expresado en Newton (N) (Aguilera, 2002), de tal forma que las mediciones realizadas a los frutos se llevaron a cabo de tomando en cuenta la información anterior.

Por otra parte cabe señalar que el proceso de maduración de los frutos va acompañado también la pérdida de firmeza, por lo cual, disminuye la turgencia, aumenta su sensibilidad a los factores externos. Está relacionada íntimamente con los componentes de las paredes celulares, celulosa, hemicelulosa, proteínas y sustancias pécticas (Azcón-Bieto & Talón, 2008). Estudios realizados en guayaba, señalan que la liberación de sustancias pécticas de la pared celular es la principal causa del ablandamiento del fruto (Abreu, Santos, & Castro, 2012; Coletto, 1995) debido a la actividad enzimática de la pectinmetilesterasa que facilita la pérdida de radicales metilo, la poligalacturonasa que hidroliza polímeros de ácido poligalacturónico y la celulasa; la síntesis de hormonas se da a partir de valores altos de etileno, la hormona de maduración en frutos climatéricos (Azcón-Bieto & Talón, 2008; Abu-Goukh & Bashir, 2003).

Éste parámetro fue medido como resistencia a la fuerza de compresión ejercida sobre el fruto en su línea ecuatorial, expresado en Newtons.

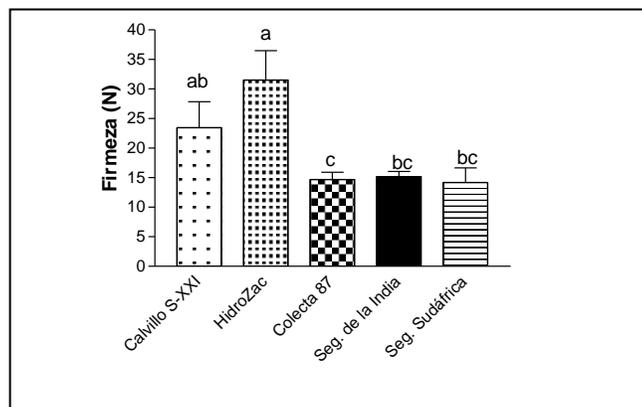


Figura 10. Firmeza de los genotipos.

Las variedades HidroZac y Calvillo S-XXI mostraron mayor resistencia a la compresión, siendo estadísticamente similares ($P < 0.05$), de la misma forma, los tres genotipos de pulpa rosa presentaron firmezas semejantes ($P < 0.05$), (Figura 10), de los cuales, el genotipo C87 obtuvo el menor registro en firmeza característica propia del genotipo. Estudios realizados sobre el Tipo “Media China”, en diferentes periodos de cosecha, la firmeza osciló entre 4.7N y 11.8N

(Mercado-Silva, Benito-Bautista, & García-Velasco, 1998), así como la variedad brasileña “Pedro Sato” señala 3N de resistencia a la compresión (Abreu, et al., 2012), ambos estudios señalan firmezas inferiores a los genotipos y variedades mexicanas.

La correlación establecida con la firmeza y el peso fue de 0.618 (ver Anexo 3), lo que podría sugerir que frutos de mayor peso pueden ser frutos con mayor firmeza. El tamaño del fruto medido a través del diámetro ecuatorial también establece una correlación alta de 0.8168 con la firmeza, es decir, a mayor tamaño presenta mayor resistencia a la compresión. Otra correlación sobresaliente fue la establecida con el ángulo °Hue (0.9571), lo que se explicaría que al aumentar la firmeza, °Hue aumentaría acercándose a las tonalidades verdes que representan frutos menos maduros. También se correlaciona positivamente con el contenido de SST (0.641), en la cual, se esperaba una correlación negativa.

5.1.3 Color instrumental

Dentro de los atributos sensoriales de calidad más importantes vinculado a la percepción del consumidor se encuentra el color (Abbott, 1999) y se genera por la degradación de pigmentos coloridos como la clorofila (*a* y *b*) y la aparición de otros como los carotenoides (Meléndez-Martínez, Vicario, & Francisco J., 2004; Jain, Dhawan, Malhotra, & Singh, 2003), sintetizados a partir del proceso de maduración implícito en los frutos (González-Cárdenas, Osorio, Rodríguez-Pulido, González-Miret, & Heredia, 2010).

En el siguiente apartado se presentan los resultados. En la primera parte se explica los parámetros relacionados al color externo del fruto y en una segunda parte, los parámetros señalados para la pulpa de todos los materiales.

-Color del epicarpio.

La mayor Luminosidad obtenida fue en la variedad Calvillo S-XXI siendo ésta la única de pulpa crema. El Tipo “Media China” mexicana y el cultivar Cortibel registraron valores entre 77.77 y 80.1 (Mercado-Silva et al., 1998) y 71.87 (Soares et al., 2007), respectivamente, de Luminosidad. El resto del material presentaron valores que oscilan entre 47.58 a 55.77. El valor de *a* en Calvillo S-XXI es inferior al resto, sin embargo, éste madura en amarillo a diferencia de HidroZac que se observaron pigmentos de clorofila en el epicarpio, sin embargo, ésta variedad coincide con el valor de *a* del cultivar Cortibel (Soares et al., 2007). El Tipo “Media China”

reporta valores para *a* de -4.5 a -6.1, inferiores a los registrados por los genotipos. Los valores en *b* se presentaron más homogéneos en todos los materiales, sin embargo, son inferiores a los reportados para el Tipo “Media China” (*b* 34-55.4) (Mercado-Silva et al., 1998). Referente al Tono, HidroZac reportó un ángulo de 102.34 ± 9.75 (Tabla 9). °Hue coincidió con el cultivar Cortivel que registró 82.66° (Soares et al., 2007), con Calvillo S-XXI. Para considerar en estado maduro a la guayaba completamente amarilla debe ser $^\circ\text{Hue} \leq 100^\circ$ (Bassetto, Jacomino, Pinheiro, & Kluge, 2005), sin embargo, otros reportes indican que un $^\circ\text{Hue}$ de 115.4° es coloración amarillo en estado maduro para el Tipo “Media China” (Mercado-Silva et al., 1998). Todos los genotipos mostraron un *Chroma* inferior al reportado para éste cultivar.

Tabla 9. Parámetros de color en epicarpio

Genotipo	L	a	b	Hue (h°)	Chroma
Calvillo S-XXI	61.11±1.5 ^a	2.28±1.95 ^c	29.38±1.32 ^a	85.61±3.7 ^b	29.52±1.38 ^a
Colecta 87	55.77±3.33 ^b	9.98±2.9 ^{ab}	26.96±1.7 ^{ab}	69.3±6.56 ^{cd}	28.38±1.97 ^{ab}
Segregante Sudáfrica	51.23±1.38 ^c	8.3±1.2 ^b	24.78±1.12 ^{bc}	71.48±2.66 ^c	26.16±1.1 ^b
Segregante de la India	48.69±1.5 ^c	12.35±2.09 ^a	21.95±1.24 ^d	60.68±5 ^d	25.26±1.08 ^b
HidroZac	47.58±2.76 ^c	4.23±2.8 ^d	22.8±1.75 ^{cd}	102.34±9.75 ^a	21.89±3.05 ^c

± Desviación Estándar. Literales iguales en las columnas indican que no hay diferencia estadística ($P < 0.05$).

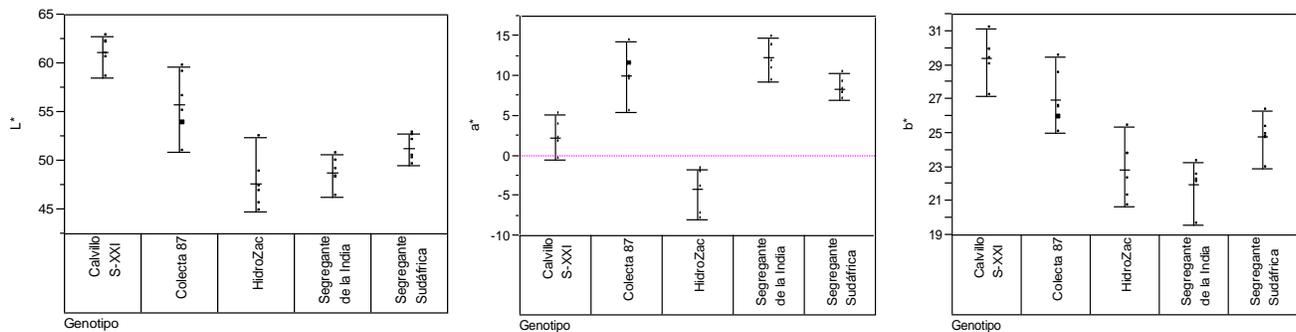


Figura 11. Relación de los parámetros *L*, *a* y *b* en epicarpio.

Para la Luminosidad, la variedad Calvillo S-XXI (Figura 11), coincide a lo reportado para la variedad “Regional Blanca”, $61.59 (\pm 4.12)$. El ángulo de matiz o $^\circ\text{Hue}$ para la cáscara del fruto fue superior en HZ, $102.34 (\pm 9.75)$. Para el resto de los genotipos, registraron valores hacia tonos amarillos que coinciden con el estado III de maduración en variedades colombianas (González, 2010).

El color en los frutos también está ligado al proceso de maduración como lo señala González-Cárdenas y col. (2010) en frutos de guayaba, donde en el epicarpio la Luminosidad aumenta y °Hue disminuye, ocasionado por la degradación de clorofila (Toivonen & Brummell, 2008) y el descubrimiento de otros pigmentos.

Dentro de las correlaciones que se establecieron fueron entre *b* y *Chroma* del epicarpio (0.978 y 0.913, respectivamente), así como otros parámetros de color determinados en las pulpas de las guayabas. Cabe destacar la correlación negativa entre la Luminosidad del epicarpio y la coordenada *a* en la pulpa (0.756), lo que significa que a mayor Luminosidad, menor valor de *a* (rojo) e inverso.

-Color de pulpa

La Luminosidad superior de Calvillo S-XXI en la pulpa explica el color crema, es estadísticamente diferentes ($P < 0.05$), en el valor de *a*, ocurre el evento contrario, es inferior en comparación con el material de pulpa rosa (Tabla 10). El valor de *b* indica el color amarillo con valores positivos, donde Calvillo S-XXI encuentra más elevado y es estadísticamente diferente ($P < 0.05$) al resto del material (Figura 12).

Tabla 10. Parámetros de color en pulpas de guayaba.

Genotipo	L	a	b	Hue (°h)	C*
Calvillo S-XXI	71.9±2.13 ^a	0.65±1.21 ^e	26.23±0.65 ^a	91.39±2.6 ^a	38.36±0.93 ^a
Segregante de la India	42.36±0.25 ^b	30.53±1.74 ^b	17.36±0.42 ^b	29.66±0.91 ^b	29.26±1.35 ^c
Colecta 87	38.67±0.17 ^c	25.12±1.28 ^c	15.01±0.52 ^c	30.87±0.53 ^b	35.12±1.7 ^b
Segregante Sudáfrica	37.79±0.83 ^c	35.20±0.69 ^a	15.24±0.76 ^c	23.4±0.66 ^c	26.25±0.68 ^d
HidroZac	42.55±0.9 ^b	21.79±0.9 ^d	12.35±1.6 ^d	29.5±3.48 ^b	25.08±1.06 ^d

(±) Desviación Estándar. Literales iguales en las columnas indican que no hay diferencia estadística ($P < 0.05$).

En comparación con algunas variedades de origen colombiano de pulpa roja (González, 2010) y brasileñas como la variedad “Pedro Sato” (Azzolini, Jacomino, & Bron, 2004), los valores de los genotipos del Área Experimental, coinciden con los valores en *a*.

La disminución de la Luminosidad en la pulpa se puede explicar por la aparición de pigmentos antocianicos, así como la disminución del valor de °Hue, cercano a las tonalidades rojas que se ve reflejado directamente en los valores de *a*, lo cual, resta Luminosidad a la pulpa en SS, SI, HidroZac y C87 (Figura 12).

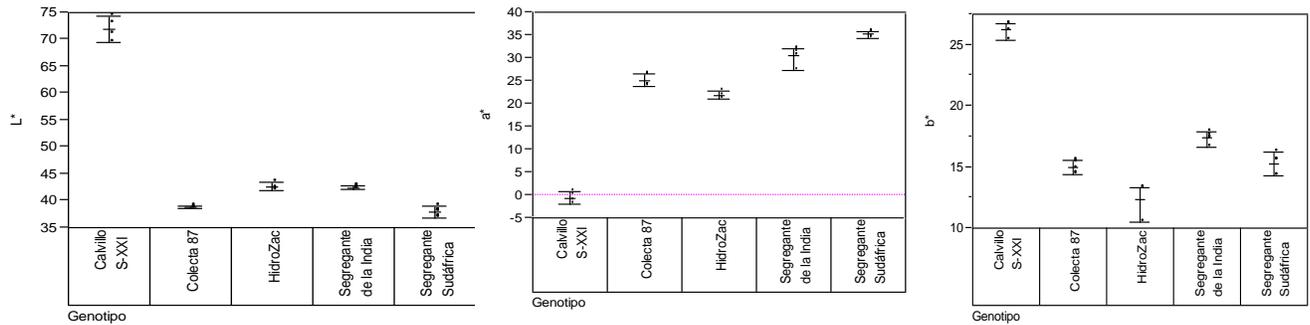


Figura 12. Color de pulpa en genotipos

Las antocianinas son responsables del color natural de los alimentos que van del color rosa, escarlata, rojo, violeta, etc., y se presentan en forma de glicósidos. Los flavonoles (kaempferol, quercitina y mirecitina) se reportan también en guayaba, contribuyen en el color al té verde.

5.1.4 Sólidos Solubles Totales

El contenido de SST es también un parámetro que nos permite sugerir el estado de maduración por el cual el fruto atraviesa, en el cual, el contenido de azúcares se ve incrementado mientras que la presencia de otros compuestos como el almidón y los ácidos se ven disminuidos notablemente, con ello se ve afectado la firmeza del fruto (Azcón-Bieto & Talón, 2008). Los azúcares reportados en otros estudios efectuados en guayaba encontramos fructuosa, glucosa, sucrosa e inositol (Mata & Rodriguez, 2000).

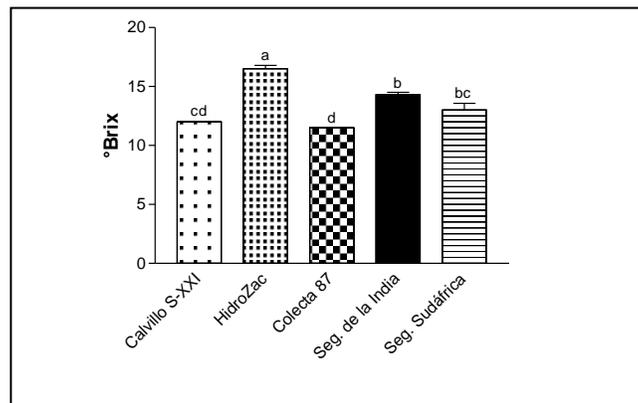


Figura 13. Sólidos Solubles Totales.

El contenido de SST se sostuvo en un rango de 11.5 a 16.5 °Brix (Tabla 4). El mayor porcentaje de SST se registró en la variedad HidroZac siendo estadísticamente diferente al resto de los materiales ($P<0.05$), seguido de Segregante de la India SI. Todo el material restante fueron estadísticamente similares ($P<0.05$) (Figura 13). Calvillo S-XXI coincide con lo reportado previamente por Padilla y col. 2010, sin embargo, HidroZac registró mayor contenido de SST en éste estudio. Estudios realizados por Mondragón y col. (2009) en genotipos de pulpa rosa y salmón reportan 10.1 a 13.1 °Brix que coinciden parcialmente con los resultados obtenidos, así como los registrados para el Tipo “Media China” (8.5-11.4 °Brix) (Mercado-Silva et al., 1998). Sin embargo, en variedades colombianas de pulpa rosa “Regional Roja” y “Pera”, sus valores son inferiores (7.5 ± 2.2 y 8.6 ± 0.6 °Brix) (Rojas-Barquera y Narváz-Cuenca, 2009). Las variedades “Cortibel” 1 y 4 de origen brasileño (Mendonça, Ferreira, Souza, Marinho, & Teixeira, 2007) y cinco variedades colombianas (Andrade et al., 2009b) reportan 10 °Brix aproximadamente para el estado maduro. La NMX-FF-040-SCFI-2002 recomienda para el consumo en fresco el porcentaje de SST debe ser superior al 12%, por lo cual, el material Colecta 87 (C87) no cumple con ésta característica.

La correlación positiva de los SST con la Luminosidad del epicarpio fue de 0.816, lo que sugiere que a mayor contenido de azúcares, mayor Luminosidad se registra.

5.1.5 Acidez iónica

Es la medición electrométrica de la actividad de los iones hidrógeno presentes en una solución. Los compuestos mayoritarios presentes en la guayaba son de carácter ácido y van disminuyendo a través de la maduración del fruto de guayaba (Soares et al., 2007). Los resultados recabados de pH indican que Calvillo S-XXI y SS fueron estadísticamente iguales ($P<0.05$) con las concentraciones menos acidas, mientras que HidroZac, SI y C87 registraron los valores más ácidos y estadísticamente similares ($P<0.05$), (Tabla 4). En referencia con variedades brasileñas de pulpa blanca y roja reportan un pH de 3.7 en estado maduro independiente del color de pulpa, esto es, más ácido con relación a los genotipos estudiados (Mendonça et al., 2007). Otras

variedades originarias de Colombia el rango del pH es más amplio que va de 3.90 ± 0.10 a 4.60 ± 0.20 (Andrade et al., 2009b).

5.1.6 Acidez Titulable

La concentración de ácidos orgánicos indica el proceso de maduración por el cual el fruto está atravesando, es decir, se genera un aumento uniforme desde el cuajado hasta la maduración del fruto (Mata y Rodríguez, 2000). Otras referencias sugieren que desciende con el avance de la maduración debido a la dilución provocada por la acumulación de agua y del metabolismo (Azcon-Bieto y Talón, 2008; Soares et al., 2007; Coletto, 1994) para posteriormente incrementar firmemente (Mata y Rodríguez, 2000) (Figura 14). Dentro de los ácidos orgánicos reportados para la guayaba es el ácido cítrico (Perales de la Cruz, *et al.*, 2005) y su mayor concentración se reporta en el estado maduro (Mercado-Silva et al., 1998).

El contenido de ácidos orgánicos en los materiales presentaron un valor similar ($P < 0.05$), a excepción de C87. La NMX-FF-040-SCFI-2002 específica para el consumo en fresco un valor no mayor a 10%, condición que cumplen los cinco materiales. El mayor porcentaje de Acidez Titulable se cuantificó en la variedad HidroZac ($1.25 \pm 0.04\%$), el resto de los genotipos su porcentaje oscilo alrededor del 1% (Tabla 4).

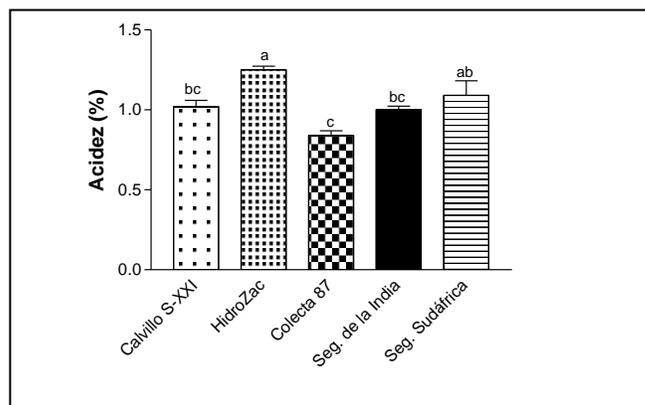


Figura 14. Acidez titulable.

Para el Tipo “Media China” cosechadas en distintos periodos, oscila entre 0.7 y 0.96 %AT para el estado maduro (Mercado-Silva et al., 1998). Otros autores reportan valores inferiores de %AT para el estado maduro en guayaba (0.44%) (Soares et al., 2007), incluso algunas variedades que

van de 0.56 ± 0.05 a 0.96 ± 0.04 %AT (Andrade et al., 2009b). Otros frutos de carácter ácido como el jitomate presentan %AT 0.52 (Wold et al., 2004), mientras que la piña entre 0.48 y 0.67 %AT (Joomwong, 2006). El %AT es correlacionado positivamente con la firmeza (0.735) y el tamaño del fruto medido a través del DE (0.729), así como con °Hue del epicarpio (0.7262).

5.1.7 Índice de Madurez

La maduración se puede definir como un conjunto de cambios en los frutos que involucran modificación del color del pericarpio, descenso del contenido de almidón, incremento en la concentración de azúcares, la reducción de la concentración de ácidos, disminución de la firmeza, etc. Éste proceso varía en base a la respiración, es decir, los frutos que acumulan almidón durante su crecimiento y en la maduración los hidrolizan a monosacáridos, aumentando su tasa de respiración son llamados frutos climatéricos (Azcón-Bieto & Talón, 2008) como la guayaba (Mata & Rodríguez, 2000). Dentro de los estados fenológicos estudiados para la maduración completa del fruto se encuentra ubicado entre los 90 y 150 días después de la brotación de la yema (Salazar et al., 2006). Sin embargo, es habitualmente usado el Índice de Maduración (IM) como parámetro de referencia, el cual es la razón de los Sólidos Solubles Totales entre la concentración de ácidos orgánicos (Azcon-Bieto y Talón, 2008).

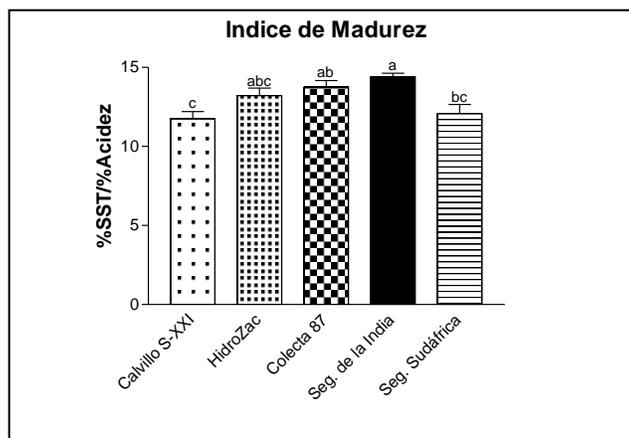


Figura 15. Índice de Madurez.

Por medio del IM, se busca establecer las condiciones bioquímicas ideales para el transporte y la comercialización del fruto y así poder garantizar la calidad para el consumidor final (Kader, 1999).

Los frutos de los distintos genotipos y variedades utilizados en el presente estudio mostraron que la mayoría comparten características estadísticamente similares entre ellos ($P < 0.05$). Frutos de guayaba de origen brasileño utilizados para medir su potencial antioxidante su índice de madurez reportado fue de 15.68 ($13.8^\circ\text{Brix}/0.88\%\text{AT}$) (Pereira et al., 2012), similar a Segregante de la India, Colecta 87 e HidroZac. Los IM para variedades colombianas como Pera, Regional Roja, Regional Blanca y Manzana, en estado maduro fueron reportados en un rango de 10 ± 2 a 16 ± 2 al momento de la cuantificación de varios compuestos antioxidantes y su actividad antioxidante (Rojas-Barquera & Narváez-Cuenca, 2009). Así mismo, un estudio realizado para caracterizar físico-química y reológicamente la pulpa de distintas variedades colombianas de guayaba (Híbrido de Klom Salí, Puerto Rico, D14 y Red) manifestaron un IM al momento del análisis que osciló entre 9.38 ± 0.29 a 17.94 (Andrade et al., 2009b).

El pH se correlaciona negativamente con el Índice de Madurez (-0.891 , $P < 0.05$).

5.2 Antioxidantes

Es muy estudiado que la ingesta de frutos y verduras está asociada al bajo riesgo de incidencias y mortalidad de cáncer, así como a menores índices de mortalidad por enfermedad coronaria (Rodríguez et al., 2010). La Asociación Americana del Cáncer estima que el 70% de los enfermos de cáncer, tienen problemas asociados algunas deficiencias nutricionales. Otras enfermedades cardiovasculares y diabetes, también están relacionadas con problemas nutricionales causantes de la mayoría de muertes en el mundo (Biruet et al., 2009).

Tabla 11. Compuestos antioxidantes.

Genotipo	Ácido Ascórbico mg/100g muestra	* Polifenoles mgEAG/100g	Carotenoides mg β -caroteno/100g	Licopeno mg/100g
Calvillo S-XXI	162.43 ± 2.66^c	8937.8 ± 217.12^c	0.07 ± 0.04^d	0.14 ± 0.05^c
Colecta 87	61.25 ± 11.5^d	8198.4 ± 181.89^d	2.78 ± 0.03^a	4.38 ± 0.06^a
HidroZac	244.81 ± 15.1^b	11419.3 ± 176.29^b	0.37 ± 0.04^c	0.33 ± 0.04^d
Segregante de la India	459.83 ± 18.48^a	13934.9 ± 177.62^a	2.26 ± 0.19^b	1.9 ± 0.13^c
Segregante Sudáfrica	271.43 ± 20.34^b	8821.6 ± 198.7^c	0.42 ± 0.13^c	2.03 ± 0.03^b

\pm Desviación Estándar. Literales iguales en las columnas indican que no hay diferencia estadística ($P < 0.05$).

*Cuantificado en peso seco de la muestra.

Está reportado que el fruto de guayaba, así como el jugo disminuye los niveles de azúcar en sangre, el reumatismo, así como la presión sanguínea, triglicéridos y colesterol (Pérez et al., 2008), como efectos terapéuticos ya estudiados.

5.2.1 Ácido Ascórbico

Para caracterizar el fruto de guayaba es imprescindible la cuantificación del Ácido Ascórbico que es considerado uno de los factores de calidad nutricional más importante en muchos cultivos. El contenido en frutas y verduras puede estar influenciada por diversos factores como las diferencias genotípicas, condiciones climáticas, prácticas culturales, (Rodríguez et al., 2010; Soares et al., 2007), métodos de cosecha y los procedimientos de manipulación post-cosecha (Lee & Kader, 2000). El estado de maduración también está relacionado con la concentración de AA, es decir, se establece una relación en la cual al aumentar la maduración, disminuye la concentración de AA (Carvalho, De Assis, Cerqueira Leite, Bach, & de Faria Oliveira, 2009). Sin embargo, otros autores señalan que aumenta a través de la maduración (Soares et al., 2007; Muy-Rangel, Alcántara-Aguilar, Siller-Cepeda, & Báez-Sañudo, 2003) como se manifiesta en la guayaba Tipo “Media China” (Mercado-Silva et al., 1998). Existe cierta controversia en relación al color de pulpa y el contenido de AA, en la que algunos autores señalan que frutos con pulpa blanca-crema presentan mayor concentración en referencia a frutos con pulpa rosa-roja (León, 2000).

A continuación se discuten los resultados arrojados de a partir de las dos nuevas variedades Calvillo S-XXI de pulpa crema e HidroZac de pulpa rosa, así como de los tres genotipos SI, SS y C87 de pulpa rosa.

El rango para éste grupo de materiales fue amplio que va de 61.25 ± 11.5 mg/100g a 459.83 ± 18.48 mg/100g. Todos los materiales presentaron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) a excepción de la variedad HidroZac y SS. El genotipo SI fue superior en cuanto a su concentración con relación a las variedades y genotipos ($P < 0.05$), (Tabla 11). Perales de la Cruz y col. (2005) reporta una concentración de 160 mg/100g de guayaba que coincide con la concentración de Calvillo S-XXI, mientras que el resto del material a excepción de C87, superan éste valor. Sin embargo, el requerimiento de AA para adultos es de 60 mg/día (NOM-086-SSA1-1994), por lo cual, todos los materiales pueden contribuir al aporte de ésta vitamina, inclusive C87. Con referencia a otras guayabas de pulpa rosa y salmón estudiadas en el Campo

Experimental Bajío (INIFAP) reportan concentraciones que oscilan entre 83.29 mg/100g a 185.75 mg/100g (Mondragón, *et al.*, 2009) inferiores a los genotipos SI, SS y la variedad HidroZac.

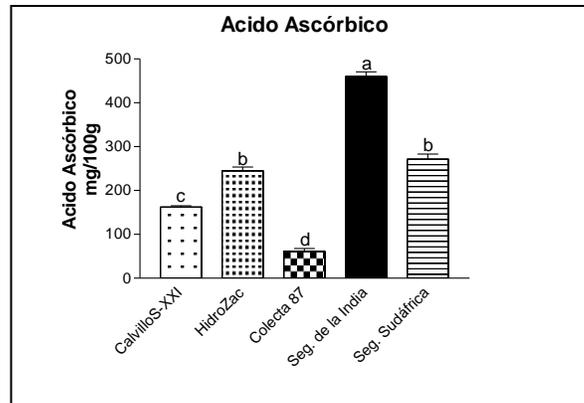


Figura 16. Concentración de AA.

Respecto a otras guayabas colocadas en el mercado internacional como la “guayaba brasileña” (*Psidium araca*) su reportes muestran 102 mg/100g, sin embargo, la variedad “Pedro Sato” sólo reporta valores de 48.77 para su estado 3 de maduración (Azzolini *et al.*, 2004). Sin embargo, la guayaba “Manzana” contiene 257 ± 11.7 mg/100g de fruta fresca (Contreras-Calderón, Calderón-Jaimes, Guerra-Hernández, & García-Villanova, 2011), valores semejantes a la variedad HidroZac y al genotipo SS (Figura 16). La variedad “Paluma” reporta en Vitamina C 67.86 mg/100g (Brunini, Oliveira, & Varanda, 2003), similar al material C87 que presenta la menor concentración en nuestro grupo de material de estudio. Otras variedades colombianas de pulpa rosa “Regional Roja” y “Pera” reportan valores de AA de $52.2 (\pm 7.6)$ y $206.6 (\pm 64.6)$ mg/100 g (Rojas-Barquera y Narváez-Cuenca, 2009).

El AA presenta una correlación negativa de 0.8995 ($P < 0.05$) con el DL, lo cual puede sugerir que entre mayor sea el contenido de AA, menor será su tamaño medido por el DL. Presenta una correlación positiva con otros compuestos antioxidantes como los Polifenoles Extraíbles de 0.877 y con Licopeno 0.606. En frutos tropicales no tradicionales encontraron una correlación positiva de 0.7 entre polifenoles y Vitamina C, (Rufino *et al.*, 2010) que coincide con la correlación registrada en éste estudio.

5.2.2 Polifenoles Extraíbles

La presencia de los compuestos polifenólicos son esenciales en la actividad antioxidante que manifiestan los alimentos de origen vegetal, sobre todo, aquellos que presentan coloraciones rosas, rojas, violetas, etc., por ésta razón fueron cuantificados en el presente estudio. Se determinaron en peso seco para evitar la interferencia que se pudieran generar entre el reactivo de Folin-Ciocalteu y el Ácido Ascórbico. A continuación se discuten los resultados obtenidos a partir de las variedades y genotipos.

El contenido de compuestos polifenólicos extraíbles fue de 8198.4 ± 181.89 mgEAG/100g a 13934.9 ± 177.62 mgEAG/100g en peso seco. La mayoría de los materiales fueron estadísticamente diferentes ($P < 0.05$). SI presentó el mayor contenido de polifenoles, superando inclusive a la concentración arrojada en el estudio de Marquina y col., (2008) de 10360 mgEAG/100g y Rincón, (2011), 5870 mgEAG/100g y 7790 mgEAG/100g que cuantificaron solamente la piel de la guayaba. Varios estudios efectuados en cáscara (Prashant K Rai, Jaiswal, Mehta, & Watal, 2009; P K Rai, Singh, Kesari, & Watal, 2007) y fruto (Patel, Prasad, Kumar, & Hemalatha, 2012) de guayaba reportan efectos hipoglucemiantes y efecto antidiabéticos debido a la presencia de compuestos polifenólicos como estrictinina, isostrictinina y pedunculagina.

El material que registró el menor contenido de PE fue C87 (Tabla 11). No se estableció una relación entre el color de pulpa y el contenido de PE debido a que la variedad Calvillo S-XXI de pulpa crema y el genotipo SS de pulpa rosa son estadísticamente iguales ($P < 0.05$), a pesar de que SS tiene el valor más alto en la coordenada *a* (35.20 ± 0.69), mientras que Calvillo S-XXI solamente registró 0.65 ± 1.21 .

La concentración de C87 es inferior, mientras que HidroZac y SI son superiores a la variedad de pulpa crema (Figura 17). Algunas variedades de guayabas comerciales colombianas como guayaba “Pera” señalan 2329 mgEAG/100g en peso seco, mientras que para “Regional Roja”, “Regional Blanca” y guayaba “Manzana” reportan 3577 mgEAG/100g, 2494 mgEAG/100g y 3167 mgEAG/100g, respectivamente (Rojas-Barquera, & Narváez-Cuenca, 2009), por debajo de las concentraciones de éste estudio.

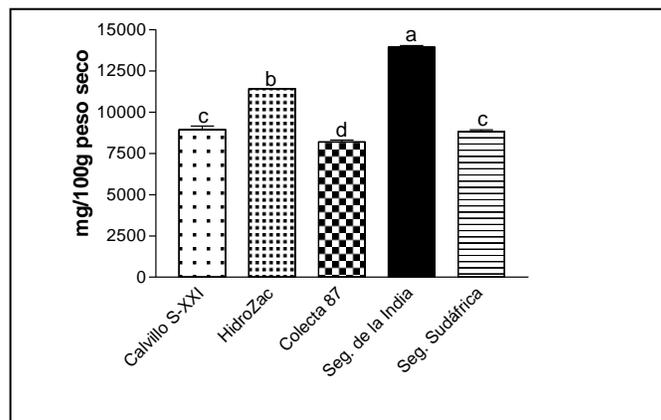


Figura 17. Contenido de Polifenoles Extraíbles.

Algunos factores pueden modificar la concentración de los polifenoles como a altas (Moretti, Mattos, Calbo, & Sargent, 2010) o bajas temperaturas (Patthamakanokporn, Puwastien, Nitithamyong, & Sirichakwal, 2008), presencia de patógenos, radiación UV, etc., (Bravo, 1998). Dentro de la familia de las *Myrtaceae*, están reportados compuestos como ácido elágico, kaempferol, miricetina, quercetina, quercitrina y rutina (Reynertson et al., 2008) presentes en guayaba también (Vargas-Alvarez, Soto-Hernández, González-Hernández, Engleman, & Martínez-Garza, 2006). Estos compuestos tienen la capacidad para secuestrar radicales libres debido a los grupos hidroxilos ubicados en el anillo B, así como los dobles enlaces del anillo (Martínez-Valverde, et al., 2000).

Los polifenoles extraíbles se correlacionaron con el peso del fruto (0.76), esto sugiere que en frutos más pesados existe una mayor concentración de PE. Otra correlación interesante se estableció con los SST (0.689) los cuales son dependientes para su síntesis (Azcón-Bieto & Talón, 2008).

5.2.3 Carotenoides

En el presente estudio, se cuantificaron de manera general la concentración de carotenoides como compuestos antioxidantes de tipo lipofílico para posteriormente medir la Capacidad Antioxidante total *in vitro* a través de los iones cromógenos.

Los resultados arrojan concentraciones que van de 0.07 ± 0.04 mg β -carotenos/100g a 2.78 ± 0.03 mg β -carotenos/100g (Tabla 11). La mayoría de los materiales presentaron diferencia estadísticamente significativa ($P < 0.05$) (Figura 18), lo cual coincide que los diferentes genotipos

determinan la concentración y la composición de carotenoides como está reportado en cultivares de jitomate cherry, platano, sandía y papaya (Maiani et al., 2009; Rodríguez, 1999). La concentración del genotipo C87 fue 2.78 ± 0.03 , superior al resto de los materiales, sin embargo, en el ángulo de color del epicarpio no mostró diferencia estadísticamente significativa ($P < 0.05$) en relación a SI y SS, las cuales su concentración de carotenoides es inferior. Las nuevas variedades Calvillo S-XXI e HidroZac, así como el genotipo SS manifestaron una concentración inferior a 1 mg β -caroteno/100g, (0.07 ± 0.04 mg β -carotenos/100g, 0.37 ± 0.04 mg β -carotenos/100g y 0.42 ± 0.13 mg β -carotenos/100g, respectivamente).

Otras variedades de guayaba como “Cortibel 1” de pulpa roja, reporta concentraciones para el estado maduro de 3.5 mg β -caroteno/100g de pulpa fresca (Mendonça et al., 2007) y el cv. Hawaii-74, 3.1 ± 0.12 mg β -caroteno/100g (Muy-Rangel et al., 2003), superiores al genotipo C87, sin embargo, Calvillo S-XXI y la variedad “Cortibel 4” de pulpa crema muestran los mismos valores para éstos compuestos (Mendonça et al., 2007). Investigaciones realizadas en alimentos como fuentes de carotenoides manifiestan para el fruto de guayaba 102–2669 μ g β -caroteno /100g de la parte comestible fresca (Maiani et al., 2009), superior a otros frutos altos en fibra como la piña y guanábana (Ramírez & Pacheco, 2011). Pereira y col., 2012 reportan luteína, α -caroteno, β -caroteno y zeaxantina para guayaba amarilla y otros autores incluyen β -criptoxantina, licopeno (Maiani et al., 2009) y fitoflueno (Ventosa, Rodríguez, & Zerqueira, 2008).

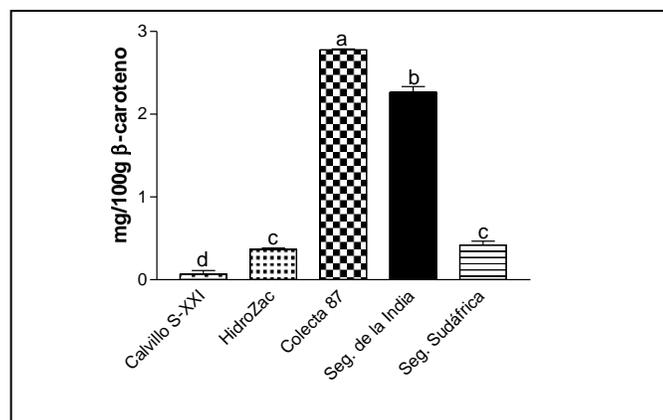


Figura 18. Contenido de carotenoides.

En el estudio realizado por Muy-Rangel y col. (2003), establece una relación entre el aumento de la maduración y el aumento de los carotenoides totales, no así en guayabas de pulpa blanca

donde ocurre el evento contrario. Así mismo, la regulación y biosíntesis de los carotenoides durante el desarrollo y maduración en el fruto de jitomate ocurre durante la diferenciación de los cloroplastos a cromoplastos, acompañados también de la transformación de las propiedades organolépticas. Otros factores también están implicados en la carotenogénesis es la intensidad de la luz en los tejidos (Bramley, 2002).

En éste estudio se encontró una correlación negativa entre el contenido de carotenoides y °Hue del epicarpio de -0.686, es decir, a mayor ángulo de tono o °Hue (tonos verdes) menor es la concentración de carotenoides y la expresión de otros pigmentos como la clorofila, propios del proceso de maduración (Toivonen & Brummell, 2008; Bassetto et al., 2005).

Los Carotenoides se correlacionan positivamente con la concentración de Licopeno (0.7102). Además, se correlacionan negativamente con la Diferencia Total de Color (-0.9616, $P < 0.01$), por lo cual, los genotipos Segregante de la India y Colecta 87 que manifiestan mayor concentración de carotenoides, su Diferencia Total de Color es menor.

5.2.4 Licopeno

Uno de los compuestos importantes de la fracción de los carotenoides es el licopeno, por lo cual se llevó a cabo la cuantificación de manera específica que a continuación se explican.

La mayor concentración de licopeno fue el genotipo C87 (4.38 ± 0.06 mg/100g), que coincide también con la concentración de carotenoides. Sin embargo, es el genotipo con menor concentración de AA (Tabla 11). En relación a °Hue, no hay diferencia estadística entre otros genotipos ($P < 0.05$). Sin embargo, si comparamos el valor de la coordenada *a* de las pulpas de guayaba con jitomate (*a* 30.53) que contiene altas concentraciones de licopeno (Wold et al., 2004), coincide con el genotipo SI (Tabla 10). La variedad HidroZac y SS, son estadísticamente iguales ($P < 0.05$), sus concentraciones se no superan 1mg/100g (Tabla 11).

La variedad utilizada como control, Calvillo S-XXI de pulpa crema mostró una concentración inferior a los reportado por Mondragón y col. (2009) para el Tipo “Media China” que señala una concentración de 0.53 (± 0.01) mg licopeno/100 g. En éste mismo estudio, se registraron selecciones de pulpa rosa y salmón concentraciones de 1.06 hasta 3.28 mg licopeno /100 g. Existen otros reportes en los que señalan guayabas de pulpa rosa con concentraciones de 5.5

mg/100g de licopeno (Waliszewski & Blasco, 2010) y 769–1816 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ parte comestible (Maiani et al., 2009).

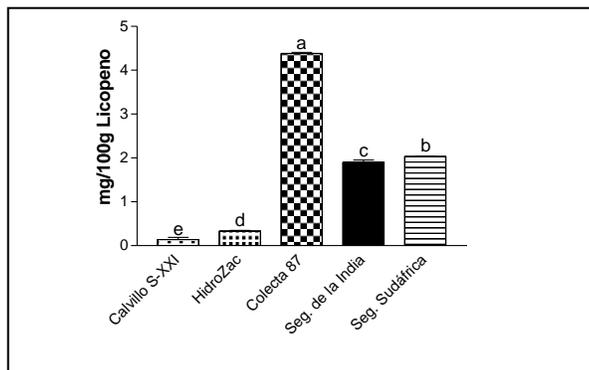


Figura 19. Contenido de licopeno en los cinco genotipos

Un estudio relacionado con los compuestos antioxidantes de la guayaba señalan una concentración de 2.4 ± 0.17 mg/100g para el cv. Hawaii-74 cercano a las cantidades mostradas por los genotipos SI y SS (Figura 19). El licopeno en las variedades brasileñas “Paluma” y “Pedro Sato”, en frutas mínimamente procesadas en estado verde-amarillo de maduración son de 6 mg/100g y 8 mg/100g, respectivamente (Andrade et al., 2009), superior a C87.

Por otra parte, es importante señalar que la biosíntesis del licopeno se da a partir de la expresión génica principalmente, se origina a partir del compuesto fitoeno y algunas enzimas desaturadas, la expresión de licopeno ciclasa implicarían la formación de los anillos β -ionona en los extremos del licopeno y daría paso a los distintos carotenos (Bramley, 2002). En guayabas de pulpa rosa, el aumento de la concentración de licopeno va acompañado de la maduración, sin embargo, se ha observado que en variedades de pulpa blanca donde su concentración en madurez fisiológica es mínima se hace indetectable (Muy-Rangel et al., 2003).

Dentro de las correlaciones establecidas, se encontró que el licopeno y algunos parámetros de color como la Luminosidad, b del epicarpio y $^{\circ}\text{Hue}$ de la pulpa presentan una correlación negativa de -0.745, -0.805 y -0.813, respectivamente. Los Polifenoles Extraíbles se correlacionan con Licopeno en 0.6486. De manera general, podemos comentar que los compuestos antioxidantes, Polifenoles Extraíbles, Carotenoides y Licopeno se correlaciona positivamente con el Índice de Madurez (0.6391, 0.8343 y 0.8688, respectivamente), lo cual indica que a mayor razón de SST/%AT, mayor es el contenido de compuestos antioxidantes.

5.3 Capacidad Antioxidante (CA)

La Capacidad Antioxidante del guayabas de pulpa rosa colocadas en el mercado internacional reportan valores de 95.5-107.3 μM Equivalentes a Trolox/100 g (Rojas et al., 2008), incluso hasta 165.31 μM ET/100 g pulpa (Marquina et al., 2008). Cabe señalar que otras partes del árbol de guayaba como sus hojas también son ampliamente estudiadas en la actividad antioxidante con exitosos resultados (Chen & Yen, 2007; Tachakittirungrod et al., 2007).

En el siguiente apartado se presenta la Capacidad Antioxidantes por los diferentes métodos para los cinco materiales estudiados. Los resultados se reportaron en porcentaje de inhibición y μM Equivalente a Trolox/g.

5.3.1 Porcentaje de Inhibición

Las lecturas a través del porcentaje de inhibición establecen la cantidad del ion cromógeno que fue reducido por los compuestos antioxidantes. A continuación se muestran los resultados en la tabla.

Tabla 12. Porcentaje de Inhibición en los genotipos de guayaba.

Genotipo	% Inhibición		
	DPPH*	ABTS**	Dec. β -Caroteno
Calvillo S-XXI	26.72 \pm 4.17 ^c	27.43 \pm 2.46 ^c	77.47 \pm 10.98 ^a
Colecta 87	38.12 \pm 5.05 ^b	25.98 \pm 1.86 ^c	86.85 \pm 9.05 ^a
HidroZac	46.89 \pm 4.47 ^b	42.57 \pm 1.94 ^a	48.36 \pm 7.75 ^b
Segregante de la India	43.34 \pm 5.38 ^b	34.42 \pm 4.35 ^b	13.15 \pm 2.15 ^c
Segregante Sudáfrica	68.97 \pm 3.77 ^a	30.53 \pm 2.54 ^{bc}	69.01 \pm 11.27 ^{ab}

\pm Desviación Estándar. Literales iguales en las columnas indican que no hay diferencia estadística ($P < 0.05$).

Los porcentajes de inhibición utilizando ABTS** oscilaron entre 25.98 \pm 1.86% y 42.57 \pm 1.94% y en DPPH* se obtuvieron inhibiciones mayores de 68.97 \pm 3.77% en SS.

Los resultados generados por ambos iones coinciden parcialmente. Sin embargo, en la inhibición medida a través de la decoloración de β -Caroteno los porcentajes fueron erráticos. Las mayores inhibiciones fueron para C87, Calvillo S-XXI y SS mientras que el menor lo registró el genotipo SS (Figura 20).

Ésta última técnica se fundamenta en la oxidación que sufre el β -caroteno a través de los radicales hidroperóxidos del ácido linoleico, el cual se va decolorando y genera la disminución

de las lecturas de absorbancia acompañado de la pérdida de color del β -caroteno. La presencia de extractos con compuestos antioxidantes que puede retrasar el proceso de decoloración debida a los radicales libres formados (Velioglu et al., 1998).

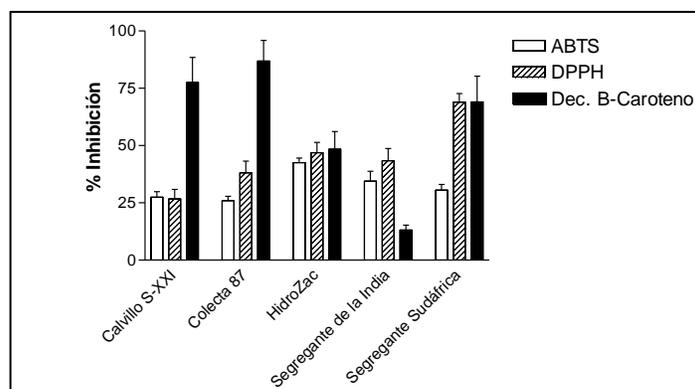


Figura 20. Comparativo del Porcentaje de Inhibición

El comportamiento observado en el genotipo SI mostró el menor porcentaje de inhibición debido posiblemente a la alta concentración de AA (459.83 ± 18.48 mg/100g) y que éste puede presentarse como pro-oxidante en el sistema de decoloración del β -caroteno como ocurre en la acerola y el camu camu (Rufino et al., 2010). Otros trabajos realizados con extractos de antocianinas de guayaba de pulpa blanca mostraron porcentajes de inhibición bajos. En contraste, C87 manifestó alto porcentaje de inhibición (Hassimotto et al., 2005) siendo el genotipo con menor concentración de AA, sin embargo, presenta las concentraciones más altas de compuestos antioxidantes lipofílicos.

Tabla 13. Capacidad Antioxidante

Genotipo	$\mu\text{M ET/g}$	
	DPPH*	ABTS**
Calvillo S-XXI	37.14 ± 7.43^c	56.53 ± 11.36^c
Colecta 87	79.5 ± 12.64^b	82.83 ± 7.55^b
HidroZac	101.42 ± 11.18^b	137.22 ± 4.81^a
Segregante de la India	92.55 ± 13.45^b	107.19 ± 16.49^b
Segregante Sudáfrica	156.64 ± 9.42^a	96.63 ± 8.66^b

\pm Desviación Estándar. Literales iguales en las columnas indican que no hay diferencia estadística ($P < 0.05$).

Debido a las observaciones anteriores, la técnica de decoloración del β -caroteno no es confiable en la cuantificación de la CA debido a que las extracciones a partir de guayaba pueden contener

altas concentraciones de AA y actuar como pro-oxidantes en el sistema. Cabe señalar que en la evaluación de genotipos con altas concentraciones antioxidantes lipofílicos, los porcentajes de inhibición con ésta técnica fueron altos.

5.3.2 Actividad anti-radicalaria

La utilización del ion $ABTS^{*+}$ permite la medición de una gama amplia de antioxidante de carácter hidrofílico y lipofílico (Re et al., 1999) y se basa en la decoloración del ion cromógeno $ABTS^{*+}$ de color verde-azul correspondiente a la concentración de compuestos antioxidantes procedentes de la extracción de la muestra (Tirzitis & Bartosz, 2010).

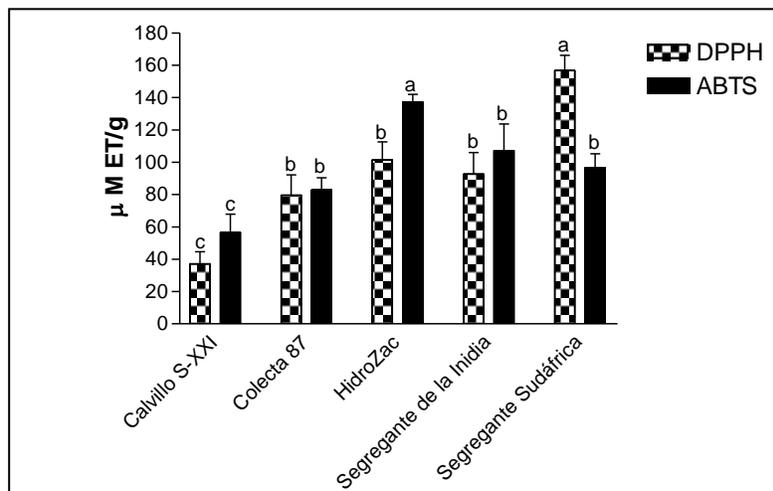


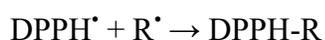
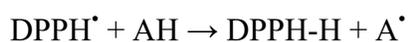
Figura 21. Capacidad antioxidante por los iones cromógenos.

La variedad HidroZac registró la mayor CA, estadísticamente diferente al resto de los materiales (Tabla 13). C87, SI y SS son estadísticamente iguales ($P < 0.05$), que van de $82.83 \pm 7.55 \mu\text{M ET/g}$ a $107.19 \pm 16.49 \mu\text{M ET/g}$. La variedad Calvillo S-XXI mostró $56.53 \pm 11.36 \mu\text{M ET/g}$ inferior a los materiales de pulpa rosa lo que coincide con las bajas concentraciones cuantificadas en los compuestos antioxidantes de carácter lipofílico (carotenoides) y algunos hidrofílicos (polifenoles) al margen del contenido de Ácido Ascórbico considerado el principal antioxidante en el fruto de guayaba (Figura 21). Esto es reforzado tomando en cuenta que C87 presenta menor concentración de AA ($61.25 \pm 11.5 \text{ mg/100g}$) en comparación con Calvillo S-XXI ($162.43 \pm 2.66 \text{ mg/100g}$) y en referencia a la CA ocurre lo contrario. La concentración de ésta variedad coincide

con los 50.2 $\mu\text{M ET/g}$ para la guayaba “Manzana” colombiana en el estudio efectuado por Contreras-Calderón y col., (2011). Otro estudio dirigido a la evaluación de la actividad antioxidante en cuatro variedades colombianas como “Pera”, “Regional Roja”, “Regional Blanca” y “Manzana” (antes señaladas) reportan 95.5 ± 39.6 , 107.3 ± 24.0 , 100.1 ± 10.4 y 13.6 ± 0.7 $\mu\text{M ET/g}$ (Rojas-Barquera & Narváez-Cuenca, 2009). Por otra parte, Martínez col., (2012) encontraron para éste fruto una concentración de 20.9 $\mu\text{M ET/g}$, inferior a las variedades y genotipos mexicanos y colombianos.

Existe una correlación negativa con la Luminosidad del epicarpio de -0.946 ($P<0.05$) y b (-0.889) con respecto a la CA medida a través de $\text{ABTS}^{+\cdot}$. °Hue de la pulpa se correlaciona negativamente a partir de $\text{ABTS}^{+\cdot}$ (-0.7301). Con el contenido de SST manifiesta una correlación positiva (0.9096, $P<0.05$). Los Polifenoles Extraíbles y licopeno se correlacionan con la Capacidad Antioxidante basada en el ión $\text{ABTS}^{+\cdot}$ (0.5863 y 0.5632, respectivamente). Algunos autores señalan para polifenoles y $\text{ABTS}^{\cdot-}$ una correlación de 0.92, (Rufino et al., 2010) y 0.95 (Contreras-Calderón et al., 2011). Se correlaciona negativamente con la FI (-0.8677).

La Capacidad Antioxidante medida a través del radical, DPPH^{\cdot} , se base en la estabilidad que alcanza al aceptar un hidrógeno a partir de un donante correspondiente. Las soluciones a partir de éste ion pierden el color morado característico, leídos a 515-517 nm (Tirzitis & Bartosz, 2010). La reducción que ocurre con el DPPH^{\cdot} y los antioxidantes (AH) o las especies reactivas (R^{\cdot}) es la siguiente:



El genotipo SS presentó 156.64 ± 9.42 $\mu\text{M ET/g}$ superior en relación a las variedades y genotipos restantes (Tabla 13). C87, HidroZac y SI tuvieron concentraciones entre 79.5 ± 12.64 $\mu\text{M ET/g}$ y 101.42 ± 11.18 $\mu\text{M ET/g}$, los cuales fueron estadísticamente iguales ($P<0.05$). Nuevamente la variedad de pulpa crema Calvillo S-XXI presentó la menor CA medida a través del DPPH^{\cdot} . Algunos reportes señalan 15.4 $\mu\text{M ET/g}$ para guayaba (Martínez et al., 2012) y 7.4 $\mu\text{M ET/g}$ de pulpa, mientras que para la acerola señalan concentraciones de 68 $\mu\text{M ET/g}$ (Kuskoski, Asuero, Morales, & Fett, 2006). Otros reportes manifiestan concentraciones que van desde 2 $\mu\text{M ET/g}$ en

madurez fisiológica (Rodríguez et al., 2010), hasta $32.5 \pm 6.2 \mu\text{M ET/g}$ para “Regional Blanca” (Rojas-Barquera & Narváez-Cuenca, 2009) resultados por de debajo de los obtenidos en el estudio. La Capacidad Antioxidante medida a través del ión DPPH[•] se correlaciona negativamente con la Luminosidad del epicarpio (-0.6726) y negativamente con °Hue del epicarpio (-0.797). Se correlaciona positivamente con la Capacidad Antioxidante basada en el ión ABTS⁺ (0.538) y correlaciona negativamente con la FI (-0.786). La correlación encontrada en con variedades colombianas de guayaba ABTS con DPPH fue de 0.544 ($P < 0.05$) (Rojas-Barquera & Narváez-Cuenca, 2009). Ésta correlación concuerda con la reportada en éste estudio (0.538).

5.4 Fibra Dietética Total

Los frutos acumulan almidón durante su crecimiento, posteriormente en la maduración, son hidrolizados a monosacáridos, glucosa y fructuosa principalmente, (Azcón-Bieto & Talón, 2008; (Hodge, Karim, Schell, & McMillan, 2008), estos compuestos hidrolizados forman parte de la FDT cuantificada en su madurez de consumo principalmente.

Tabla 14 Fibra Dietética Total y sus fracciones, Soluble e Insoluble.

Genotipo	FI	FS	FDT
		(%)	
Calvillo S-XXI	45.41±0.48 ^a	10.8±0.16 ^b	56.21±0.64 ^a
Colecta 87	36.88±0.3 ^b	12.75±0.34 ^a	49.63±0.52 ^b
HidroZac	34.73±0.65 ^d	13.57±0.3 ^a	46.97±0.93 ^c
Segregante de la India	34.41±0.47 ^c	8.93±0.96 ^c	46.32±1.04 ^c
Segregante Sudáfrica	33.4±0.1 ^{cd}	11.91±1.09 ^{ab}	43.66±1.21 ^d

± Desviación Estándar. Literales iguales en las columnas indican que no hay diferencia estadística ($P < 0.05$).

En algunos trabajos, el contenido de Fibra Dietaria en guayaba oscila entre 48.55% y 49.42 en pulpa y piel (Jiménez-Escrig, Rincón, Pulido, & Saura-Calixto, 2001).

La relación de 5:1 en FI/FS de Calvillo S-XXI coincide con lo reportado en trabajos realizados con harinas de guayaba (Martínez et al., 2012; Ramírez & Pacheco, 2009), sin embargo, para los materiales restantes, la relación es de 3:1.

De manera general, las concentraciones de FDT, FS y FI presentan la misma relación en todos los genotipos (Figura 22), destacando Calvillo S-XXI con un contenido de FDT $56.21 \pm 0.64 \%$.

La variedad HidroZac de pulpa rosa es estadísticamente igual ($P < 0.05$) al contenido de FDT con el genotipo SI. El genotipo SS mostró el menor contenido de fibra (Tabla 14).

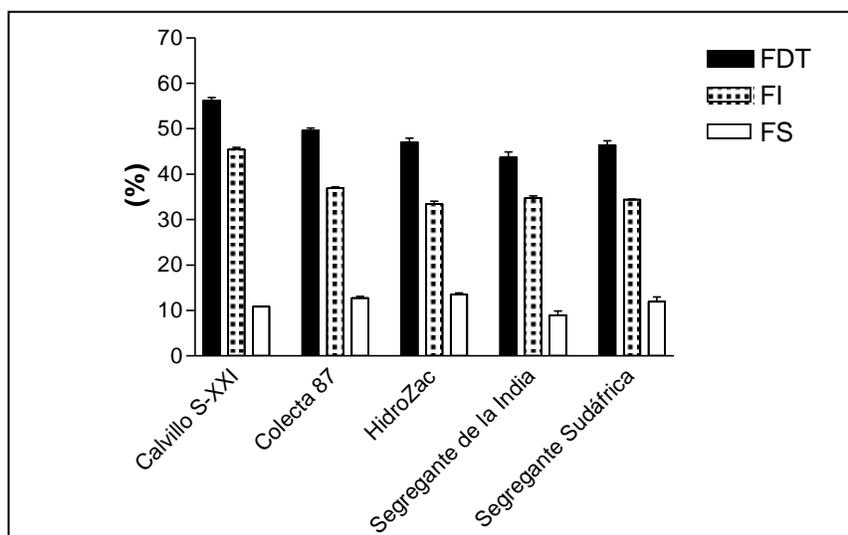


Figura 22. Contenido de Fibra Dietética.

Estudios realizados en frutas consumidas en Taiwan, señalan que las guayabas “Thai” y “White”, presentaron valores de FDT de 37.2 y 48.3, respectivamente, ésta última se encuentra entre los valores cuantificados de SI, SS e HZ. Frutas como papaya, piña, manzana y melón fueron inferiores en su porcentaje total de fibra (Chen, Lee, Lin, & Chen, 1998).

La concentración de FDT en guayaba venezolanas es de 41.1%, inferior al porcentaje de los genotipos y las variedades (Sierra, Garrido, González, & Pérez, 2010). La FDT reportada para mango es de 28.0 %, inferior a cualquiera de los genotipos estudiados (Vergara, 2010).

5.4.1 Fibra soluble

Algunos reportes indican que para guayaba el porcentaje de pectina oscila entre el 1.33 y 1.65% (Chacín, Marín, & D’Addosio, 2010). En la variedad HZ y C87 presentaron mayor porcentaje, mientras que SI fue el menor. Respecto Calvillo S-XXI fue de $10.8 \pm 0.16\%$ porcentaje intermedio con referencia a los otros genotipos (Tabla 14). La actividad enzimática de pectin metilesterasa aumenta con la maduración (Carvalho et al., 2009), lo que sugiere en estados más tempranos de maduración, podemos encontrar mayor concentración de pectina. El fruto de guayaba es ideal para la elaboración de mermeladas y jaleas por la formación de geles que puede presentar por diferentes métodos fisicoquímicos (Lima, Paiva, Andrade, & Paixão, 2010).

5.4.2 Fibra insoluble

La variedad Calvillo S-XXI tiene el mayor contenido de FI, lo que le permite tener finalmente tener el mayor contenido de FDT. El porcentaje oscilo entre $33.4\pm 0.1\%$ a 36.88 ± 0.3 en el resto del material (Tabla 14). En algunos cultivares hindúes y brasileños, el porcentaje de hemicelulosa, celulosa y lignina en estado maduro es menor con relación con el estado verde (Mendonça et al., 2007; Jain et al., 2003).

La harina de guayaba proporciona mayor contenido de FDT en comparación con otras harinas de frutas como la piña (FDT 13.65%) y guanábana (FDT 49.34%) (Ramírez & Pacheco, 2009). En cáscaras de guayabas venezolanas, la FS en guayaba rosada y guayaba blanca presentaron 1.83% y 1.53%, respectivamente, mientras que para FI fue 46.76 y 39.19, por lo que la FDT fue 48.55 y 40.86, inferiores a las concentraciones de FDT que mostró Calvillo S-XXI. Lo que puede explicar que en las cáscaras se encuentra un alto contenido de celulosa, hemicelulosa y lignina en las paredes celulares (Rincón, 2011). Otros alimentos, ricos en fibra, como los cereales, presentan concentraciones inferiores a la FD de la guayaba. La avena que contiene β -glucanos y goma guar (El Kader et al., 2011), el contenido de FD es de 9.35%, de la cual el 4.6% es fibra insoluble y el 4.7% es soluble (Rodríguez, 2000).

Luminosidad del epicarpio respecto a la FDT se correlaciona negativamente en -0.7766, también se estableció una correlación con la FI (0.9329, $P < 0.05$), negativamente con la CAA de 500μ y 1 mm (-0.915 y -0.8876, respectivamente).

La FDT de guayaba presenta mejores propiedades funcionales lo que ofrece un potencial de uso en la industria de alimentos, ya sea en productos como bebidas instantáneas, helados, yogures y postres (Ramírez & Pacheco, 2009).

5.4.3 Capacidad de Absorción de Agua y Aceite.

Las propiedades funcionales tecnológicas de la Fibra Dietética relacionadas a los efectos deseables en los productos alimentarios y efectos fisiológicos benéficos en el organismo, entre ellas, el tamaño de la partícula, capacidad de retención de agua, capacidad de retención de aceite, viscosidad, etc., (Chambilla-Mamani & Matos-Chamorro, 2010) deben ser tomadas en cuenta.

Tabla 15. Porcentaje de la Capacidad de Absorción de agua y aceite.

Tamaño partícula	Segregante de la India		Colecta 87		Segregante Sudáfrica		HidroZac		Calvillo S-XXI	
	Agua	Aceite	Agua	Aceite	Agua	Aceite	Agua	Aceite	Agua	Aceite
250 μ	3.03 $\pm 0.46^{dc}$	0.79 $\pm 0.08^f$	2.59 $\pm 0.41^c$	0.83 $\pm 0.05^f$	4.7 \pm 0.21 ^{ab}	0.75 $\pm 0.001^f$	2.72 $\pm 0.2^{dc}$	0.92 $\pm 0.01^f$	3.06 $\pm 0.04^{dc}$	0.98 $\pm 0.04^f$
500 μ	5.02 $\pm 0.17^a$	1.09 $\pm 0.05^f$	3.45 $\pm 0.46^{cd}$	1.01 $\pm 0.06^f$	4.49 $\pm 1.02^{ab}$	1.08 $\pm 0.04^f$	4.12 $\pm 0.27^{bc}$	1.1 $\pm 0.02^f$	1.21 $\pm 0.07^f$	1.18 $\pm 0.07^f$
1 mm	4.26 \pm 0.49 ^b	1.33 $\pm 0.002^f$	3.41 $\pm 0.24^{cdc}$	1.19 $\pm 0.15^f$	4.52 $\pm 0.27^{ab}$	1.32 $\pm 0.08^f$	3.95 $\pm 0.18^{bc}$	1.14 $\pm 0.09^f$	1.05 $\pm 0.06^f$	1.19 $\pm 0.04^f$

\pm Desviación Estándar. Literales iguales en las columnas indican que no hay diferencia estadística ($P < 0.05$).

Todos los genotipos presentaron en algún porcentaje CAA independientemente del tamaño de partícula. Referente a la CAAC, la FD de las guayabas no presentan altas cualidades para absorber aceite, sin embargo, parece ser que al aumentar el tamaño de partícula aumenta la retención de éste (Figura 23).

En el genotipo SS, independientemente de partícula, presenta el mismo porcentaje de retención que puede ser atribuida a los constituyentes de la fibra (Figuerola, Hurtado, Estévez, Chiffelle, & Asenjo, 2005), donde la proporción de la FI con la FS es de 3:1, independiente al tamaño de partícula. Sin embargo, SI a un tamaño de partícula de 500 μ presenta el mayor porcentaje (5.02 $\pm 0.17\%$) en comparación con todos los materiales a sus diferentes tamaños de partículas. Calvillo S-XXI es el único material donde sus porcentajes de absorción son cercanos al 1% a excepción del porcentaje en el tamaño de partícula de 250 μ lo que pudiera sugerir que quizá a menores tamaños de partículas sea mayor (Tabla 15).

El tamaño de partícula de 250 μ presentó la mayor capacidad de absorción de agua en Calvillo S-XXI (3.06 \pm 0.04%) (Figura 23), donde el tamaño de partícula influye directamente en la retención de agua así algunos constituyentes de la hemicelulosa como los arabinosilanos y sustancias pécticas que tienen la capacidad de ligar agua (Chambilla-Mamani & Matos-Chamorro, 2010), pueden presentarse en menor concentración o no encontrarse en disposición para la interacción. Sin embargo, fibras con alta Capacidad de Absorción de Agua pueden aumentar progresivamente el peso y dificultar la absorción de nutrientes en el intestino (Cho & Almeida, 2011).

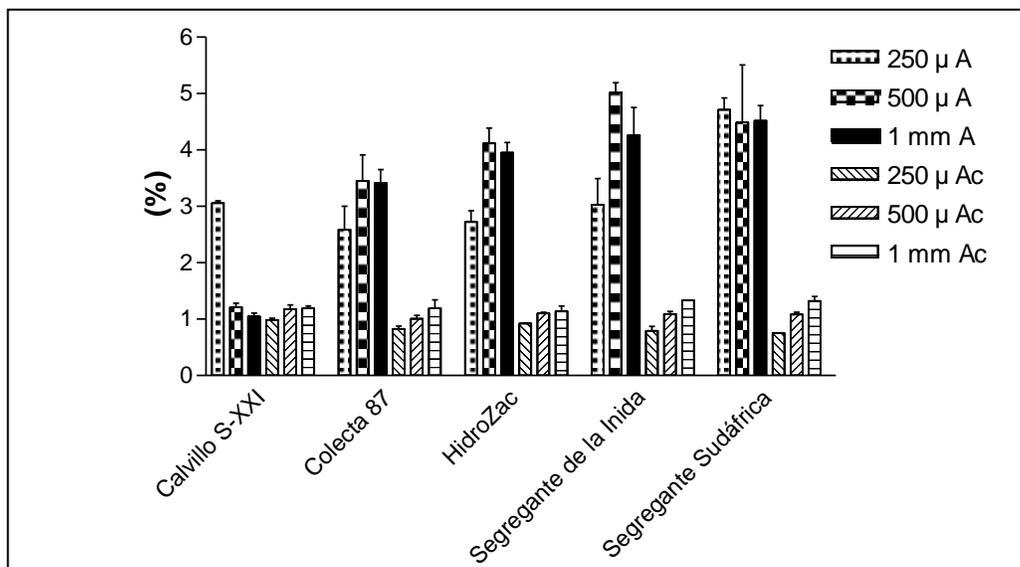


Figura 23. Comparativo de la Capacidad de Absorción de agua y aceite a diferentes tamaño de partícula.

En cuanto a la absorción de aceite, Calvillo S-XXI no mostró una clara tendencia en cuanto al tamaño de partícula teniendo valores alrededor del 1%, ni afinidad por su alto contenido de FI a la cual es atribuida la capacidad de retención de aceite. La variedad HidroZac presentó un comportamiento similar. En SI, C87 y SS se muestra un aumento en la absorción de aceite dependiente del tamaño de partícula, por lo tanto a mayor tamaño de partícula presenta mayor absorción de aceite (Chambilla-Mamani & Matos-Chamorro, 2010; Cho & Almeida, 2011) La capacidad de absorción de agua y aceite para ambos genotipos son inferiores a fibras comerciales como Day-Night Cleaner®, Nopal Penca® y Nopalinaza®. La absorción de agua en fibras comerciales como Nopalinaza Plus reportan 3.04% (Mora, 2012), inferiores a los expresados por SI (500μ, 1mm), C87 (500μ, 1mm), SS en sus tres tamaños de partículas, HidroZac (1mm) y Calvillo S-XXI (250μ). Los valores obtenidos de Capacidad de Absorción de Agua y Aceite son inferiores a otras fibras ya procesadas para la industria alimenticia, sin embargo, éstas pueden ser sometidas a tratamientos fisicoquímicos sencillos para aumentar ambas capacidades de absorción (Prakongpan, Nitithamyong, & Luangpituksa, 2002; Yamazaki, Murakami, & Kurita, 2005).

La Capacidad de Absorción de aceite a un tamaño de partícula de 250μ manifiesta una correlación de 0.7807 con la firmeza, así mismo, la FI y éste parámetro de absorción (CAAc) se correlacionan positivamente (0.6709); los componentes de la FI dan estructura a la pared celular

vegetal y así mismo éste tipo de fibra tiene mayor afinidad para la absorción con las partículas de aceite (Chambilla-Mamani & Matos-Chamorro, 2010). La Capacidad de Absorción de aceite a un tamaño de partícula de 1 mm se correlaciona negativamente con la firmeza, lo que indica que a mayor firmeza, menor es la CAAc a éste tamaño de partícula, o viceversa.

Otros parámetros de color como el tono o °Hue se correlaciona positivamente con la CAAc 250 μ (0.7382), por lo cual podemos relacionar el estado de maduración a través del color (°Hue) y los componentes de la FI que participan en la CAAc (Chambilla-Mamani & Matos-Chamorro, 2010). Se correlaciona negativamente con la CAAc de 1 mm de tamaño de partícula (-0.7975), es decir, si °Hue del epicarpio es menor, (amarillo), mayor es la CAAc a éste tamaño de partícula.

La FDT se correlaciona positivamente con la CAA (500 μ y 1 mm) y con la CAAc (1 mm). La FI se correlaciona negativamente con la CAA de 500 μ , (-0.9476, $P < 0.05$) y 1mm (-0.9733, $P < 0.01$) así como con la CAAc (250 μ y de 500 μ). La CAA (500 μ) se correlaciona la CAA de 1 mm (0.9781, $P < 0.01$), se correlaciona negativamente con la CAAc (250 μ) (-0.7968). La CAAc (250 μ) se correlaciona la CAAc de un 500 μ , así como (0.6533) y negativamente con la CAAc de 1mm (-0.7966).

5.4.4 Diferencia Total de Color

La Luminosidad y b en los materiales de pulpa rosa fue aumentado a través del secado, el valor de a contrariamente fue disminuido a través de éste proceso (Tabla 16). En el caso de Calvillo S-XXI, la remoción del agua permitió la concentración de compuestos y por lo tanto, la disminución de la L , en los materiales de pulpa rosa, el valor de a , disminuyeron posiblemente a una parcial caramelización debido a las reacciones de pardeamiento no enzimático (Badui, 2006). El valor b , aumentó hacia la tonalidad de los amarillos.

Los materiales que manifestaron mayor Diferencia Total de Color fue SS, HidroZac y Calvillo S-XXI estadísticamente similares ($P < 0.05$), sin embargo, C87 presentó el menor cambio (Tabla 16). El comportamiento de los antioxidantes como los polifenoles al ser sometidos a un proceso de secado para la obtención de harinas sufren una degradación parcial y por consiguiente una disminución en la actividad antioxidante.

Tabla 16. Diferencia total de color en pulpa fresca y harina de guayaba.

Parámetros de color	Calvillo S-XXI		HidroZac		Segregante de la India		Segregante Sudáfrica		Colecta 87	
	Pulpa	Harina	Pulpa	Harina	Pulpa	Harina	Pulpa	Harina	Pulpa	Harina
L	71.9	55.1	42.6	53.6	42.4	47.7	37.8	46.1	38.7	41.6
a	-0.7	5.8	21.8	14.8	30.5	20.4	35.2	17.5	25.1	17.2
b	26.2	21.6	12.4	24.5	17.4	23.5	15.2	20.3	15.0	20.3
Diferencia Total de color (ΔE)	18.6 \pm 2 ^{ab}		17.9 \pm 1.2 ^b		13.1 \pm 1.4 ^c		20.2 \pm 0.3 ^a		9.9 \pm 0.7 ^d	

\pm Desviación Estándar. Literales iguales en las columnas indican que no hay diferencia estadística. (P<0.05).

Análisis efectuados durante el secado de uvas rojas a temperatura de 100 y 140 °C, los PE disminuyeron 18.6 y 32.6%, mientras que los taninos condensados, 11.1 y 16.6 %. La actividad antioxidante disminuyó de 28 y 50%, respectivamente (Larrauri, Rupérez, & Saura-Calixto, 1997). Sin embargo, las condiciones a las que fueron sometidas las pulpas de guayaba durante el secado, se manejaron temperaturas inferiores en el orden de los 60 °C. La Diferencia Total de Color presenta una correlación negativa con respecto a Índice de Madurez de -0.8032, esto es, a mayor DTC, menor es el IM y viceversa.

5.4.5 Microscopía Electrónica de Barrido

Las micrografías recabadas de las muestras secas de pulpa de guayaba a un tamaño de partícula de 250 μ se muestran en la Figura 24. La morfología en todas las muestras presentan una superficie irregular, heterogénea y porosa, además de la presencia de cortes más o menos definidos. C S-XXI, HZ, SI y C87 tienen un tamaño de poro aproximadamente de 20 μ m (Figura 24. A, B, C y D), mientras que SS presenta un tamaño de poro aproximado de 40 μ m (Figura 24. E). La característica de la porosidad proporciona cierta capacidad para atrapar las partículas de aceite (Cho & Almeida, 2011), sin embargo, en las muestras, la porosidad parece tener mayor relación con la capacidad de absorción de agua que se observa claramente en el genotipo SS (Figura 24).

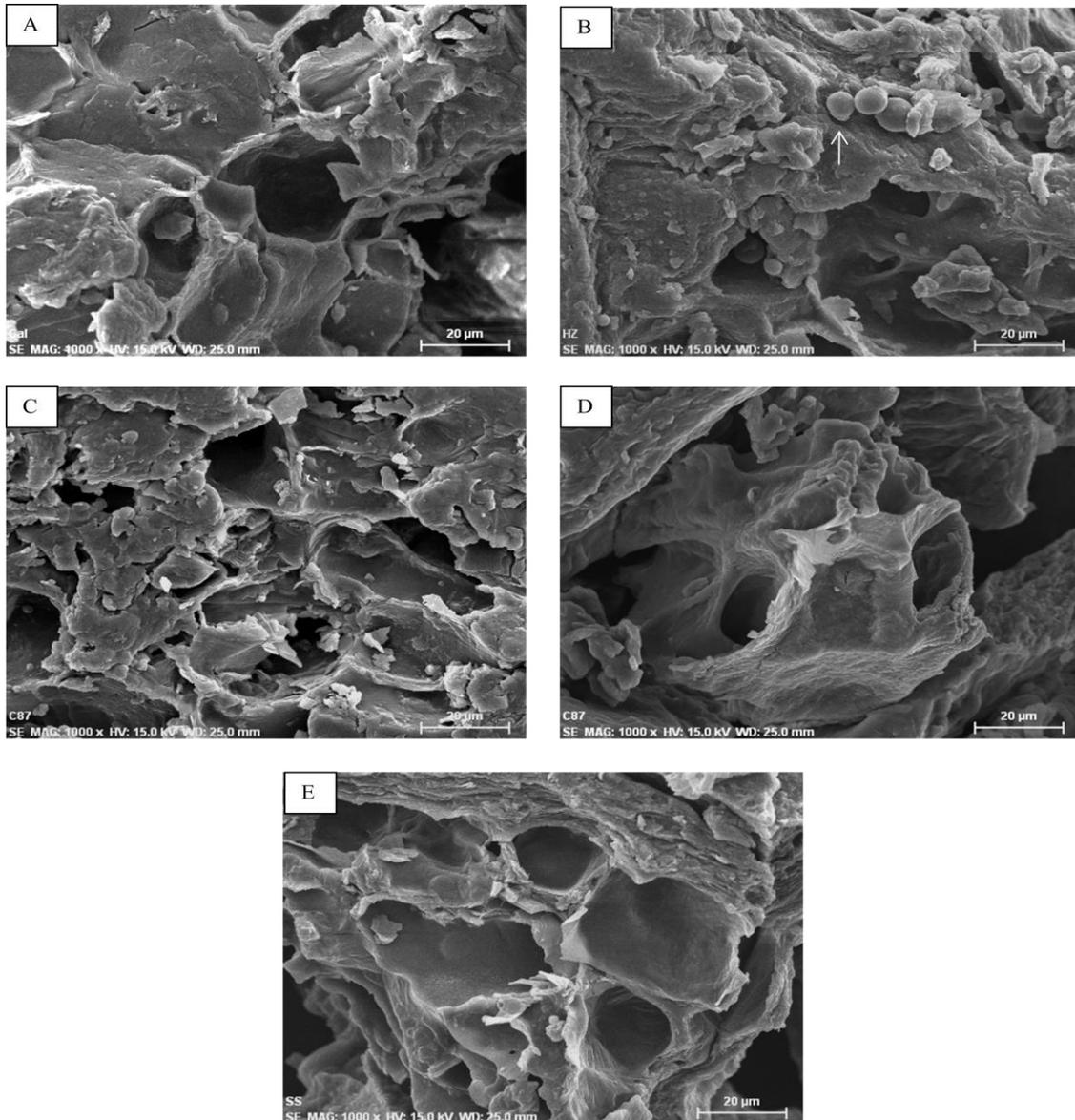


Figura 24. Micrografías Electrónicas de Barrido de harinas de guayaba. A. Calvillo S-XXI, B. HidroZac, C. corresponde a Segregante de la India, D. Colecta 87 y E. Segregante Sudáfrica. Imágenes a 1000 X.

En el genotipo SI (Figura 24, C) se observa un mayor fraccionamiento de la FD en comparación con las otras muestras. Por otra parte, la variedad HZ mostró en la imagen gránulos esféricos de almidón que pueden sugerir un estado temprano de maduración (Figura 24, B). Los estudios acerca de la morfología microscópica de harinas procedentes de guayaba son limitados a pesar de las altas concentraciones de Fibra Dietética.

5.4.6 Infrarrojo (IR).

La Espectroscopia Infrarroja es una técnica utilizada para la autenticación de compuestos en alimentos, incluso en frutos es utilizado para medir el grado de maduración (Sun, 2008). Permite identificar la presencia de ciertos grupos funcionales presentes en una muestra.

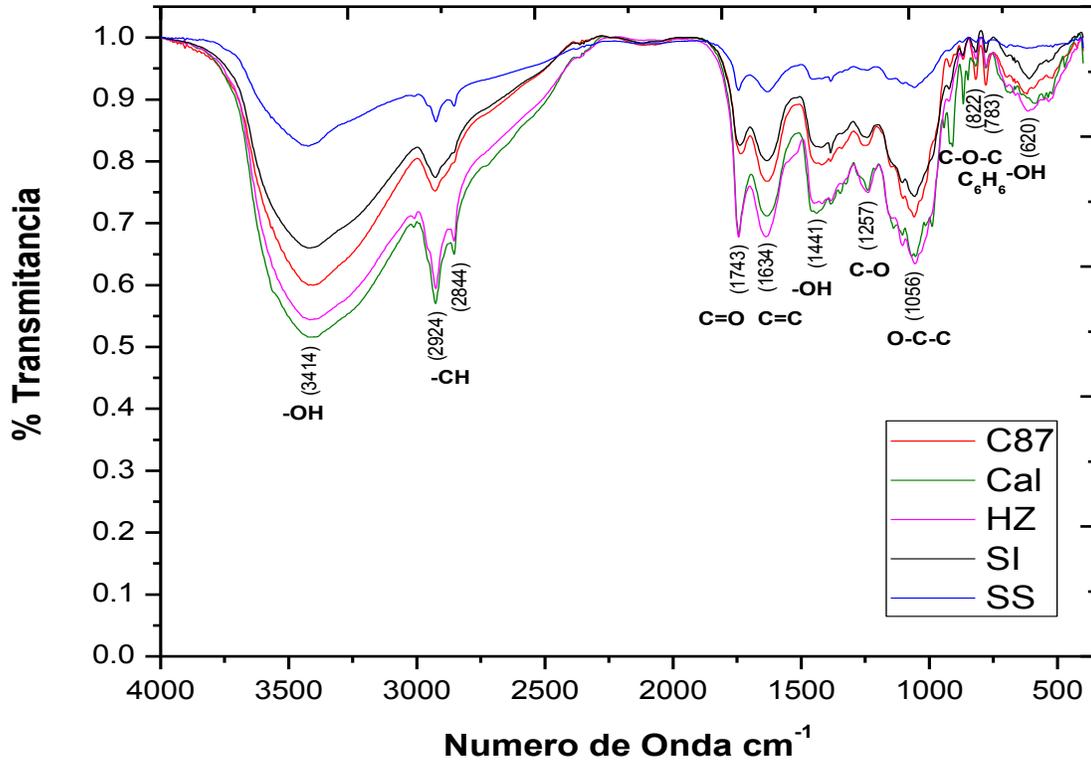


Figura 25. Espectro de Infrarrojo.

Consiste en hacer pasar un haz de luz infrarroja incidida en la muestra la cual absorbe energía y produce excitación en forma de vibraciones dentro de los enlaces moleculares, estas vibraciones corresponden a grupos funcionales específicos (Field, Sternhell, & Kalman, 2008; Silverstein, Webster, & Kiemle, 2005). En la Figura 25, se muestran los espectros de infrarrojo de manera comparativa de los materiales analizados. Las proteínas, carbohidratos complejos (fibra dietética), azúcares, polifenoles y lípidos se encuentran representados por las bandas de transmitancia, presentes en las muestras secas de pulpa de guayaba de los diferentes genotipos.

De manera general que existe un patrón similar en la proyección de las bandas de los cinco materiales. Existe una mayor semejanza entre las dos variedades, Calvillo S-XXI e HidroZac. Sin embargo, el desplazamiento de las bandas de Segregante Sudáfrica son de menor intensidad comparadas con las otras muestras (Figura 25).

En la Tabla 17 se muestran las frecuencias a las que se observan los grupos funcionales presentes.

Tabla 17. Bandas del IR correspondiente a los grupos funcionales en las muestras de guayaba.

Número de onda (cm ⁻¹)	Grupo funcional	Tipo de vibración	Compuesto químico
3414*, 1441**, 620**	Alcohol (-OH)	*Estiramiento, **Deformación en el plano.	Alcoholes, Azúcares, Celulosa, pectina, Ácido Ascórbico.
2924*, 2844**	Alcanos (-CH)	Estiramiento: *Asimétrico, **Simétrico.	Azúcares, Hemicelulosa, Celulosa, pectina, lignina.
1743	Aldehidos saturados (C=O)	Estiramiento	Pectina , Ácido Ascórbico.
1634	Aldehidos aromáticos (C=O)	Estiramiento	Polifenoles, Ácido Ascórbico, miricetina, quercitina, Ac. elágico.
1634	Alquenos (C=C)	Estiramiento	Licopeno, β-caroteno,
1257	De un Ac. carboxílico (C-O)	Estiramiento	Ácido Ascórbico, hemicelulosa, pectina.
1056	Ésteres (O-C-C)	Estiramiento	Ácido Ascórbico, pectina.
822	Éter (C-O-C) saturado	Estiramiento simétrico	Hemicelulosa, polifenoles, azúcares.
783	Aromático (C ₆ H ₆) sustitución orto	Deformación	Fracciones de lignina, polifenoles.

Se encontraron bandas coincidentes con el ácido ascórbico, él cual las presentan en 1650 cm⁻¹ que corresponde al estiramiento en el enlace C=C y la banda en 1750 que corresponde al su anillo lactona (Trotter, Thompson, & Wokes, 1948). Las bandas para el flavonoide quercitina en 643 cm⁻¹ y 1439 cm⁻¹ (Mendoza-Wilson & Glossman-Mitnik, 2004) son similares a las ubicadas en el espectro general para los genotipos y variedades de guayaba.

5.5 Nutrientes inorgánicos

Como se ha señalado anteriormente, los minerales son partícipes en numerosas funciones tanto en el metabolismo humano como en el de los frutos que pueden ser estructurales, reguladores osmóticos, cofactores enzimáticos, transportadores de gases, etc. Son incorporados al organismo

por medio de la dieta. Su presencia en los cultivos se relaciona estrechamente con el tipo de suelo, los programas de fertilización a los cuales estuvieron sometidos, además de las prácticas culturales generales llevadas a cabo.

Los minerales cuantificados fueron Calcio (Ca), Potasio (K), Magnesio (Mg), Zinc (Zn), Sodio (Na) y Hierro (Fe). Las mediciones se llevaron a cabo por triplicado.

En el siguiente apartado se explica los resultados generados a partir de las harinas de los distintos genotipos y variedades.

Tabla 18. Nutrientes inorgánicos (mg/100 g).

Genotipo	Ca	K	Mg	Zn	Na	Fe
Calvillo S-XXI	277 ±0.39 ^b	1420±0.06 ^b	89±0.04 ^a	1±0.06 ^d	18±0.02 ^a	4±0.08 ^c
HidroZac	185±0.11 ^{bc}	1443±0.01 ^b	68±0.03 ^a	1±0.01 ^d	28±0.01 ^a	5±0.07 ^c
Seg. de la India	87±0.16 ^c	1718 ±0.02 ^b	71±0.04 ^a	1±0.02 ^c	12±0.01 ^a	12±0.31 ^b
Seg. Sudáfrica	213±0.03 ^{bc}	4590±0.02 ^a	240±0.17 ^a	2±0.04 ^a	22±0.01 ^a	46±0.44 ^a
Colecta 87	567±0.08 ^a	4389±0.03 ^a	207±0.26 ^a	1±0.09 ^b	27±0.01 ^a	4±0.08 ^c

± Desviación Estándar. Literales iguales en las columnas indican que no hay diferencia estadística. (P<0.05).

5.5.1 Macronutrientes

El contenido de calcio forma parte de la protopectina participando en la firmeza del fruto, sin embargo, la concentración de éste mineral parece no establecer una relación clara con la firmeza medida a través de la resistencia a la compresión puesto que C87 y SI registraron 15 N, aproximadamente, y sus concentraciones de Ca son estadísticamente diferentes (P<0.05), (Tabla 18), lo que nos puede sugerir que la firmeza es proporcionada también por otros compuestos de la pared celular. Todos los materiales excepto C87 son estadísticamente similares (P<0.05). El mayor aporte lo proporcionan C87 y Calvillo S-XXI (Tabla 18). El contenido de Ca es superior a lo establecido por otros autores (USDA, 2012; Ramírez & Pacheco, 2011; Perales de la Cruz et al., 2005; Mata & Rodríguez, 2000).

La aportación de K que brinda la variedad Calvillo S-XXI, HidroZac y SI cubren del 70% al 80%, mientras que SS y C87 duplican la concentración estipulada para el RD de un adulto (Tabla 19). En lo concerniente al Mg, nuevamente los materiales SS y C87 aportan concentraciones importantes alrededor el 60% del RD (Tabla 19). Las concentraciones de K que reporta Perales y

col. (2005) son 0.15-0.3g/100g parte comestible, Ramírez y Pacheco (2011) menciona 98.6 mg/100 g mientras que la USDA (2012) reporta 417mg/100g de parte comestible, debajo de las concentraciones obtenidas. En cuanto al Mg, las concentraciones obtenidas son de tres a cuatro veces superiores a las reportadas por Perales y col. (2005) y la USDA (2012).

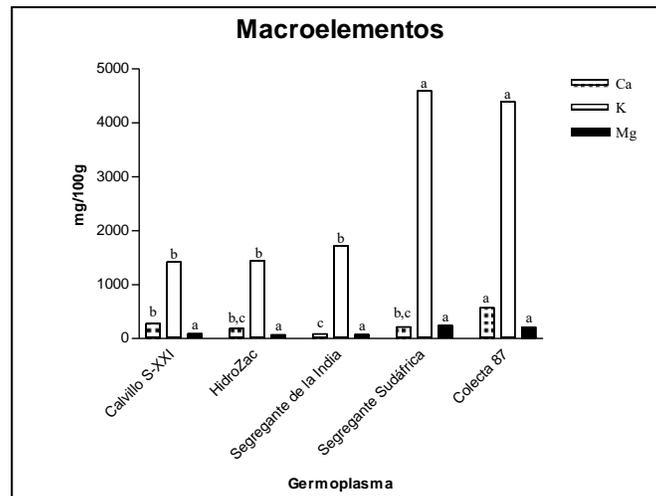


Figura 26. Macroelementos cuantificados en genotipos de guayaba.

5.5.2 Micronutrientes

El Zn presentó concentraciones bajas cercanas a 1mg/100g en los cinco materiales. Por otra parte, el Na no mostró diferencia estadísticamente significativa ($P < 0.05$) en todos los materiales (Tabla 18). Es de resaltar el alto contenido de Fe en el genotipo SS (

Figura 27), la cual podría ser incluso recomendado su ingesta para cuadros anémicos. Respecto al Na, se obtuvieron concentraciones de 12 mg/ 100g parte comestible para SI hasta 28 mg/ 100 g de la variedad HidroZac, superiores a lo reportado por Perales y col. (2005) que reportan hasta 5 mg/ 100g. La concentración de Fe en Hidrozac coincide con lo reportado por Ramírez y Pacheco (2011), sin embargo, son superiores a las concentraciones reportadas por Perales y col. (2005), Mata y Rodríguez (2000) y la USDA (2012).

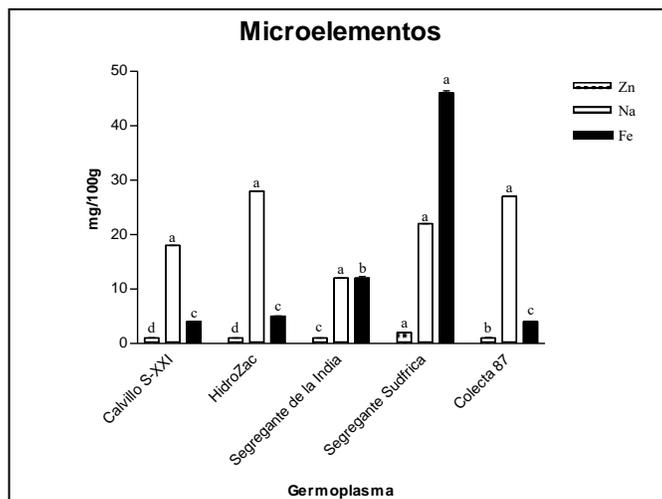


Figura 27. Microelementos presentes en los genotipos

El aporte proporcionado por el Zn y el Na son inferiores al 14%, sin embargo, en el caso del Na, no es necesario tomar de fuentes alimenticias específicas, porque se ingiere a través de la sal de mesa en forma de NaCl (Mahan & Escott-Stump, 1998).

Tabla 19. Comparativo del contenido de minerales de los genotipos y el requerimiento diario (RD).

Mineral/ Genotipo	Calvillo S- XXI	HidroZac	Segregante de la India	Segregante Sudáfrica	Colecta 87	RD mg/día
Ca	277 (34.6%)	185 (23%)	87 (10.8%)	213 (26.6%)	567 (70.9%)	800*
K	1420 (71%)	1443 (72.2%)	1718 (85.9%)	4590 (230%)	4389(219.5%)	2000**
Mg	89 (25.4%)	68 (19.4%)	71 (20.3%)	240 (68.6%)	207 (59.14%)	350*
Zn	1 (6.6%)	1 (6.6%)	1 (6.6%)	2 (13.3%)	1 (6.6%)	15*
Na	18 (1.4%)	28 (2.2%)	12 (1%)	22 (1.76%)	27 (2.1%)	500 a 3000**
Fe	4 (26.6%)	5 (33.3%)	12 (80%)	46 (307%)	4 (26.7%)	15*
Cu	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	1.5 a 3**

Porcentaje proporcional al RD en paréntesis.

*Recomendación diaria para la población mexicana según NOM-086-SSA1-1994.

**Recomendación diaria sugerida por Mahan y Escott-Stump,1998.

5.6 Análisis sensorial

La evaluación del atributo Sabor en Calvillo S-XXI, SI y C87 fueron las mejores evaluadas (Figura 28), además de ser estadísticamente iguales ($P < 0.05$), sin embargo, la relación SST/%AT en Calvillo X-XXI fue estadísticamente diferente con relación a SI y C87 ($P < 0.05$), (Tabla 20). Los comentarios de los panelistas acerca sobre los tres materiales fueron mayoritariamente *dulce* y pocos opinaron que eran *insípidos* (

Tabla 21). El gusto menos en fue SS con una 5.24 seguido por HidroZac, 6.09 a presentaran 13 °Brix, Sin embargo, manifestaron el

Genotipo	SABOR								
	Poco ácido	Ácido	Muy ácido	Poco dulce	Dulce	Insípido	Amargo	Agrio	Sobremaduro
Calvillo	11	9	6	0	18	6	4	2	0
HidroZac	33	0	16	6	0	10	6	6	0
Colecta 87	0	9	0	4	21	10	2	4	6
Seg.India	0	9	8	0	16	5	8	2	4
Seg.Sudáfrica	17	0	6	0	5	12	9	6	4

genotipo que cuanto al sabor calificación de la variedad pesar de que °Brix y 16.5 respectivamente. ambos mayor porcentaje

de Acidez dentro de los cinco materiales (Tabla 4). Los comentarios de los panelistas acerca de SS fue *poco ácido*, así como *insípido*, *amargo* y *agrio*, esto coincide con el análisis químico en referencia al %AT que mostró de 1.09% y entre otras cosas, a la presencia de taninos que le confiere cierta astringencia a los frutos (Azcon-Bieto y Talón, 2008).

Tabla 20. Nivel de agrado de los atributos sensoriales sobre los genotipos.

Genotipo	Sabor	Textura	Color
Calvillo S-XXI	7.67 ± 1.46 ^a	8 ± 1.29 ^b	7.18 ± 1.65 ^c
HidroZac	6.09 ± 1.67 ^b	7.48 ± 1.62 ^b	8.2 ± 1.49 ^{ab}
S.India	7.45 ± 2.14 ^a	8.14 ± 1.58 ^a	7.69 ± 1.78 ^{bc}
S. Sudáfrica	5.24 ± 2.62 ^c	7.51 ± 1.63 ^b	8.49 ± 1.26 ^a
Colecta 87	7.47 ± 1.53 ^a	7.49 ± 1.78 ^b	7.92 ± 1.51 ^{ab}

± Desviación Estándar. Literales iguales en las columnas indican que no hay diferencia estadística. ($P < 0.05$).

El %AT en la variedad HidroZac fue de 1.25%, superior al resto de los materiales, lo que permite inferir que en base a la acidez se evaluó el sabor.

Los comentarios de los panelistas son coincidentes con el análisis fisicoquímico reportando como *poco* y *muy ácido*, *insípido*, *poco dulce*. Los materiales recibieron comentarios en general

sobre la acidez del fruto, lo cual era de esperarse dado que es un fruto “ácido” con acidez titulable alrededor de 1% y pH de 4 (Tabla 4) aproximadamente.

Dentro de la evaluación sensorial en fresa se muestra poca aceptación por *falta de dulzura* que los panelistas manifiestan cuando la concentración de SST es menor con relación a un %AT elevado (Jouquand, Chandler, Plotto, & Goodner, 2008) que coincide con lo observado en éste estudio.

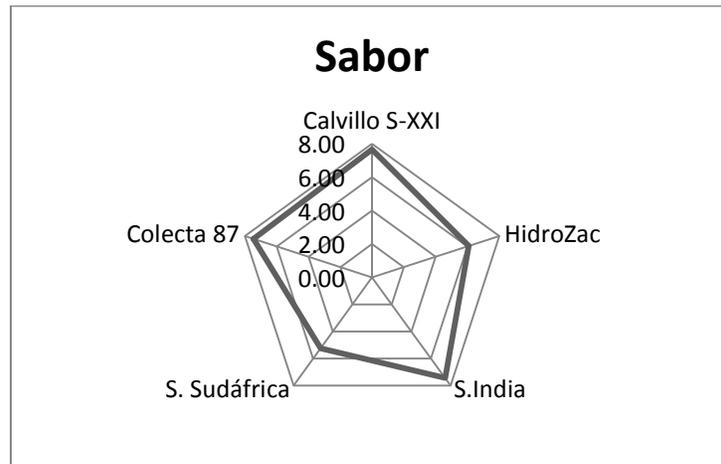


Figura 28. Grado de aceptación del sabor.

Las características mecánicas involucradas son la dureza, cohesividad, viscosidad, elasticidad, fragilidad, masticabilidad, (Aguilera, 2002). Así se evaluó la textura encontrando en Calvillo S-XXI y SI como los materiales mejores calificados (8 y 8.14, respectivamente) (Tabla 22). En cuanto a la resistencia a la compresión, ambos materiales son estadísticamente similares ($P < 0.05$). Los comentarios proporcionados por los panelistas en referencia a Calvillo S-XXI fueron *suave, blanda y cremosa*, mientras que para SI fueron *suave y blanda* (Tabla 22).

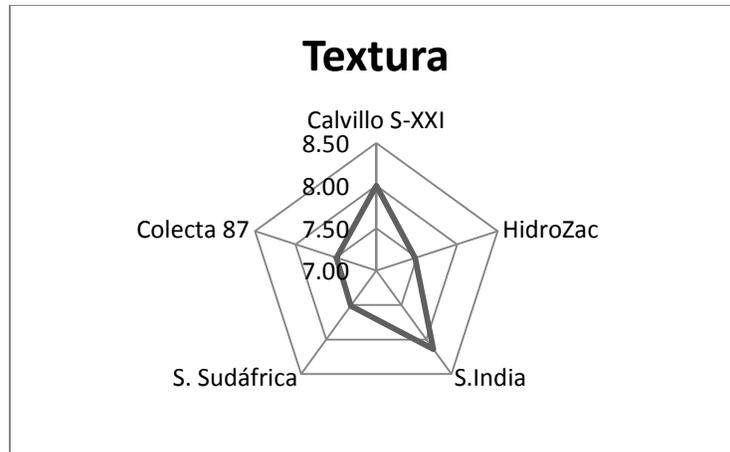


Figura 29. Grado de aceptación de la textura.

El resto de los materiales, HidroZac, SS y C87 se mostraron estadísticamente iguales ($P < 0.05$) en cuanto a la calificación obtenida (Figura 29).

La firmeza del fruto evaluada en relación a la fuerza de compresión fue superior en HidroZac ($P < 0.05$) con relación al resto de todos los materiales, lo que sugiere que intervienen otras apreciaciones mecánicas a parte de la dureza dentro de la evaluación de textura.

El contenido de FDT al parecer no muestra alguna tendencia sobre la preferencia en la textura en los panelistas. Todos los materiales fueron referidos como *arenosa* lo cual se puede atribuir a la presencia de células esclereidas ubicadas principalmente en el mesocarpo del fruto (León, 2000), además de *muchas semillas*, sin embargo se considera de dentro de las características implícitas de un fruto clasificado como baya.

La preferencia por el Color en la pulpa de guayaba no está muy clara. Aparentemente Calvillo S-XXI de pulpa blanca fue el color de pulpa que menos gustó (Figura 30). La Luminosidad para esta variedad fue 71.9 ± 2.13 , superior a todos los materiales, mientras que $^{\circ}\text{Hue}$ fue de 91.39 ± 2.6 correspondiente a los tonos amarillos. Los comentarios fueron referidos como *falta de color* (Tabla 23). El genotipo SS fue el mejor evaluado con una calificación de 8.49 (Tabla 20), los datos referentes al parámetro fisicoquímico de color mostro para Luminosidad 37.79 ± 0.83 y $^{\circ}\text{Hue}$ de 23.4 ± 0.66 que corresponde a los tonos rojos más intensos. Sin embargo, algunos panelistas señalan como una guayaba de color *poco usual y llamativo*.

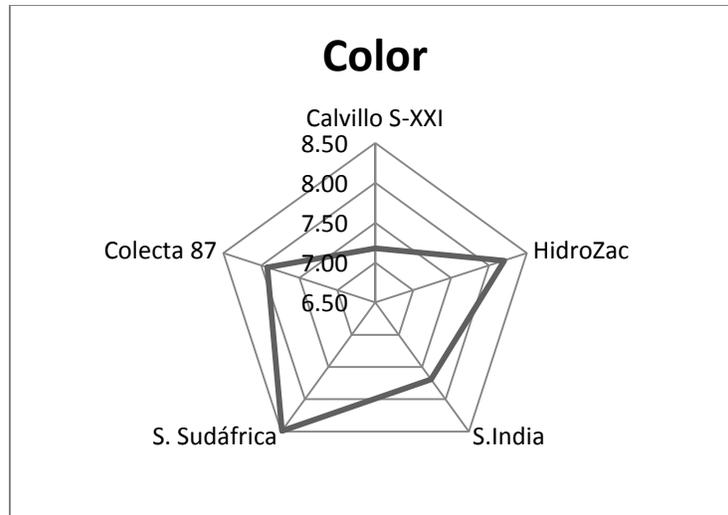


Figura 30. Grado de aceptación del color.

El resto de los materiales de pulpa rosa, SI, HidroZac y C87 fueron calificados de manera similar ($P < 0.05$) (Tabla 20).

La Luminosidad osciló entre 38.67 ± 0.17 y 42.55 ± 0.9 , mientras que para $^{\circ}\text{Hue}$ varió entre 29.5 ± 3.48 y 30.87 ± 0.53 , también correspondientes a tonos rojos. Se puede sugerir que entre mayor sea el valor de a , o bien menor los grados de $^{\circ}\text{Hue}$ correspondientes a rojos más intensos es mayor el agrado en referencia al atributo del color por el consumidor.

Los materiales fueron evaluados en tres sesiones distintas, en las cuales las primeras dos se expusieron los materiales de pulpa rosa y en la tercera sesión se evaluó el control Calvillo S-XXI de pulpa crema lo cual pudo haber influido en el rechazo inicial por los materiales de pulpa rosa que *no es color de guayaba* como hacen referencia los panelistas, sin embargo, posteriormente el control fue calificado como *falto de color* (Tabla 23).

El etileno como hormona de la maduración en frutos climatéricos, induce la síntesis de numerosas enzimas (proteasas, lipasas, pectinasas, clorofilasas, etc.) que da paso a la conversión de alimón, pectina, clorofila de un fruto verde, astringente, duro e insípido a frutos con características sensoriales aceptables.

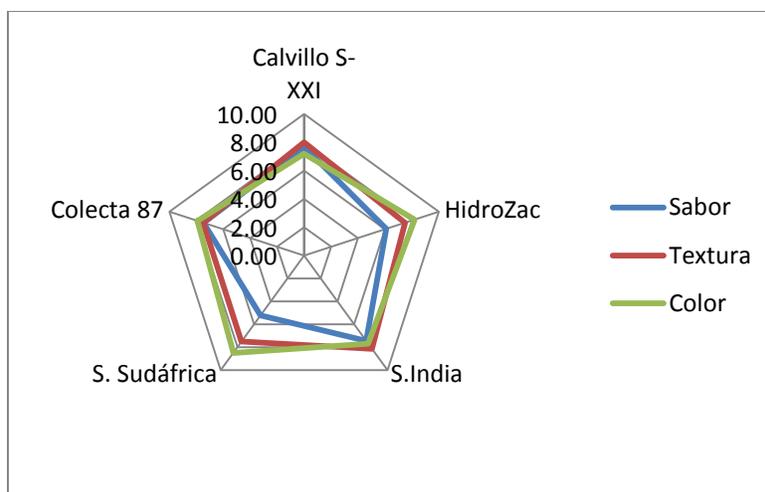


Figura 31. Grado de aceptación de los genotipos evaluados.

Dentro de las reacciones involucradas en la síntesis de aroma y sabor en los frutos participan proteínas y lípidos. A pesar de su baja concentración son indispensables para la biosíntesis. Los lípidos dan paso a la formación de aldehídos, cetonas, acoholes, furanos, etc.; los carotenoides a partir de Malonil CoA participa en la formación de α , β -ionona. La hidrólisis de polisacáridos genera la formación de terpenos, alcoholes y carbonilos. Las proteínas por medio de la ruta del ácido shiquímico participan en la formación de ésteres, alcoholes, carbonilos y ácidos fenólicos (Badui, 2006).

Se puede inferir que el mayor nivel de agrado tomando en cuenta los tres atributos fueron la variedad Calvillo S-XXI y el genotipo Colecta 87 (Figura 31).

5.7 Análisis Multivariado

Se realizó un Análisis de Correlación Múltiple para establecer la relación entre los diferentes parámetros y depurar los resultados redundantes de aquellos que presentaron una correlación superior al 0.8. Como resultado de lo anterior, se encontró una correlación entre el Peso, el Diámetro Ecuatorial y los SST, por lo cual estos dos último parámetros no se incluye en el Análisis de Componentes Principales. Así mismo, el Índice de Madurez y el pH se correlacionaron, por lo tanto el pH no se incluye.

Posterior al Análisis de Correlación Múltiple, se tomaron los parámetros fisicoquímicos: Peso, °Hue de epicarpio, °Hue de pulpa, Firmeza, Diámetro Longitudinal e Índice de Maduración.

De acuerdo a los resultados obtenidos mediante el Análisis de Componentes Principales, aplicado a las dos variedades y tres genotipos, se observa que en el componente principal (X), contiene los parámetros de Firmeza y °Hue del epicarpio explicadas en un 43.24%. En éste sentido, las variedades HidroZac y Calvillo S-XXI obtuvieron los valores más altos en éstos parámetros. En el extremo opuesto de (X), se encuentran todos los genotipos restantes de pulpa rosa, Colecta 87, Segregante Sudáfrica y Segregante de la India, los cuales son frutos más blandos y con menores valores del ángulo de color en el epicarpio (Figura 32).

En el componentes principal (Y), tiene una variación explicada del 34.18%, ocurre una variación acumulada del 77.42% y en el cual se expresa el peso observándose que la variedad HidroZac es el material con mayor peso, mayor contenido de SST y DE seguida de Segregante de la India. Sin embargo, Colecta 87, Segregante Sudáfrica y Calvillo S-XXI son materiales con menor peso, menor dulzura y de tamaño más pequeño en relación a su DE.

El componente principal (Z), tiene una variación explicada del 15.32%, por lo cual la variación acumulada es del 92.74%, en el cual se expresa las variables Diámetro Longitudinal e Índice de

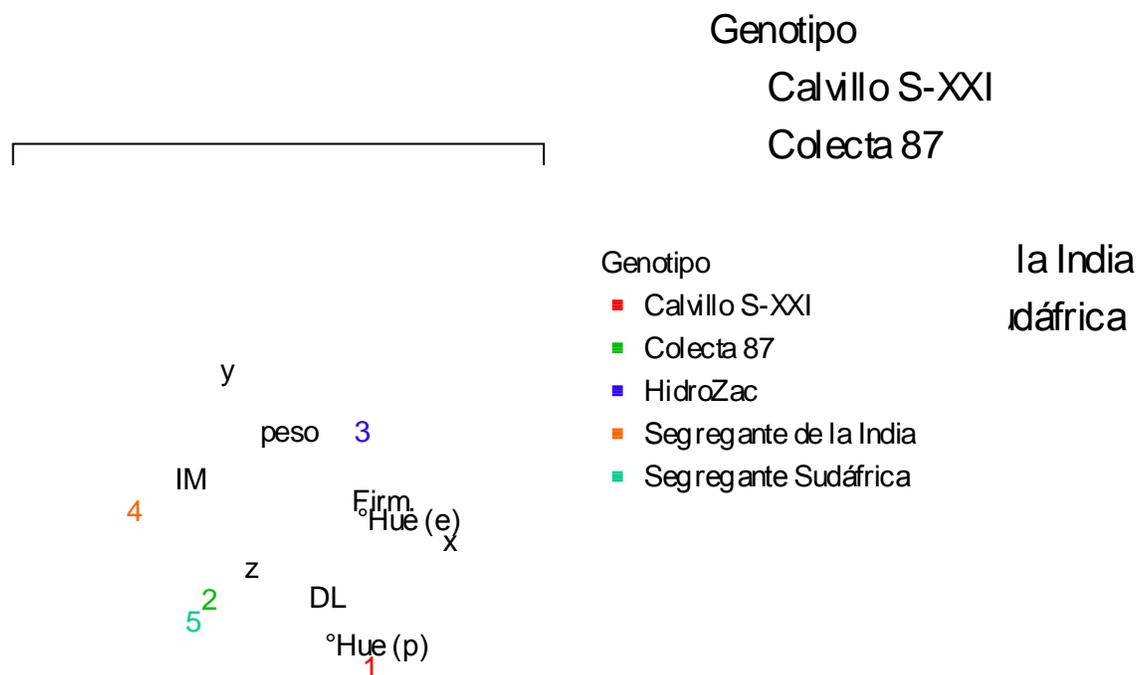


Figura 32. Componentes Principales sobre parámetros fisicoquímicos.

El material con mejor evaluación dentro de las variables fisicoquímicas fue la variedad HidroZac, seguida de Segregante de la India con menor firmeza así como menor ángulo de color. La variedad Calvillo S-XXI expresó buena firmeza y °Hue del epicarpio, sin embargo, corresponde a tamaños de DE, contenido de SST y peso menor. Lo que respecta a Colecta 87 y Segregante Sudáfrica, expresan los valores más bajos de las variables fisicoquímicas evaluadas.

De la misma forma se llevó a cabo un Análisis de Componentes Principales tomando en cuenta las variables de los principales antioxidantes y la Capacidad Antioxidante por los dos métodos, DPPH[•] y ABTS^{•+}, los cuales fueron sometidos a un análisis de Correlación Múltiple previo con la finalidad de purificar los parámetros de aquellos que presentaran una correlación superior al 0.8.

Tomando en cuenta lo anterior, se encontró correlación entre el Ácido Ascórbico con Polifenoles Extraíbles, así como una correlación entre la Diferencia Total de Color y los Carotenoides.

Las variables consideradas para el Análisis de Componentes Principales de carácter nutricional fueron Ácido Ascórbico, Carotenoides, Licopeno, Fibra Dietética Total, DPPH[•] y ABTS^{•+}.

Para el Análisis de Componentes Principales se estableció una explicación del eje (X) de 59.53%, que contiene la variable Licopeno. En éste sentido, Colecta 87 y Segregante Sudáfrica

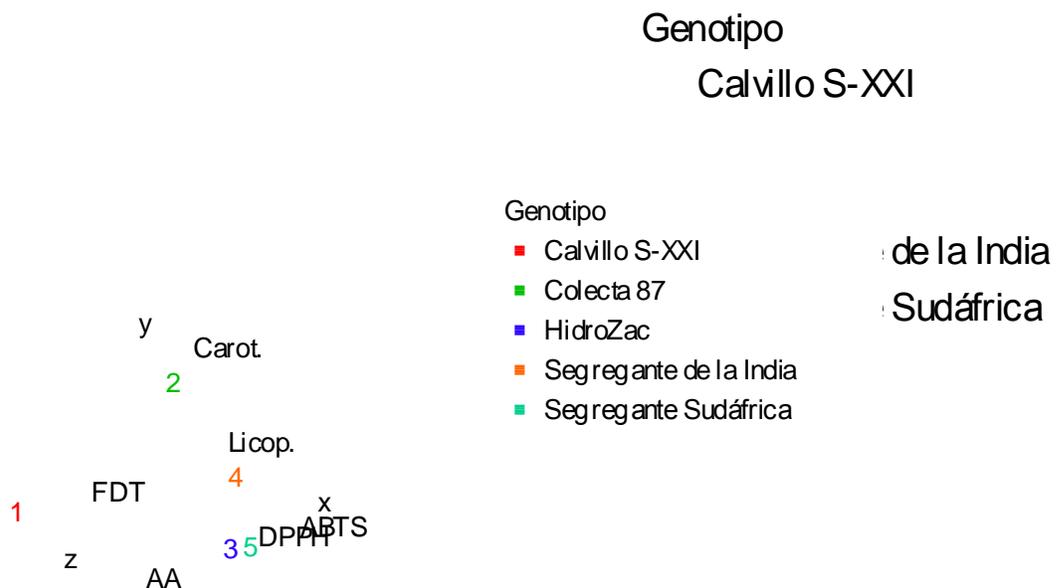


Figura 33. Análisis de Componentes Principales sobre los nutrientes.

En el componentes principal (Y), tiene una variación explicada del 22.15%, por lo cual tiene una variación acumulada del 81.68%, donde se expresa la variable Carotenoides observándose que los genotipos Colecta 87 y Segregante de la India tienen la mayor concentración, por lo tanto, mayor Diferencia Total de Color, mientras que las dos variedades, Calvillo S-XXI e HidroZac, además del genotipo Segregante Sudáfrica mostraron los valores más bajos.

Dentro del componente principal (Z), manifiesta una variación explicada del 11.05%, sumando una variación acumulada del 92.73%, observándose la variable de Ácido Ascórbico y la Capacidad Antioxidante medida a través del ión ABTS^{•+}. Los materiales con mayores valores son HidroZac, Segregante de la India y Segregante Sudáfrica, por consiguiente, también son superiores en el contenido de Polifenoles Extraíbles. La variedad Calvillo S-XXI se encuentra ubicado más alejado del eje (Z), por consiguiente sus valores en las variables señaladas son inferiores.

Por lo anterior, la variedad HidroZac, el genotipo Segregante de la India y Segregante Sudáfrica reúnen las variables nutricionales más importantes sobre los otros materiales.

CAPÍTULO 6 CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

6.1 Conclusiones

- Es necesario tomar en cuenta parámetros nutricionales que aporten beneficios adicionales a la salud para el desarrollo de nuevas variedades de guayaba en México.
- Los materiales estudiados, la variedad Calvillo S-XXI, e HidroZac y los genotipos Segregante Sudáfrica, Segregante de la India y Colecta 87 registraron valores superiores en la mayoría de los parámetros cuantificados con referencia a guayabas establecidas en el mercado internacional.
- Las guayabas de pulpa rosa, HidroZac, Segregante Sudáfrica, Segregante de la India y Colecta 87 presentaron mayor valor nutricional con respecto a Calvillo S-XXI de pulpa crema.
- El Índice de Madurez influye positivamente sobre los compuestos antioxidantes.
- El contenido de Ácido Ascórbico está relacionado en función del genotipo y no en función del color de la pulpa.
- A pesar de que el Ácido Ascórbico es el principal antioxidante en guayaba, no determina la Capacidad Antioxidante final en los materiales de guayaba analizados.
- Se encontraron correlación entre parámetros de color tanto en epicarpio pulpa y la Capacidad Antioxidante.
- La variedad HidroZac ya registrada y el genotipo Segregante de la India tienen atributos tanto fisicoquímicos así como nutricionales superiores al resto de los materiales evaluados.

- El genotipo Segregante Sudáfrica, sumado a HidroZac y Segregante de la India representan los materiales nutricionalmente más favorecidos.
- El análisis sensorial es una herramienta que nos proporciona información acerca del nivel de agrado en el consumidor. Éste estudio puede sugerir el mayor agrado por las variedades registradas, Calvillo S-XXI e HidroZac.

6.2 Perspectivas

- La generación de más variedades con distintas características fisicoquímicas tomando en cuenta su valor nutricional y su calidad sensorial.
- Se recomienda la utilización del material Segregante de la India y Segregante Sudáfrica para la generación de futuras variedades de pulpa rosa con alto valor nutricional.
- Se sugiere la cuantificación de cada compuesto antioxidante por metodologías más específicas.
- La utilización de técnicas moleculares que permitan describir la expresión génica relacionada a los compuestos antioxidantes de los materiales de pulpa rosa.
- El monitoreo de la Actividad Antioxidante así como la presencia de los compuestos antioxidantes a través del proceso de maduración del fruto.
- La aplicación de diversos tratamientos físicos y químicos post-cosecha con la finalidad de inducir un aumento de la Capacidad Antioxidante.
- Emplear técnicas *in vivo* para determinar los efectos preventivos y terapéuticos de algunas enfermedades crónico-degenerativas con extractos o harinas a partir de guayaba sobre modelos biológicos.
- Que el fruto de guayaba sea utilizado como materia prima para la extracción de compuestos como Fibra Dietética y Polifenoles.

→ La utilización de derivados de la guayaba como la harina para la elaboración de productos alimenticios industrializados.

BIBLIOGRAFÍA

- AACC. (2001). American Association of Cereal Chemists. Dietary fiber Technical Committee. The definition of dietary fiber. *Cereal Foods World*, 46, 112–126.
- Abbott, J. A. (1999). Quality measurement of fruits and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 15(3), 207–225.
- Abreu, J.R., Santos, C.D., & Castro, E.M. (2012). Histochemistry and morphoanatomy study on guava fruit during ripening. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 32(1), 179–186.
- Abu-Goukh, A.-B. A., & Bashir, H. A. (2003). Changes in pectic enzymes and cellulase activity during guava fruit ripening. *Food Chemistry*, 83(2), 213–218. doi:10.1016/S0308-8146(03)00067-0
- Aguilera, J. M. (2002). *Temas en tecnología de alimentos*. (Alfaomega, IPN, CYTED., Vol. 1). México: Alfaomega.
- Alba, N. (2008). *Ciencia, tecnología e industria de alimentos*. Grupo Latino Editores.
- Anderson, R. A., & Conway, H. F. (1969). Effect of Processing on dietary fibre content of wheat bran, pureed green beans and carrots. *Journal of Food Science*, 45, 1533–1537.
- Andrade, C. A., Pinto, P. M., Caron, V. C., Koga, F. A., Kluge, R. A., & Jacomino, A. P. (2009). Influência do processamento mínimo no teor de licopeno de goiabas “Paluma” e “Pedro Sato.” *17 Simposio Internacional de Iniciação Científica USP, Pirassununga, Sao Paulo*.

- Andrade, R. D., Ortega, F., Montes, E., Torres, R., Pérez, O., Castro, M., & Gutiérrez, L. (2009). Caracterización fisicoquímica y reológica de la pulpa de guayaba (*Psidium guajava* L.) variedades Híbrido de Klom Sali, Puerto Rico, D14 y Red. *Vitae*, *16*(1), 13–18.
- AOAC. (1988). *Official Methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists* (14th ed.). Washington, DC,: Association of Analytical Chemists.
- Aune, D., Chan, D. S. M., Vieira, A. R., Navarro Rosenblatt, D. A., Vieira, R., Greenwood, D. C., & Norat, T. (2012). Dietary compared with blood concentrations of carotenoids and breast cancer risk: a systematic review and meta-analysis of prospective studies. *The American journal of clinical nutrition*, *96*(2), 356–373. doi:10.3945/ajcn.112.034165
- Azcón-Bieto, J., & Talón, M. (2008). *Fundamentos de Fisiología Vegetal* (2da. Edición.). McGraw-Hill / Interamericana.
- Azzolini, M., Jacomino, A. P., & Bron, I. U. (2004). Índices para avaliar qualidade pós-colheita de goiabas em diferentes estádios de matura\ccão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, *39*(2), 139–145.
- Badui. (2006). *QUIMICA DE LOS ALIMENTOS* (4a. ed.). México: Pearson. Retrieved from <http://www.uylibros.com/comprar-libro/21446/badui-dergal/quimica-de-los-alimentos.htm>
- Bassetto, E., Jacomino, A. P., Pinheiro, A. L., & Kluge, R. A. (2005). Delay of ripening of “Pedro Sato” guava with 1-methylcyclopropene. *Postharvest Biology and Technology*, *35*(3), 303–308. doi:10.1016/j.postharvbio.2004.08.003
- Biesalski, H. K., & Grimm, P. (2007). *Nutrición: texto y atlas*. Ed. Médica Panamericana.

- Biruete, A., Juárez, E., Sieiro, E., Romero, R., & Silencio, J. L. (2009). Los nutraceuticos. Lo que es conveniente saber. *Revista Mexicana de*, 76(3). Retrieved from <http://www.medigraphic.com/pdfs/pediat/sp-2009/sp093h.pdf>
- Bramley, P. M. (2002). Regulation of carotenoid formation during tomato fruit ripening and development. *Journal of Experimental Botany*, 53(377), 2107–2113. doi:10.1093/jxb/erf059
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Science and Technology*, 28(1), 25–30.
- Bravo, L. (1998). Polyphenols: Chemistry, Dietary Sources, Metabolism, and Nutritional Significance. *Nutrition Reviews*, 56(11), 317–333. doi:10.1111/j.1753-4887.1998.tb01670.x
- Bretting, P. K., & Duvick, D. N. (1997). Dynamic Conservation of Plant Genetic Resources. In Donald L. Sparks (Ed.), *Advances in Agronomy* (Vol. Volume 61, pp. 1–51). Academic Press. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0065211308606616>
- Brunini, M. A., Oliveira, A. de, & Varanda, D. B. (2003). Avaliação da qualidade de polpa de goiaba “Paluma” armazenada a 20 °C. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 25(3), 394–396.
- Carvalho, A. B., De Assis, S. A., Cerqueira Leite, K. M. S., Bach, E. E., & de Faria Oliveira, O. M. M. (2009). Pectin methylesterase activity and ascorbic acid content from guava fruit, cv. Predilecta, in different phases of development. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 60(3), 255–265. doi:10.1080/09637480701752244

- Chacín, J., Marín, M., & D'Addosio, R. (2010). Evaluación del contenido de pectina de diferentes genotipos de gauayaba de la zona sur del Lago de Maracaibo. *Multiciencias*, *10*(1), 7–12.
- Chambilla-Mamani, E., & Matos-Chamorro. (2010). Importancia de la Fibra Dietética, sus Propiedades Funcionales en la Alimentación Humana y en la Industria Alimentaria. Retrieved from <http://papiros.upeu.edu.pe/bitstream/handle/123456789/216/RICTAV1N101.pdf?sequence=1>
- Chen, H.-Y., & Yen, G.-C. (2007). Antioxidant activity and free radical-scavenging capacity of extracts from guava (*Psidium guajava* L.) leaves. *Food Chemistry*, *101*(2), 686–694. doi:10.1016/j.foodchem.2006.02.047
- Chen, S. C., Lee, M. S., Lin, C. J., & Chen, M. L. (1998). Dietary fiber content and composition of fruits in Taiwan. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, *7*, 206–210.
- Cho, S. S., & Almeida, N. (2011). *Dietary Fiber and Health*. CRC Press.
- Coletto, J. M. C. (1995). *Crecimiento y desarrollo de las especies frutales*. Mundi-Prensa Libros.
- Contreras-Calderón, J., Calderón-Jaimes, L., Guerra-Hernández, E., & García-Villanova, B. (2011). Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, peel and seed from 24 exotic fruits from Colombia. *Food Research International*, *44*(7), 2047–2053. doi:10.1016/j.foodres.2010.11.003

- De Mello, R., Natale, W., & da Silva, J. A. A. (2005). Liming and quality of guava fruit cultivated in Brazil. *Scientia Horticulturae*, *106*(1), 91–102. doi:10.1016/j.scienta.2005.03.001
- DeVries, J. W. (2004). Dietary fiber: the influence of definition on analysis and regulation. *Journal of AOAC International*, *87*(3), 682–706.
- Di Matteo, A., Sacco, A., Anacleria, M., Pezzotti, M., Delledonne, M., Ferrarini, A., ... Barone, A. (2010). The ascorbic acid content of tomato fruits is associated with the expression of genes involved in pectin degradation. *BMC Plant Biology*, *10*(1), 163.
- El Kader, D. A., León de Pinto, G., Martínez, M., Cano-Ponce, C., Reyna, N., & Larrazaval, M. (2011). Efecto de la ingesta de un pan integral formulado con goma de *Hymenaea courbaril*, en las concentraciones de lípidos sanguíneos de pacientes con dislipidemia leve-moderada. *Investigación Clínica*, *52*(2), 140–149.
- Eliassen, A. H., Hendrickson, S. J., Brinton, L. A., Buring, J. E., Campos, H., Dai, Q., ... Hankinson, S. E. (2012). Circulating carotenoids and risk of breast cancer: pooled analysis of eight prospective studies. *Journal of the National Cancer Institute*, *104*(24), 1905–1916. doi:10.1093/jnci/djs461
- Field, L. D., Sternhell, S., & Kalman, J. R. (2008). *Organic Structures from Spectra*. John Wiley & Sons.
- Figuerola, F., Hurtado, M. L., Estévez, A. M., Chiffelle, I., & Asenjo, F. (2005). Fibre concentrates from apple pomace and citrus peel as potential fibre sources for food enrichment. *Food Chemistry*, *91*(3), 395–401.

- Fish, W. W., Perkins-Veazie, P., & Collins, J. K. (2002). A Quantitative Assay for Lycopene That Utilizes Reduced Volumes of Organic Solvents. *Journal of Food Composition and Analysis*, *15*(3), 309–317. doi:10.1006/jfca.2002.1069
- Fraser, P. D., & Bramley, P. M. (2004). The biosynthesis and nutritional uses of carotenoids. *Progress in Lipid Research*, *43*(3), 228–265. doi:10.1016/j.plipres.2003.10.002
- Gibney, M. J., MacDonald, I. A. (ed), & Roche, H. M. (ed). (2005). *Nutrición y metabolismo*. Acribia.
- Giovannucci, E. (1999). Tomatoes, tomato-based products, lycopene, and cancer: review of the epidemiologic literature. *Journal of the National Cancer Institute*, *91*(4), 317–331.
- González, E., Padilla, J. S., Reyes, L., Perales de la Cruz, M. Á., & Esquivel, F. (2002). *Guayaba su cultivo en México*. México: Secretaría de Agricultura y Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Retrieved from <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/xmlui/handle/123456789/1946>
- González, I. A. (2010). *Caracterización química del color de diferentes variedades de Guayaba (Psidium guajava L.) colombiana / Chemical characterization of the color of different varieties of Colombian guava (Psidium guajava L.)* Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia. Retrieved from <http://www.bdigital.unal.edu.co/2815/>
- Gonzalez-Aguilar, G. A., Villa-Rodriguez, J. A., Ayala-Zavala, J. F., & Yahia, E. M. (2010). Improvement of the antioxidant status of tropical fruits as a secondary response to some

- postharvest treatments. *Trends in Food Science & Technology*, 21(10), 475–482.
doi:10.1016/j.tifs.2010.07.004
- González-Cárdenas, I. A., Osorio, C., Rodríguez-Pulido, F. J., González-Miret Martín, M. L., & Heredia, F. J. (2010). Color y apariencia de frutos de guayaba a lo largo de la maduración. Retrieved from <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/16469>
- Gutteridge, J. M. (1995). Lipid peroxidation and antioxidants as biomarkers of tissue damage. *Clinical Chemistry*, 41(12), 1819–1828.
- Halliwell, B. (2007). Biochemistry of oxidative stress. *Biochemical Society transactions*, 35(Pt 5), 1147–1150. doi:10.1042/BST0351147
- Halliwell, B., & Gutteridge, J. M. (1995). The definition and measurement of antioxidants in biological systems. *Free radical biology & medicine*, 18(1), 125–126.
- Halliwell, Barry. (2006). Oxidative stress and neurodegeneration: where are we now? *Journal of Neurochemistry*, 97(6), 1634–1658. doi:10.1111/j.1471-4159.2006.03907.x
- Hassimotto, N. M. A., Genovese, M. I., & Lajolo, F. M. (2005). Antioxidant Activity of Dietary Fruits, Vegetables, and Commercial Frozen Fruit Pulps. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(8), 2928–2935. doi:10.1021/jf047894h
- Hernandez, A. G. (DRT). (2010). *Tratado de nutricion / Nutrition Treatise: Composicion Y Calidad Nutritiva De Los Alimentos / Composition and Nutritional Quality of Foods*. Ed. Médica Panamericana.
- Higdon, J. (2007). *An Evidence Based Approach to Dietary Phytochemicals*. Thieme.

- Hodge, D. B., Karim, M. N., Schell, D. J., & McMillan, J. D. (2008). Soluble and insoluble solids contributions to high-solids enzymatic hydrolysis of lignocellulose. *Bioresource Technology*, 99(18), 8940–8948. doi:10.1016/j.biortech.2008.05.015
- Huang, D., Ou, B., & Prior, R. L. (2005). The Chemistry behind Antioxidant Capacity Assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(6), 1841–1856. doi:10.1021/jf030723c
- International Plant Genetic Resources Institute. (2000). *Participatory Approaches to the Conservation and Use of Plant Genetic Resources*. Bioversity International.
- Jain, N., Dhawan, K., Malhotra, S., & Singh, R. (2003). Biochemistry of fruit ripening of guava (*Psidium guajava* L.): compositional and enzymatic changes. *Plant Foods for Human Nutrition*, 58(4), 309–315.
- Jiménez-Escrig, A., Rincón, M., Pulido, R., & Saura-Calixto, F. (2001). Guava fruit (*Psidium guajava* L.) as a new source of antioxidant dietary fiber. *Journal of agricultural and food chemistry*, 49(11), 5489–5493.
- Joomwong, A. (2006). Impact of cropping season in northern Thailand on the quality of smooth cayenne pineapple. II. Influence on physicochemical attributes. *International Journal of Agriculture and Biology*, v. 8(3). Retrieved from <http://agris.fao.org/agris-search/search/display.do?f=2007/PK/PK0705.xml;PK2007000395>
- Jordán, M. J., Margaría, C. A., Shaw, P. E., & Goodner, K. L. (2003). Volatile components and aroma active compounds in aqueous essence and fresh pink guava fruit puree (*Psidium guajava* L.) by GC-MS and multidimensional GC/GC-O. *Journal of agricultural and food chemistry*, 51(5), 1421–1426. doi:10.1021/jf0207651

- Jouquand, C., Chandler, C., Plotto, A., & Goodner, K. (2008). A sensory and chemical analysis of fresh strawberries over harvest dates and seasons reveals factors that affect eating quality. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 133(6), 859–867.
- Kader, A. A. (1999). Fruit maturity, ripening, and quality relationships. In *Acta horticulturae* (pp. 203–208). Presented at the International symposium on effect of preharvest and postharvest factors on storage of fruit, International Society for Horticultural Science. Retrieved from <http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=1578110>
- Kamath, J., Rahul, N., Kumar, A., & Lakshmi, S. M. (2008). *Psidium guajava* L: A review. *International Journal of Green Pharmacy*, 2(1), 9. doi:10.4103/0973-8258.39155
- Kays, S. J. (1999). Preharvest factors affecting appearance. *Postharvest biology and Technology*, 15(3), 233–247.
- Kendall, C. W. C., Esfahani, A., & Jenkins, D. J. A. (2010). The link between dietary fibre and human health. *Food Hydrocolloids*, 24(1), 42–48. doi:10.1016/j.foodhyd.2009.08.002
- Kravchenko, L. V., Morozov, S. V., Beketova, N. A., Deryagina, V. P., Avren'eva, L. I., & Tutel'yan, V. A. (2003). Antioxidant status of rats receiving lycopene in different doses. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, 135(4), 353–357.
- Kuskoski, E. Marta, Asuero, A. G., Troncoso, A. M., Mancini-Filho, J., & Fett, R. (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 25(4), 726–732.
- Kuskoski, E.M., Asuero, A. G., Morales, M. T., & Fett, R. (2006). Frutos tropicais silvestres e polpas de frutas congeladas: atividade antioxidante, polifenóis e antocianinas. *Cienc.*

Rural, Santa Maria, 36(4). Retrieved from
<http://www.scielo.br/pdf/cr/v36n4/a37v36n4.pdf>

- Larrauri, J. A., Rupérez, P., & Saura-Calixto, F. (1997). Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 45(4)*, 1390–1393.
- Lee, S. K., & Kader, A. A. (2000). Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology, 20(3)*, 207–220. doi:10.1016/S0925-5214(00)00133-2
- León, J. (2000). *Botánica de los cultivos tropicales*. Agroamerica.
- Lima, M. S., Paiva, E. P., Andrade, S. A. C., & Paixão, J. A. (2010). Fruit pectins – A suitable tool for screening gelling properties using infrared spectroscopy. *Food Hydrocolloids, 24(1)*, 1–7. doi:10.1016/j.foodhyd.2009.04.002
- Maga, J. A. (1974). Influence of Color on Taste Thresholds. *Chemical Senses, 1(1)*, 115–119. doi:10.1093/chemse/1.1.115
- Mahan, L. K., & Escott-Stump, S. (1998). *Nutrición y Dietoterapia de Krause* (Novena edición.). México: McGraw-Hill / Interamericana.
- Maiani, G., Periago Castón, M. J., Catasta, G., Toti, E., Cambrodón, I. G., Bysted, A., ... Schlemmer, U. (2009). Carotenoids: Actual knowledge on food sources, intakes, stability and bioavailability and their protective role in humans. *Molecular Nutrition & Food Research, 53(S2)*, S194–S218. doi:10.1002/mnfr.200800053

- Markland, A. D., Goode, P. S., Palsson, O. S., Burgio, K. L., Busby-Whitehead, J., & Whitehead, W. E. (2011). Association of Low Dietary Intake of Fiber and Liquids With Constipation: Evidence From the National Health and Examination Survey (NHANES). *Gastroenterology*, *140*(5), S-152.
- Marquina, V., Araujo, L., Ruíz, J., Rodríguez-Malaver, A., & Vit, P. (2008). Composición química y capacidad antioxidante en fruta, pulpa y mermelada de guayaba (*Psidium guajava* L.). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, *58*(1), 98-102.
- Martínez. (2008). *Temas Selectos en Alimentos, Nutrición y Salud*. México: Morevallado.
- Martínez, J., Barrientos, M. C., Reyes, A. C., Hernández, S., Padilla, J. S., & Mayek, N. (2004). Diversidad fenotípica y genética en huertas de Guayabo de Calvillo, Aguascalientes. *Revista Fitotecnia Mexicana*, *27*(3), 243-249.
- Martínez, R., Torres, P., Meneses, M. A., Figueroa, J. G., Pérez-Álvarez, J. A., & Viuda-Martos, M. (2012). Chemical, technological and in vitro antioxidant properties of mango, guava, pineapple and passion fruit dietary fibre concentrate. *Food Chemistry*, *135*(3), 1520-1526. doi:10.1016/j.foodchem.2012.05.057
- Martínez- Valverde, I., Periago, M. J., & Ros, G. (2000). Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, *50*(1), 5-18.
- Mata, I., & Rodriguez, A. (2000). *Cultivo y producción del guayabo* (2da. Edición.). México: Trillas.

- Matough, F. A., Budin, S. B., Hamid, Z. A., Alwahaibi, N., & Mohamed, J. (2012). The Role of Oxidative Stress and Antioxidants in Diabetic Complications. *Sultan Qaboos University Medical Journal*, *12*(1), 5–18.
- Meléndez-Martínez, A. J., Vicario, I. M., & Francisco J., H. (2004). Importancia nutricional de los pigmentos carotenoides. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, *54*(2), 149–155.
- Meléndez-Martínez, A., Vicario, I. M., & Heredia, F. J. (2007). Pigmentos carotenoides: consideraciones estructurales y fisicoquímicas. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, *57*(2), 109–117.
- Mendonça, R. D., Ferreira, K. S., Souza, L. M. de, Marinho, C. S., & Teixeira, S. L. (2007). Características físicas e químicas de goiabas “Cortibel 1” e “Cortibel 4” armazenadas em condições ambientais. *Bragantia*, *66*(4), 685–692.
- Mendoza-Wilson, A. M., & Glossman-Mitnik, D. (2004). CHIH-DFT determination of the molecular structure, infrared and ultraviolet spectra of the flavonoid quercetin. *Journal of Molecular Structure: THEOCHEM*, *681*(1–3), 71–76.
doi:10.1016/j.theochem.2004.04.054
- Mercado-Silva, E., Benito-Bautista, P., & García-Velasco, M. de los A. (1998). Fruit development, harvest index and ripening changes of guavas produced in central Mexico. *Postharvest Biology and Technology*, *13*(2), 143–150.
- Mondragón, C., Toriz, L. M., & Guzmán, S. H. (2009). Caracterización de selecciones de guayaba para el Bajío de Guanajuato, México. *Agricultura técnica en México*, *35*(3), 315–322.

- Mora, M. T. (2012). *Establecimiento de las propiedades fisicoquímicas de la fibra dietética medidas in vitro que permitan predecir su posible comportamiento fisiológico in vivo*. (Tesis para obtener el grado de Licenciatura.). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Moretti, C. L., Mattos, L. M., Calbo, A. G., & Sargent, S. A. (2010). Climate changes and potential impacts on postharvest quality of fruit and vegetable crops: A review. *Food Research International*, 43(7), 1824–1832. doi:10.1016/j.foodres.2009.10.013
- Mozaffarieh, M., Sacu, S., & Wedrich, A. (2003). The role of the carotenoids, lutein and zeaxanthin, in protecting against age-related macular degeneration: A review based on controversial evidence. *Nutrition Journal*, 2, 20. doi:10.1186/1475-2891-2-20
- Muy-Rangel, D., Alcántara-Aguilar, M., Siller-Cepeda, J., & Báez-Sañudo, M. (2003). Cambios en Ácido Ascórbico, Licopeno y β -Caroteno durante la maduración de frutos de guayaba. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 9, 333–343.
- Narváez-Cuenca, C.-E. (2009). Determinación de Vitamina C, compuestos fenólicos totales y actividad antioxidante. *Quim. Nova*, 32(9), 2336–2340.
- Padilla, J. S., González, E., & Perales de la Cruz, M. Á. (2010). Nuevas Variedades de Guayaba (*Psidium guajava* L.). Retrieved from <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/xmlui/handle/123456789/3454>
- Padilla, J. S., González, E., Perales de la Cruz, M. Á., Reyes, H. R., & Osuna, E. S. (2007). Variabilidad del fruto de la guayaba *Psidium guajava* L. Mexicana. *Instituto Nacional de*

Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Retrieved from <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/xmlui/handle/123456789/2045>

- Padilla-Ramírez, J. S., González-Gaona, E., Esquivel-Villagrana, F., Mercado-Silva, E., & Hernández-Delgado, S. (2002). Caracterización de germoplasma sobresaliente de guayabo de la región Calvillo-Cañones, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 25(4), 393–399.
- Paniandy, J. C., Chane-Ming, J., & Pieribattesti, J. C. (2000). Chemical Composition of the Essential Oil and Headspace Solid-Phase Microextraction of the Guava Fruit (*Psidium guajava* L.). *Journal of Essential Oil Research*, 12(2), 153–158. doi:10.1080/10412905.2000.9699486
- Patel, D., Prasad, S., Kumar, R., & Hemalatha, S. (2012). An overview on antidiabetic medicinal plants having insulin mimetic property. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 2(4), 320–330. doi:10.1016/S2221-1691(12)60032-X
- Patthamakanokporn, O., Puwastien, P., Nitithamyong, A., & Sirichakwal, P. P. (2008). Changes of antioxidant activity and total phenolic compounds during storage of selected fruits. *Journal of Food Composition and Analysis*, 21(3), 241–248. doi:10.1016/j.jfca.2007.10.002
- Perales de la Cruz, M. Á., Padilla, J. S., González, E., & Reyes, H. R. (2005). *Manual para la Producción Integral del Cultivo de la Guayaba*. México: Impresión Litográfica Central.

- Perales de la Cruz, M. A., & Silguero, J. F. (1995). Caracterización de colectas de guayabo (*Psidium guajava* L.) de la Región Calvillo-Cañones por forma y componentes del fruto. *Agricultura Técnica en México*, *21*, 195–203.
- Pereira, M. C., Steffens, R. S., Jablonski, A., Hertz, P. F., de O. Rios, A., Vizzotto, M., & Flôres, S. H. (2012). Characterization and Antioxidant Potential of Brazilian Fruits from the Myrtaceae Family. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *60*(12), 3061–3067. doi:10.1021/jf205263f
- Perera, P. K., & Li, Y. (2012). Functional herbal food ingredients used in type 2 diabetes mellitus. *Pharmacognosy Reviews*, *6*(11), 37–45. doi:10.4103/0973-7847.95863
- Pérez, R. M., Mitchell, S., & Vargas, R. (2008). *Psidium guajava*: A review of its traditional uses, phytochemistry and pharmacology. *Journal of Ethnopharmacology*, *117*(1), 1–27. doi:10.1016/j.jep.2008.01.025
- Prakongpan, T., Nitithamyong, A., & Luangpituksa, P. (2002). Extraction and application of dietary fiber and cellulose from pineapple cores. *Journal of food science*, *67*(4), 1308–1313.
- Prior, R. L., & Cao, G. (1999). In vivo total antioxidant capacity: comparison of different analytical methods¹. *Free Radical Biology and Medicine*, *27*(11–12), 1173–1181. doi:10.1016/S0891-5849(99)00203-8
- Rai, P K, Singh, S. K., Kesari, A. N., & Watal, G. (2007). Glycaemic evaluation of *Psidium guajava* in rats. *The Indian journal of medical research*, *126*(3), 224–227.

- Rai, Prashant K, Jaiswal, D., Mehta, S., & Watal, G. (2009). Anti-hyperglycaemic potential of Psidium guajava raw fruit peel. *The Indian journal of medical research*, 129(5), 561–565.
- Ramírez, A., & Pacheco, E. (2009). Propiedades funcionales de harinas altas en fibra dietética obtenidas de piña, guayaba y guanábana. *Interciencia*, 34(4), 293–298.
- Ramírez, A., & Pacheco, E. (2011). Composición química y compuestos bioactivos presentes en las pulpas de piña, guayaba y guanábana. *Interciencia*, 36, 71–75.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free radical biology & medicine*, 26(9-10), 1231–1237.
- Reynertson, K. A., Yang, H., Jiang, B., Basile, M. J., & Kennelly, E. J. (2008). Quantitative analysis of antiradical phenolic constituents from fourteen edible Myrtaceae fruits. *Food chemistry*, 109(4), 883–890. doi:10.1016/j.foodchem.2008.01.021
- Rincón, A. M. (2011). Evaluación de fitoquímicos en el exocarpio (cáscara) de algunas frutas cultivadas en Venezuela. *Revista de la Facultad de Farmacia*, 66(2), 73–77.
- Rodríguez, D. (1999). Latin American food sources of carotenoids. *Arch. latinoam. nutr*, 49(3,supl.1), 74–84S.
- Rodríguez, L., López, L., & García, M. (2010). Determinación de la Composición Química y Actividad Antioxidante en Distintos Estados de Madurez de Frutas de Consumo Habitual en Colombia, mora (*Rubus glaucus* B.), Maracuyá (*Passiflora edulis* S.), guayaba (*Psidium guajava* L.) y papayuela (*Carica cundinam*. *Alimentos Hoy*, 19(21), 35–42.

- Rojas, D. E., Narváez, E. C., & Restrepo, L. P. (2008). Evaluación del contenido de Vitamina C, fenoles totales y actividad antioxidante en pulpa de guayaba (*Psidium guajava* L.) de las variedades pera, regional roja y regional blanca. *Memorias. Red-Alfa Lagrotech*, 49–59.
- Rojas-Barquera, D., & Narváez-Cuenca, C.-E. (2009). Vitamin C, total phenolic compounds and antioxidant activity in guava (*Psidium guajava* L.) fruits from Colombia. *Química Nova*, 32(9), 2336–2340. doi:10.1590/S0100-40422009000900019
- Römer, S., & Fraser, P. D. (2005). Recent advances in carotenoid biosynthesis, regulation and manipulation. *Planta*, 221(3), 305–308. doi:10.1007/s00425-005-1533-5
- Rufino, M. do S. M., Alves, R. E., de Brito, E. S., Pérez-Jiménez, J., Saura-Calixto, F., & Mancini-Filho, J. (2010). Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. *Food Chemistry*, 121(4), 996–1002. doi:10.1016/j.foodchem.2010.01.037
- Salazar, D. M., Melgarejo, P., Martínez, R., Martínez, J. J., Hernández, F., & Burguera, M. (2006). Phenological stages of the guava tree (*Psidium guajava* L.). *Scientia Horticulturae*, 108(2), 157–161. doi:10.1016/j.scienta.2006.01.022
- Sams, C. E. (1999). Preharvest factors affecting postharvest texture. *Postharvest biology and Technology*, 15(3), 249–254.
- Sierra, M. C. P., Garrido, E., González, H., & Pérez, H. (2010). Estudio comparativo del aporte de fibra alimentaria en cuatro tipos de frutas de consumo común en Venezuela. *Interciencia*, 35(12), 939–944.

- Silverstein, R. M., Webster, F. X., & Kiemle, D. J. (2005). *Spectrometric identification of organic compounds*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, *16*(3), 144–158.
- Smirnoff, N. (1996). Botanical briefing: the function and metabolism of ascorbic acid in plants. *Annals of Botany*, *78*(6), 661–669.
- Soares, F. D., Pereira, T., Maio Marques, M. O., & Monteiro, A. R. (2007). Volatile and non-volatile chemical composition of the white guava fruit (*Psidium guajava*) at different stages of maturity. *Food Chemistry*, *100*(1), 15–21. doi:10.1016/j.foodchem.2005.07.061
- Spence, C., Levitan, C., Shankar, M. U., & Zampini, M. (2010). Does food color influence taste and flavor perception in humans? *Chemosensory Perception*, *3*(1), 68–84.
- Sun, D.-W. (2008). *Modern Techniques for Food Authentication*. Academic Press.
- Tachakittirungrod, S., Okonogi, S., & Chowwanapoonpohn, S. (2007). Study on antioxidant activity of certain plants in Thailand: Mechanism of antioxidant action of guava leaf extract. *Food Chemistry*, *103*(2), 381–388. doi:10.1016/j.foodchem.2006.07.034
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2006). *Fisiología vegetal*. Universitat Jaume I.
- Tirzitis, G., & Bartosz, G. (2010). Determination of antiradical and antioxidant activity: basic principles and new insights. *Acta Biochim Pol*, *57*, 139–42.

- Toivonen, P. M. A., & Brummell, D. A. (2008). Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 48(1), 1–14. doi:10.1016/j.postharvbio.2007.09.004
- Trotter, I. F., Thompson, H. W., & Wokes, F. (1948). The infrared examination of compounds related to ascorbic acid. *Biochemical Journal*, 42(4), 601–602.
- Vallejo, R. (2011). Histopatología, fisiología y calidad postcosecha de frutos de aguacate (*Persea americana* Mill.) cv. “Hass” infectados con el avocado sunblotch viroid (ASBVd) y diagnóstico de la enfermedad. Retrieved from <http://www.biblio.colpos.mx:8080/xmlui/handle/10521/570>
- Valls, J. S. i, Martín, J. J. de C. i, & Prieto, E. B. (1999). *Introducción al análisis sensorial de los alimentos*. Edicions Universitat Barcelona.
- Vargas-Alvarez, D., Soto-Hernández, M., González-Hernández, V. E., Engleman, E. M., & Martínez-Garza, Á. (2006). Cinética de acumulación y distribución de flavonoides en guayaba (“*psidium guajava* l.”). *Agrociencia*, 40(1), 109–115.
- Velioglu, Y. S., Mazza, G., Gao, L., & Oomah, B. D. (1998). Antioxidant Activity and Total Phenolics in Selected Fruits, Vegetables, and Grain Products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(10), 4113–4117. doi:10.1021/jf9801973
- Ventosa, M., Rodríguez, J. L., & Zerqueira, O. L. (2008). Determinación de los principales carotenoides de la guayaba (*Psidium guajava* l.). Retrieved from <http://www.oceandocs.org/handle/1834/4722>

- Vergara, N. (2010). *Obtencion de fibra dietetica antioxidante a partir de mango y su aplicacion en productos de panificacion*. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional. Retrieved from <http://itzamna.bnct.ipn.mx/dspace/handle/123456789/7614>
- Waliszewski, K. N., & Blasco, G. (2010). Propiedades nutraceuticas del licopeno. *salud pública de méxico*, 52(3), 254–265.
- Watada, A.E. (1995). Methods for Determining Quality of fruits and vegetables. *Acta Horticulture*, 379, 559–568.
- Wold, A.-B., Rosenfeld, H. J., Holte, K., Baugerod, H., Blomhoff, R., & Haffner, K. (2004). Colour of post-harvest ripened and vine ripened tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.) as related to total antioxidant capacity and chemical composition. *International Journal of Food Science and Technology*, 39(3), 295–302. doi:10.1111/j.1365-2621.2004.00784.x
- Yam, J. A., Villaseñor Perea, C. A., Romantchik Kriuchkova, E., Soto Escobar, M., & Peña Peralta, M. Á. (2010). Una revisión sobre la importancia del fruto de Guayaba (*Psidium guajava* L.) y sus principales características en la postcosecha. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19(4), 74–82.
- Yamazaki, E., Murakami, K., & Kurita, O. (2005). Easy Preparation of Dietary Fiber with the High Water-Holding Capacity from Food Sources. *Plant Foods for Human Nutrition*, 60(1), 17–23. doi:10.1007/s11130-005-2537-9

SITIOS WEB

FAO, 2013. <http://www.fao.org>. Consulta abril, 2013.

NMX-F-317-S-1978. Determinación de pH en alimentos. Normas mexicanas. Dirección general de normas. <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-317-S-1978.PDF>. Consulta, marzo, 2012

NMX-FF-009-1982. Productos alimenticios no industrializados, para uso humano. Fruta fresca. Determinación del tamaño con base al diámetro ecuatorial. Normas Mexicanas. Dirección general de normas. <http://www.solucionesexpress.com.mx/wordpress/wp-content/uploads/NMX-FF-009-1982-Diametro.pdf>. Consulta, marzo, 2012.

NMX-FF-011-1982. Productos alimenticios no industrializados, para uso humano. Fruta fresca. Determinación de acidez titulable. Método de titulación. <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-FF-011-1982.PDF>. Consulta marzo 2011.

NMX-FF-015-1982. Productos alimenticios no industrializados, para uso humano. Fruta fresca. Determinación de sólidos solubles totales. <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-FF-015-1982.PDF>. Consulta marzo 2011.

NMX-FF-040-SCFI-2002. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano - fruta fresca-guayaba (*Psidium guajava* L.). http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Lists/Instrumentos%20Tcnicos%20Normalizacin%20y%20Marcas%20Colecti/Attachments/92/NMX_GUAYABA.pdf. Consulta, junio, 2012.

NOM-086-SSA1-1994. Bienes y servicios. Alimentos y bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición. Especificaciones nutrimentales.

http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5172062&fecha=22/12/2010. Consulta, junio, 2012.

SAGARPA-SIAP. 2012. SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN. SERVICIO DE INFORMACIÓN AGROALIMENTARIA Y PESQUERA. http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=240. Consulta enero, 2013.

USDA. United States Department of Agriculture. <http://www.usda.gov>. Fecha de consulta: 9 de junio del 2012.

PUBLICACIONES

Congresos Internacionales

Sánchez, T.; Cortés, C.J.; Maldonado, N.E.; Padilla, J.S.; García, P. A.; González, E.; López, R. 2012. Germplasm new pink guava pulp: physicochemical characterization and nutritional. 5th International Congress Food Science & Food Biotechnology In Developing Countries. Nuevo Vallarta, Nayarit, México.

Sánchez, T.; Cortés, C.J.; Padilla, J.S.; García, P. A.; González, E.; López, R. 2013. Análisis nutricional en guayabas de pulpa rosa. III Simposium y I Congreso Internacional en Biotecnología Alimentaria y Ambiental. Morelia, Michoacán, México.

Congresos nacionales

Sánchez, T.; Cortés, C.J.; Padilla, J.S. 2011. Caracterización fisicoquímica y nutricional de tres selecciones de guayaba de pulpa rosa. Foro Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México.

Sánchez, T.; Cortés, C.J.; Padilla, J.S. 2011. Caracterización fisicoquímica y nutricional de selecciones de guayaba de pulpa rosa. 1er Congreso de la Facultad de Quimicofarmacobiología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México.

Sánchez, T.; Cortés, C.J.; Maldonado, N.E.; Padilla, J.S.; García, P. A.; González, E.; López, R. 2012. Caracterización de la capacidad antioxidante y fisicoquímica del germoplasma de guayaba de pulpa rosa. Simposium en Biotecnología Alimentaria y Ambiental. Morelia, Michoacán, México.

Sánchez Rico, Tsanda; Maldonado Sierra, N.E.; Cortés Penagos, Consuelo de Jesús; Padilla Ramírez, José Saúl; García Saucedo, Pedro; López Gómez, Rodolfo; González Gaona, Ernesto. 2012. Contenido de ácido ascórbico en germoplasma de guayaba de pulpa rosa. IX Encuentro. Participación de la mujer en la ciencia, del centro de investigaciones en óptica, A.C. León, Guanajuato, México.

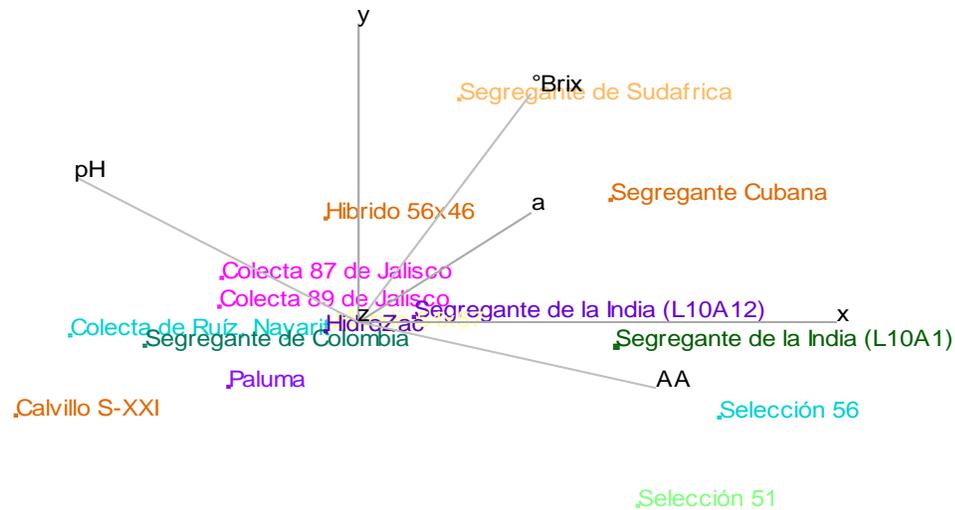
Sánchez, T.; Cortés, C.J.; Padilla, J.S. Caracterización fisicoquímica y capacidad antioxidante del germoplasma de guayaba de pulpa rosa. 3er Foro Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México.

Sánchez, T.; Cortés, C.J.; Maldonado, N.E.; Yahuaca, B.; Padilla, J.S. 2012. Contenido de polifenoles extraíbles y ácido ascórbico en guayaba mexicana. II Simposio Antioxidante y Salud. Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición “Salvador Zubiran”. México D. F., México.

ANEXO 1. RESULTADOS DEL ANALISIS PRELIMINAR.

Genotipos	°Brix	pH	Peso (g)	DE (cm)	DL (cm)	Color fruto				Color pulpa				AA mg/100g
						L	a	b	°Hue	L	a	b	°Hue	
Segregante de la India L10A1	13.53 ±1.4 ^{cd}	3.88 ±0.1 ^d	91.91 ±0.1 ^a	5.56 ±0.5 ^{ab}	5.11 ±0.6 ^{cde}	54.53 ±3.8 ^{bc}	7.01 ±1.9 ^a	24.60 ±1.8 ^{cd}	74.12 ±4 ^c	46.36 ±1.9 ^{ef}	29.06 ±0.7 ^a	16.72 ±1.3 ^e	29.91 ±1.2 ^{cd}	384.83 ±57 ^a
Selección 56	14.37 ±0.7 ^c	3.62 ±0.1 ^e	85.71 ±19.9 ^{ab}	5.53 ±0.3 ^{ab}	5.62 ±0.4 ^{bcd}	52.79 ±6.2 ^{bcd}	5.90 ±1.8 ^{ab}	24.15 ±2.8 ^{cde}	76.25 ±4.1 ^c	43.5 ±1.5 ^{fg}	24.29 ±2.8 ^{bcd}	17.35 ±0.5 ^c	34.13 ±4 ^c	369.59 ±65.9 ^a
Selección 51	11.06 ±0.6 ^e	3.61 ±0 ^c	79.53 ±20.3 ^{abc}	5.75 ±0.3 ^a	5.81 ±0.4 ^{bc}	54.15 ±2.8 ^{bcd}	7.04 ±2 ^a	25.12 ±1.7 ^{bcd}	74.52 ±3.5 ^c	46.95 ±0.5 ^{ef}	22.52 ±1.9 ^{cde}	16.2 ±0.5 ^c	35.8 ±1.53 ^c	355.24 ±28.1 ^a
Seg. de la India L10A12	11.9 ±0.2 ^{de}	4.04 ±0.1 ^{abcd}	108.96 ±13.6 ^a	5.70 ±0.3 ^{ab}	6.0 ±0.6 ^{bc}	57.02 ±1.2 ^{abc}	5.31 ±1 ^{abc}	27.6 ±0.5 ^{abc}	79.13 ±2 ^{abc}	42.84 ±0.5 ^{efg}	29.74 0.1 ^{ab}	17.16 ±0.4 ^e	29.98 ±0.7 ^{cd}	274.06 ±26.5 ^b
Segregante de Sudafrica	20.4 ±0.8 ^a	4.14 ±0.1 ^{ab}	47.8 ±11.5 ^{def}	4.12 ±0.3 ^{de}	4.99 ±0.7 ^{cde}	37.34 ±3.8 ^{fg}	3.23 ±6.3 ^{abc}	15.71 ±1.5 ^f	79.0 ±21.8 ^{abc}	38.84 ±0 ^{fg}	26.47 ±0 ^{abcd}	18.32 ±0 ^{de}	34.69 ±0 ^{cd}	239.74 ±17.9 ^{bc}
Segregante Cubana	19.17 ±0.3 ^{ab}	3.8 ±0 ^{de}	57.81 ±23 ^{bcde}	4.7 ±0.8 ^{cde}	4.96 ±0.4 ^{cde}	43.88 ±7 ^{defg}	4.82 ±2.5 ^{abc}	20.50 ±4.2 ^{def}	77.31 ±4.6 ^{abc}	45.03 ±0 ^{defg}	29.45 ±0 ^{abc}	49.39 ±0 ^a	59.19 ±0 ^b	201.78 ±3.5 ^{bcd}
HidroZac	12.56 ±0.7 ^{cde}	4.0 ±0.1 ^{bcd}	67.82 ±18 ^{bcd}	4.71 ±0.5 ^{cd}	6.16 ±0.7 ^b	55.76 ±2.9 ^{bc}	4.3 ±2.1 ^{abc}	25.43 ±2.6 ^{bcd}	80.31 ±5.1 ^{abc}	44.77 ±1.3 ^{efg}	22.94 ±1.1 ^{cde}	13.63 ±1.3 ^e	30.66 ±1.1 ^{cd}	188.48 ±42.9 ^{cd}
Hibrido 56x46	17.29 ±3.8 ^b	4.06 ±0.1 ^{abc}	58.08 ±14.6 ^{cde}	4.50 ±0.5 ^{de}	5.02 ±0.7 ^{de}	45.42 ±7.2 ^{ef}	1.52 ±1.9 ^c	21.54 ±3.6 ^c	86.11 ±4.9 ^a	55.23 ±1.1 ^{bc}	18.90 ±0.9 ^e	27.97 ±0.8 ^c	55.95 ±1 ^b	164.87 ±27.9 ^{de}
Calvillo S-XXI	11.83 ±0.4 ^{de}	4.17 ±0.1 ^a	57.0 ±9.5 ^{cde}	4.58 ±0.4 ^{cde}	6.14 ±0.7 ^b	63.37 ±5.5 ^a	2.5 ±2.1 ^{bc}	30.18 ±2 ^a	85.42 ±3.7 ^{ab}	71.9 ±2.1 ^a	-0.65 ±1.2 ^f	26.23 ±0.7 ^c	91.38 ±2.6 ^a	162.01 ±10 ^{de}
Hibrido 54x57	13.33 ±0.3 ^{cde}	3.89 ±0 ^{cd}	39.11 ±10.4 ^{ef}	3.99 ±0.4 ^e	4.74 ±0.4 ^c	45.81 ±4.5 ^{cdefg}	4.40 ±1.9 ^{abc}	21.67 ±2.7 ^{cdef}	78.76 ±3.4 ^{abc}	46.56 ±0 ^{cdefg}	23.38 ±0 ^{abcde}	36.32 ±0 ^b	57.23 ±0 ^b	107.54 ±1.7 ^{efg}
Paluma	10.94 ±0.8 ^e	3.94 ±0.2 ^{cd}	97.06 ±23.8 ^a	5.08 ±0.3 ^{bc}	7.14 ±0.8 ^a	57.86 ±3.2 ^{ab}	6.41 ±1.3 ^{ab}	28.68 ±1.9 ^{ab}	77.33 ±3 ^{bc}	57.60 ±2.6 ^b	19.59 ±1 ^{de}	24.98 ±1.7 ^{cd}	51.9 ±3.4 ^b	98.10 ±29.5 ^f
Colecta de Ruíz, Nayarit	8.56 ±0.2 ^f	4.19 ±0.1 ^a	56.1 ±9.6 ^{cde}	4.5 ±0.3 ^{cde}	5.03 ±0.3 ^{cde}	53.68 ±4.6 ^{bcd}	6.98 ±2.1 ^{abc}	24.93 ±2.2 ^{bcd}	80.33 ±4.5 ^{abc}	49.85 ±1.1 ^{cde}	26.1 ±0.1 ^{abc}	18.99 ±0.8 ^e	36.1 ±1.2 ^c	59.85 ±3.6 ^{fgh}
Colecta 87 de Jalisco	12.22 ±0.5 ^{de}	4.05 ±0.1 ^{abc}	63.44±1 0.5 ^{cd}	4.65 ±0.3 ^{cd}	5.59 ±0.4 ^{bcd}	51.29 ±3.4 ^{bcde}	4.99 ±1.9 ^{ab}	24.47 ±2.5 ^{cde}	78.61 ±3.9 ^{abc}	42.29 ±0.4 ^{fg}	27.91 ±1.4 ^{abc}	14.76 ±0.2 ^e	27.9 ±1 ^d	56.56 ±10.8 ^{fgh}
Colecta 89 de Jalisco	11.29 ±1.1 ^c	4.02 ±0.1 ^{bc}	65.23 ±14.8 ^{cd}	4.88 ±0.4 ^c	5.32 ±0.4 ^{cde}	55.74 ±4.3 ^{bc}	5.64 ±3.5 ^a	25.79 ±2.3 ^{bc}	78.12 ±7.1 ^c	40.78 ±3.2 ^g	28.01 ±2.4 ^a	14.93 ±2.8 ^e	27.85 ±2.4 ^d	51.02 ±14.3 ^{gh}
Segregante de Colombia	11.17 ±1.4 ^e	3.99 ±0.1 ^{bcd}	24.2 ±6 ^f	3.315 ±0.4 ^f	5.26 ±0.7 ^{cde}	36.23 ±8.5 ^g	3.98 ±3.4 ^{abc}	17.38 ±4.2 ^f	78.40 ±7.7 ^{abc}	53.91 ±2.16 ^{bcd}	20.37 ±1 ^{de}	24.82 ±1.2 ^{cd}	50.6 ±2.7 ^b	14.12 ±11.6 ^h

En el análisis preliminar se estudiaron trece genotipos y dos variedades para seleccionar el material al cual se le evaluaría la Capacidad Antioxidante y mayor aporte nutricional. El Análisis



superior al control. 3.- Variedad HidroZac se la única variedad de pulpa rosa registrada ante el SNICS, su AA mostró superior al control, además de ofrecer otras ventajas competitivas. 4.- Colecta 87 de Jalisco, se tiene interés en conocer su capacidad antioxidante a pesar de su concentración de AA muy por debajo del resto de los genotipos, además el fruto es muy homogéneo y con altos rendimientos.

El germoplasma Segregante Cubana fue cambiado por Segregante de Sudáfrica debido que en el siguiente ciclo de producción de no se obtuvo material para el análisis. El genotipo Segregante Sudáfrica presentó características fisicoquímicas estadísticamente semejantes ($P < 0.05$).

ANEXO 2. DISPOSICIÓN SOBRE LA CLASIFICACION POR CALIBRES ESTABLECIDO POR EL CODEX ALIMENTARIUS

Código de Calibre	Peso (en gramos)	Diámetro (en milímetros)
1	> 450	> 100
2	351 - 450	96 – 100
3	251 - 350	86 – 95
4	201 - 250	76 – 85
5	151 - 200	66 – 75
6	101 - 150	54 – 65
7	61 - 100	43 – 53
8	35 - 60	30 – 42
9	< 35	< 30

ANEXO 3. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN

	Peso	DE	DL	Firmeza	L (e)	°Hue (e)	Ch (e)	L (p)	°Hue (p)	Ch (p)	°Brix	pH	%AT	IM	AA	PE
Peso	1	0.948	-0.196	0.618	-0.759	0.443	-0.893	-0.284	-0.373	-0.310	0.939	-0.547	0.628	0.536	0.478	0.76
DE	0.948*	1	0.004	0.817	-0.614	0.701	-0.858	-0.151	-0.232	-0.523	0.917	-0.444	0.729	0.310	0.234	0.537
DL	-0.196	0.004	1	0.271	0.591	0.347	0.402	0.283	0.369	-0.762	-0.390	-0.284	-0.383	-0.065	-0.900	-0.587
Firmeza	0.618	0.817	0.271	1	-0.108	0.957	-0.500	0.357	0.294	-0.795	0.641	-0.005	0.735	-0.212	-0.113	0.143
L (e)	-0.759	-0.614	0.591	-0.108	1	-0.023	0.913	0.751	0.827	-0.329	-0.816	0.475	-0.533	-0.544	-0.653	-0.674
°Hue (e)	0.443	0.701	0.347	0.9571*	-0.023	1	-0.423	0.315	0.271	-0.759	0.521	0.098	0.726	-0.399	-0.303	-0.116
Ch (e)	-0.893*	-0.858	0.402	-0.500	0.913	-0.423	1	0.522	0.613	0.027	-0.965	0.397	-0.777	-0.355	-0.499	-0.608
L (p)	-0.284	-0.151	0.283	0.357	0.751	0.315	0.522	1	0.992	-0.503	-0.290	0.613	-0.005	-0.567	-0.210	-0.181
°Hue (p)	-0.373	-0.232	0.369	0.294	0.827	0.271	0.613	0.9919***	1	-0.507	-0.396	0.593	-0.108	-0.573	-0.311	-0.278
Ch (p)	-0.310	-0.523	-0.762	-0.795	-0.329	-0.759	0.027	-0.503	-0.507	1	-0.164	0.192	-0.175	0.092	0.528	0.138
°Brix	0.939*	0.917*	-0.390	0.641	-0.816	0.521	-0.9645*	-0.290	-0.396	-0.164	1	-0.295	0.839	0.290	0.546	0.689
pH	-0.547	-0.444	-0.284	-0.005	0.475	0.098	0.397	0.613	0.593	0.192	-0.295	1	0.212	-0.891	0.015	-0.347
%AT	0.628	0.729	-0.383	0.735	-0.533	0.726	-0.777	-0.005	-0.108	-0.175	0.839	0.212	1	-0.276	0.354	0.325
IM	0.536	0.310	-0.065	-0.212	-0.544	-0.399	-0.355	-0.567	-0.573	0.092	0.290	-0.8906*	-0.276	1	0.367	0.639
AA	0.478	0.234	-0.899*	-0.113	-0.653	-0.303	-0.499	-0.210	-0.311	0.528	0.546	0.015	0.354	0.367	1	0.876
PE	0.760	0.537	-0.587	0.143	-0.674	-0.116	-0.608	-0.181	-0.278	0.138	0.689	-0.347	0.325	0.639	0.876	1
Carot.	-0.004	-0.208	0.168	-0.595	-0.126	-0.686	0.156	-0.498	-0.438	0.215	-0.272	-0.758	-0.741	0.834	0.013	0.192
Licopeno	0.425	0.148	-0.475	-0.446	-0.745	-0.579	-0.448	-0.784	-0.805	0.538	0.321	-0.669	-0.148	0.869	0.606	0.649
DPPH-	0.076	0.005	-0.622	-0.300	-0.673	-0.181	-0.496	-0.772	-0.797	0.714	0.300	0.009	0.343	0.008	0.341	0.044
ABTS+	0.871	0.813	-0.359	0.388	-0.946*	0.318	-0.983**	-0.655	-0.730	0.025	0.9096*	-0.530	0.657	0.474	0.460	0.586
FDT	-0.525	-0.301	0.6613*	0.270	0.926	0.351	0.693	0.851	0.901	-0.598	-0.552	0.492	-0.217	-0.650	-0.687	-0.633
FS	0.124	0.366	0.544	0.454	-0.075	0.644	-0.286	-0.279	-0.243	-0.448	0.173	-0.234	0.299	-0.217	-0.666	-0.537
FI	-0.559	-0.430	0.445	0.096	0.9329*	0.105	0.783	0.9344*	0.9705**	-0.418	-0.604	0.567	-0.323	-0.555	-0.425	-0.420
CAA 250 µ	-0.439	-0.459	-0.648	-0.413	-0.113	-0.256	0.036	-0.191	-0.206	0.764	-0.130	0.656	0.209	-0.531	0.253	-0.233
CAA 500 µ	0.480	0.267	-0.636	-0.299	-0.915	-0.357	-0.675	-0.8889*	-0.9319*	0.617	0.516	-0.490	0.198	0.624	0.633	0.564
CAA 1 mm	0.401	0.233	-0.567	-0.294	-0.888	-0.293	-0.664	-0.9436*	-0.974**	0.615	0.471	-0.456	0.219	0.515	0.493	0.394
CAAc 250 µ	0.146	0.362	0.584	0.781	0.502	0.738	0.13	0.797	0.783	-0.912*	0.076	0.192	0.24	-0.366	-0.403	-0.140
CAAc 500 µ	0.005	0.099	-0.164	0.496	0.350	0.427	0.113	0.855	0.787	-0.302	0.124	0.727	0.438	-0.597	0.197	0.124
CAAc 1 mm	-0.246	-0.500	-0.828	-0.757	-0.280	-0.798	0.068	-0.317	-0.339	0.9522*	-0.137	0.235	-0.188	0.148	0.685	0.328
DTC	-0.039	0.108	-0.400	0.407	-0.007	0.506	-0.199	0.341	0.274	0.057	0.277	0.802	0.740	-0.803	0.157	-0.128

*Significancia al 5% (P<0.05).

**Significancia al 1% (P<0.05).

***Significancia menor al 1% (P<0.05).

ANÁLISIS DE CORRELACIÓN (continuación)

	Carot.	Licopeno	DPPH·	ABTS·+	FDT	FS	FI	CAA 250 µ	CAA 500 µ	CAA 1 mm	CAAc 250 µ	CAAc 500 µ	CAAc 1 mm	DTC
Peso	-0.004	0.425	0.076	0.871	-0.525	0.124	-0.559	-0.439	0.48	0.401	0.146	0.005	-0.246	-0.039
DE	-0.208	0.148	0.005	0.813	-0.301	0.366	-0.43	-0.459	0.267	0.233	0.362	0.099	-0.5	0.108
DL	0.168	-0.475	-0.622	-0.359	0.661	0.544	0.445	-0.648	-0.636	-0.567	0.584	-0.164	-0.828	-0.4
Firmeza	-0.595	-0.446	-0.3	0.388	0.27	0.454	0.096	-0.413	-0.299	-0.294	0.781	0.496	-0.757	0.407
L (e)	-0.126	-0.745	-0.673	-0.946	0.926	-0.075	0.933	-0.113	-0.915	-0.888	0.502	0.35	-0.28	-0.007
°Hue (e)	-0.686	-0.579	-0.181	0.318	0.351	0.644	0.105	-0.256	-0.357	-0.293	0.738	0.427	-0.798	0.506
Ch (e)	0.156	-0.448	-0.496	-0.983	0.693	-0.286	0.783	0.036	-0.675	-0.664	0.13	0.113	0.068	-0.199
L (p)	-0.498	-0.784	-0.772	-0.655	0.851	-0.279	0.934	-0.191	-0.889	-0.944	0.797	0.855	-0.317	0.341
°Hue (p)	-0.438	-0.805	-0.797	-0.73	0.901	-0.243	0.971	-0.206	-0.932	-0.974	0.783	0.787	-0.339	0.274
Ch (p)	0.215	0.538	0.714	0.025	-0.598	-0.448	-0.418	0.764	0.617	0.615	-0.912	-0.302	0.952	0.057
°Brix	-0.272	0.321	0.3	0.91	-0.552	0.173	-0.604	-0.13	0.516	0.471	0.076	0.124	-0.137	0.277
pH	-0.758	-0.669	0.009	-0.53	0.492	-0.234	0.567	0.656	-0.49	-0.456	0.192	0.727	0.235	0.802
%AT	-0.741	-0.148	0.343	0.657	-0.217	0.299	-0.323	0.209	0.198	0.219	0.24	0.438	-0.188	0.74
IM	0.834	0.869	0.008	0.474	-0.65	-0.217	-0.555	-0.531	0.624	0.515	-0.366	-0.597	0.148	-0.803
AA	0.013	0.606	0.341	0.46	-0.687	-0.666	-0.425	0.253	0.633	0.493	-0.403	0.197	0.685	0.157
PE	0.192	0.649	0.044	0.586	-0.633	-0.537	-0.42	-0.233	0.564	0.394	-0.14	0.124	0.328	-0.128
Carot.	1	0.71	-0.071	0.006	-0.382	-0.221	-0.292	-0.414	0.386	0.325	-0.472	-0.758	0.218	-0.962
Licopeno	0.71	1	0.451	0.563	-0.911	-0.3	-0.779	-0.045	0.899	0.818	-0.742	-0.637	0.543	-0.55
DPPH·	-0.071	0.451	1	0.538	-0.724	0.214	-0.786	0.733	0.766	0.858	-0.783	-0.432	0.521	0.293
ABTS·+	0.006	0.563	0.538	1	-0.769	0.315	-0.868	-0.07	0.759	0.754	-0.241	-0.29	-0.042	0.048
FDT	-0.382	-0.9106*	-0.724	-0.769	1	0.127	0.93	-0.215	-0.996	-0.958	0.764	0.527	-0.549	0.189
FS	-0.221	-0.3	0.214	0.315	0.127	1	-0.246	-0.099	-0.07	0.102	0.205	-0.336	-0.695	0.113
FI	-0.292	-0.779	-0.786	-0.868	0.93	-0.246	1	-0.173	-0.948	-0.973	0.671	0.639	-0.279	0.143
CAA 250 µ	-0.414	-0.045	0.733	-0.07	-0.215	-0.099	-0.173	1	0.251	0.334	-0.559	0.078	0.654	0.629
CAA 500 µ	0.386	0.898*	0.766	0.759	-0.9***	-0.07	-0.947*	0.251	1	0.978	-0.797	-0.577	0.543	-0.189
CAA 1 mm	0.325	0.818	0.858	0.754	-0.958	0.102	-0.97**	0.334	0.978**	1	-0.817	-0.645	0.481	-0.127
CAAc 250 µ	-0.472	-0.742	-0.783	-0.241	0.764	0.205	0.671	-0.559	-0.797	-0.817	1	0.653	-0.797	0.22
CAAc 500 µ	-0.758	-0.637	-0.432	-0.29	0.527	-0.336	0.639	0.078	-0.577	-0.645	0.653	1	-0.108	0.679
CAAc 1 mm	0.218	0.543	0.521	-0.042	-0.549	-0.695	-0.279	0.654	0.543	0.481	-0.797	-0.108	1	0.039
DTC	-0.961*	-0.55	0.293	0.048	0.189	0.113	0.143	0.629	-0.189	-0.127	0.22	0.679	0.039	1

*Significancia al 5% (P<0.05).

**Significancia al 1% (P<0.05).

***Significancia menor al 1% (P<0.05)

ANEXO 4. CURVAS DE CALIBRACION

	Patrón de referencia	Curva de Calibración	r²
Polifenoles Extraíbles	Ácido Gálico	$y=28.403x-0.0383$	0.9915
DPPH	Trolox	$y=-0.1793x+1.0828$	0.9906
ABTS	Trolox	$y=-0.0706x+0.6763$	0.9805

ANEXO 5. CUESTIONARIO UTILIZADO EN LA EVALUACIÓN SENSORIAL

FECHA: _____

Sexo: Masculino () Femenino () Edad: _____

No. de muestra: _____

Instrucciones: Favor de colocarse los lentes, degustar la muestra y marcar con una X en la escala correspondiente el nivel de agrado. Utiliza la primera porción para evaluar **SABOR** y **TEXTURA** y la segunda porción para evaluar el **COLOR**.

SABOR:

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
No gusta			Gusta poco					Gusta mucho		

TEXTURA:

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
No gusta			Gusta poco					Gusta mucho		

Favor de quitarse los lentes y marcar con una X el nivel de agrado del **COLOR** de la **pulpa**.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
No gusta			Gusta poco					Gusta mucho		

Comentarios:

ANEXO 6. COMENTARIOS DE PANELISTAS

Tabla 21. Comentarios sobre descriptores de Sabor.

SABOR									
Genotipo	Poco ácido	Ácido	Muy ácido	Poco dulce	Dulce	Inspido	Amargo	Agrio	Sobremaduro
Calvillo	11	9	6	0	18	6	4	2	0
HidroZac	33	0	16	6	0	10	6	6	0
Colecta 87	0	9	0	4	21	10	2	4	6
Seg.India	0	9	8	0	16	5	8	2	4
Seg.Sudáfrica	17	0	6	0	5	12	9	6	4

Tabla 22. Comentarios sobre descriptores de Textura.

TEXTURA						
Genotipo	Arenosa	Blanda	Suave	Cremosa	Dura	Muchas semillas
Calvillo	4	8	14	6	6	4
HidroZac	5	3	2	0	3	3
Colecta 87	1	4	16	7	0	3
Seg.India	2	2	9	0	0	3
Seg.Sudáfrica	4	4	8	2	7	0

Tabla 23. Comentarios sobre descriptores Color.

COLOR				
Genotipo	Poco usual	Llamativo	Falto de color	Intenso
Calvillo	0	1	11	2
HidroZac	4	5	0	0
Colecta 87	3	2	0	0
Seg.India	5	2	0	4
Seg.Sudáfrica	1	6	0	0