



UNIVERSIDAD MICHOCANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE QUÍMICO FARMACOBIOLOGÍA

LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA

“M.C. VÍCTOR MANUEL RODRIGUEZ”

**“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE 16 GERMOPLASMAS DE GUAYABA
(*Psidium guajava* L.)”**

TESIS

**PARA OBTENER EL GRADO DE LICENCIATURA EN QUÍMICO
FARMACOBIOLOGÍA**

PRESENTA

P.Q.F.B. VERONICA BEDOLLA GUTIERREZ

ASESOR DE TESIS

D.C. CONSUELO DE JESÚS CORTÉS PENAGOS

CO-ASESOR

Q.F.B. MARÍA DE JESÚS JUÁREZ AYALA



Morelia Michoacán.

Junio 2022.

Contenido

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
1. INTRODUCCIÓN	3
2. ESTADO DEL ARTE	4
2.1 Importancia de la conservación y caracterización de germoplasmas	4
2.2 Características morfológicas, taxonómicas y distribución	5
2.2.1 Origen y distribución de <i>Psidium guajava</i> L.	5
2.2.2 Clasificación taxonómica de <i>Psidium guajava</i> L.	6
2.2.3. Descripción botánica de <i>Psidium guajava</i> L.	6
2.3. Maduración de los frutos de guayabo (<i>Psidium guajava</i> L.).....	7
2.4. Propiedades nutrimentales de la guayaba.....	8
2.5. Principales variedades y zonas productoras en México	11
3. JUSTIFICACIÓN	12
4. HIPÓTESIS	13
5. OBJETIVOS	13
5.1 Objetivo general	13
5.1.1 Objetivos específicos.	13
6. MATERIALES Y MÉTODOS.	14
6.1. Material biológico	14
6.2. Ubicación geográfica	17
6.3 Clasificación de los frutos de cada germoplasma con base en la normatividad aplicable	18
6.4 Caracterización fisicoquímica del material de estudio	19
6.4.1 Humedad	19
6.4.2 Cenizas	19

6.4.3 Fibra	20
6.4.4 Peso	21
6.4.5 Diámetro	21
6.4.6 Firmeza.....	21
6.4.7 Color	22
6.4.8 Sólidos solubles totales (SST)	22
6.4.9 Potencial de hidrogeno (pH).....	22
6.4.10 Acidez titulable	23
6.4.11 Clorofila (a y b).....	23
6.5 Determinación de la concentración de compuestos antioxidantes y la actividad antioxidante de frutos de guayaba de los 16 germoplasmas	24
6.5.1 Determinación de Vitamina C.....	24
6.5.2 Cuantificación de Polifenoles totales.....	25
6.5.3 Actividad antioxidante de guayaba de los distintos germoplasmas	25
6.5.4 Extracción de compuestos (solución madre)	25
6.5.5 Determinación de la actividad antioxidante por ABTS	26
6.5.6 Determinación de la Actividad Antioxidante por DPPH	26
6.6 Diseño experimental y análisis estadístico	27
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
7.1 Clasificación de los frutos de guayaba de los 16 germoplasmas	29
7.2 Caracterización física de la guayaba correspondiente a los germoplasmas analizados.....	33
7.2.1 Determinación de los parámetros físicos de calidad de los frutos de guayaba	33
7.3 Evaluación de los parámetros químicos de los germoplasmas de guayaba analizados.....	39

7.3.1 Determinación de pH, acidez titulable, SST, índice de madurez y clorofila de guayaba	39
7.3.2 Determinación de humedad, cenizas y fibra de guayaba	47
7.4 Determinación de la actividad antioxidante de los frutos de guayaba de los germoplasmas analizados (vitamina C, polifenoles, ABTS Y DPPH).....	51
7.4.1 Concentración de Vitamina C en guayaba.....	53
7.4.2 Determinación de Polifenoles totales en frutos de guayaba	54
7.4.3 Cuantificación de la actividad antioxidante de guayaba por ABTS	56
7.4.4 Cuantificación de la actividad antioxidante de guayaba por DPPH.....	57
7.5 Comparaciones entre los germoplasmas	59
8. CONCLUSIONES	61
9. PERSPECTIVAS	62
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63

RESUMEN

En la actualidad, el desarrollo de enfermedades crónico-degenerativas en la población humana ha ido en aumento, entre las que destacan son cáncer, diabetes, enfermedades cardiovasculares, insuficiencia renal, esto, debido en parte a una alimentación deficiente. La guayaba además de su bajo costo y fácil acceso provee vitaminas A, B y C, minerales como calcio, fósforo y hierro, también aporta una alta concentración de agentes antioxidantes, destacando el ácido ascórbico, polifenoles, carotenoides, necesarios para neutralizar especies reactivas de oxígeno (ROS), evitando el daño a moléculas complejas como el ADN y las proteínas, de este modo disminuyen la incidencia de estos padecimientos a la salud humana. El objetivo de este trabajo fue evaluar los parámetros fisicoquímicos y capacidad antioxidante de 16 germoplasmas de fruto guayabo (*Psidium guajava* L.) procedentes del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), con códigos de identificación: L-1, A-4; L-1, A-8; L-1, A-9; L-1, A-13; L-3, A-3; L-4, A-21; L-5, A-1; L-5, A-4; L-6, A-5; L-7, A-11; L-10, A-7; L-11, A-17; L-12, A-3; L-13, A-2; L-13, A-10; L-15, A-8. Con la mayor firmeza, sobresalió el lote L-6, A-5; en sólidos solubles totales L-13, A-10; los lotes sobresalientes en ácidos orgánicos no volátiles L-1, A-13 y L-11, A-17; L-1, A-9 con la mayor concentración de pigmentos, L-3, A-3 con el valor más alto en ácido ascórbico, respecto a la evaluación de la capacidad antioxidante ABTS y DPPH se obtuvo un porcentaje de inhibición de 66 al 98 %, en humedad el lote sobresaliente fue L-1, A-13; L-7, A-11 obtuvo el mayor contenido de cenizas, y, por último el lote L-1, A-9 con el más alto contenido de fibra. Derivado de lo anterior se observó que los germoplasmas presentan una mayor actividad antioxidante con respecto a las variedades comerciales de *Psidium guajava* L.

Palabras clave: Germoplasma, calidad, antioxidantes, propiedades nutraceuticas, biodiversidad.

ABSTRACT

At present, the development of chronic degenerative diseases in the human population has been increasing. Among those that stand out are cancer, diabetes, cardiovascular diseases, kidney failure; this could be partly attributed to poor diet. Guava, in addition to its low cost and easy access, provides vitamins A, B and C, and minerals such as calcium, phosphorus, and iron. It also provides a high concentration of antioxidant agents, highlighting ascorbic acid, polyphenols, carotenoids, which are needed to neutralize reactive oxygen species (ROS), and to avoid damage to complex molecules (DNA, proteins), and, in this way, decreasing the incidence of these diseases to human health. The objective of this work was to evaluate the physicochemical parameters and antioxidant capacity of 16 germplasms of guava fruit (*Psidium guajava* L.) from INIFAP, with identification codes: L-1, A-4; L-1, A-8; L-1, A-9; L-1, A-13; L-3, A-3; L-4, A-21; L-5, A-1; L-5, A-4; L-6, A-5; L-7, A-11; L-10, A-7; L-11, A-17; L-12, A-3; L-13, A-2; L-13, A-10; L-15, A-8. Most firmly, batch L-6, and A-5 stand out; in total soluble solids, batches L-13, and A-10; outstanding batches for non-volatile organic acids are: L-1, A-13, and L-11; A-17; L-1, and A-9 present the highest concentration of pigments, L-3, A-3 with the highest value in ascorbic acid. Regarding the evaluation of the antioxidant capacity ABTS and DPPH, an inhibition percentage of 66 to 98% was obtained. In humidity the outstanding batches were L-1, A-13; L-7; A-11 had the highest ash content, and, lastly, batch L-1, A-9 with the highest fiber content. Derived from the above, it was observed that the germplasms present a higher antioxidant activity compared to commercial varieties of *Psidium guajava* L.

Key words: Germplasm, quality, antioxidants, nutraceutical properties, biodiversity.

1. INTRODUCCIÓN

El fruto tropical guayabo (*Psidium guajava* L.) es reconocido mundialmente por su gran aporte en ácido ascórbico (vitamina C) y compuestos con actividad antioxidante (Borja, García, Cuevas, Arellano, & Almeraya, 2019), su mayor consumo es en fresco; sin embargo, también es destinado como materia prima dentro de la industria alimentaria, en la producción de mermeladas, ates, cremas, jaleas entre otros (Medina & Pagano, 2003).

Al año, México produce aproximadamente 300 mil toneladas de guayaba, en donde la mayor participación la tienen los estados de Michoacán, Aguascalientes y Zacatecas con el 37, 35 y 21 % respectivamente, y la menor producción está a cargo de los estados de México, Querétaro y Jalisco (7 %) (Yam, y otros, 2010).

La guayaba provee desde el punto de vista nutricional vitaminas A, B y C, además de minerales como calcio, fósforo, hierro, entre otros (Medina & Pagano, 2003). También aporta una alta concentración de agentes antioxidantes destacando el ácido ascórbico, polifenoles, carotenoides, necesarios para neutralizar especies reactivas de oxígeno (ROS), evitando el daño a moléculas complejas (ADN, proteínas, etc.) en el cuerpo humano, disminuyendo el riesgo de desarrollar enfermedades crónico degenerativas como cáncer, diabetes, enfermedades cardiovasculares, insuficiencia renal aguda y crónica (Palomino, Guija, & Lozano, 2009).

La evaluación de parámetros fisicoquímicos, bromatológicos y agentes antioxidantes en los frutos son de especial interés en la industria, la producción, comercialización y preservación de variedades frutícolas con las mejores características físicas y nutrimentales, así como para el mejoramiento fitogenético a beneficio de la salud de la población (Córdova, y otros, 2015).

2. ESTADO DEL ARTE

El estado del arte se desarrollará abordando la información existente en la literatura que fundamenta la hipótesis del presente trabajo de investigación, se establecen temas referentes a la importancia de los germoplasmas, así como las características fisicoquímicas y nutrimentales del fruto de guayaba.

2.1 Importancia de la conservación y caracterización de germoplasmas

Se considera germoplasma a toda parte de un ser vivo que tiene la capacidad para regenerar un nuevo ser (Gámez Pastrana , 2010), es por esa razón que la investigación para su conservación es de gran importancia, concentrando a estos materiales de estudio (semillas, tallos o planta) en bancos de germoplasmas que tiene la función de preservar la diversidad genética de las especies (Rossi, 2017).

Actualmente la conservación de especies vegetales ha tenido mayor relevancia debido a la perdida acelerada de plantas de las que depende la alimentación, la economía, la sociedad, entre otros factores a causa del rápido crecimiento poblacional, pérdida de ecosistemas, cambio climático, entre otros (Iriondo , 2001).

La importancia de prevenir la erosión genética radica en coleccionar, conservar y conocer la mayor cantidad posible de características destacadas de las especies vegetales y así contribuir a la sostenibilidad, productividad y estabilidad del sector agrícola del cual depende de forma directa la población mundial (Lobo Arias & Medina Cano , 2009).

La caracterización de las especies vegetales por medio de parámetros morfológicos, fisicoquímicos y genéticos permite identificar progenitores potenciales para contribuir a un mejoramiento genético favorable y aprovechar el mayor rendimiento de la planta (Hernández Delgado, Padilla Ramírez , & Mayek Pérez , 2017).

La diversidad entre *Psidium guajava* L. se ha reportado en diferentes países, siendo la característica morfológica la más notable, en donde la guayaba mexicana es más

reconocida por sus altos contenidos de vitamina C y sólidos solubles totales, que por su tamaño (Hernández Delgado, Padilla Ramírez , & Mayek Pérez , 2017).

Los altos contenidos de compuestos antioxidantes en los frutos de guayabo (*Psidium guajava* L.) como la vitamina C, polifenoles y carotenoides han generado interés por la población gracias a sus efectos positivos contra diferentes enfermedades crónico-degenerativas, lo cual resalta la importancia de caracterizar e identificar aquellos germoplasmas con valores elevados de sustancias antioxidantes (Espinal Ruíz , 2010).

2.2 Características morfológicas, taxonómicas y distribución

A continuación, se describen las características morfológicas, taxonómicas y distribución del fruto de guayaba, destacando su clasificación taxonómica y descripción botánica.

2.2.1 Origen y distribución de *Psidium guajava* L.

El nombre científico de la guayaba (*Psidium guajava* L.) proviene del latín *Psidion* el cual significa “granada” debido a la apariencia de sus frutos, y *guajava* que proviene de su nombre vernáculo en taino.

El origen del fruto guayaba es incierto (Anónimo, eumed.net, s.f.); sin embargo, se sabe que se ha distribuido desde el sur de México hasta América Central. Se han encontrado registros de plantaciones pequeñas que datan del año 1980 en la República Mexicana, expandiéndose a entidades como Michoacán y Aguascalientes. Dentro del estado de Michoacán, Jungapeo es el primer productor, seguido de Benito Juárez y en un tercer lugar se encuentra el municipio de Zitácuaro. Los españoles y portugueses participaron en su propagación por los trópicos. En parte, su distribución se debe también a la participación de aves y otros animales silvestres (García, 2006). A nivel mundial, los principales países productores de guayaba en el mundo son Brasil, India y Pakistán aportando el 55 % de la producción anual, México y Egipto con el 26 % y, por último, Colombia y Malasia con el 19 % (Camacho & Granados, 2018).

2.2.2 Clasificación taxonómica de *Psidium guajava* L.

En la **tabla 1** se muestra la clasificación taxonómica de los frutos de guayabo (*Psidium guajava* L.).

Tabla 1. Clasificación taxonómica de *Psidium guajava* L.

Reino	Vegetal
Subreino	Fanerógamas
Clase	Angiospermas
Subclase	Dicotiledonea
Subdivisión	<i>Lignosae</i>
Orden	<i>Myrtales</i>
Familia	Myrtaceae
Género	<i>Psidium</i>
Especie	<i>guajava</i> L.

(Gonzáles, Padilla, Reyes, Perales, & Esquivel, 2002).

2.2.3. Descripción botánica de *Psidium guajava* L.

Desde la perspectiva de (Gonzáles, Padilla, Reyes, Perales, & Esquivel, 2002), el guayabo es un matorral que puede conseguir una altura de 10 metros con base en las condiciones climáticas en las que se encuentra, presenta un tronco corto y su crecimiento es simétrico.

Árbol. Éste ofrece una fácil distinción debido a que su tronco es suave y fino, con un color café rojizo en la corteza (Torres, 2010). Al inicio de su desarrollo las ramas jóvenes poseen alas angostas en los cuatro lados, para posteriormente transformarse en tetragonos obteniendo un color verde amarillento a rojizo (Gonzáles, Padilla, Reyes, Perales, & Esquivel, 2002).

Fruto. Baya redonda oval o aperada, con un peso promedio de 20 a 500 gramos (Torres, 2010), tanto la pulpa como la corteza presentan colores que van desde

rosados hasta verdes amarillentos, su sabor está comprendido desde ácido hasta dulce con olor agradable (Gélvez, 2000).

2.3. Maduración de los frutos de guayabo (*Psidium guajava* L.)

Uno de los principales puntos tomados en consideración en la exportación de frutos, obtención de materias primas para la industria alimentaria, o la comercialización en fresco de éstos para el consumo humano es el índice de madurez (Parra, 2014). Es importante destacar que durante el proceso de maduración los frutos sufren cambios fisiológicos y bioquímicos, entre los cuales destacan el cambio de tamaño, color, aroma, textura, producción de etileno, concentración de fibra y azúcares, capacidad antioxidante, ácidos orgánicos, entre otros (DECCO, 2018).

De acuerdo con diversos autores (Asenjo, Morales, Sainz, & Tapia, 2015), el aumento en la concentración de etileno favorece la síntesis de poligalacturonasas, responsables de los cambios sobre la firmeza del fruto. También ocurre la degradación del almidón en azúcares simples como la glucosa, sacarosa y fructosa, provocando un aumento en el dulzor. Disminuye la cantidad de clorofila (color verde) y aumentan los carotenoides (amarillo-anaranjado). Conforme avanza el estado de maduración se incrementa la concentración de compuestos con actividad antioxidante (Rosas, 2011).

Con respecto a 4 variedades de guayaba que se cultivan en Colombia (Regional Roja, Regional Blanca, Pera y Manzana) se tiene que, respecto a su estado maduro, adquieren las siguientes características en el orden descritas: corteza amarilla y pulpa rosada, corteza amarilla y pulpa amarilla, corteza amarilla y pulpa roja, y, por último, corteza verde y pulpa blanca (Rojas Barquera D., 2009).

Los cambios de coloración observados durante la maduración de las guayabas, expresadas como ángulo Hue° son un indicativo de la madurez del fruto, partiendo de este punto (Suárez, Pérez de Camacaro, & Giménez, 2009), determinaron que la guayaba tipo “criolla roja” a diferencia de otras, tiene la característica de retrasar su proceso de maduración en condiciones de refrigeración lo que a la par se observa en la disminución de cambio de coloración.

De acuerdo a los resultados obtenidos por (Yam, y otros, 2010), en una comparación realizada entre las variedades de Guayaba “Calvillo” y “Criolla” para evaluar la vida de anaquel en relación con la posición de almacenamiento (Horizontal y Vertical) ejerciendo presión durante 4 días para simular el peso en la caja, determinaron que hay una diferencia en la pérdida de peso de aproximadamente el 10% cuando el almacenamiento es en posición vertical, lo cual nos permite dilucidar que durante el periodo de vida de anaquel, la posición de pedúnculo afecta en la pérdida de masa y así mismo en la pérdida de calidad del producto.

2.4. Propiedades nutrimentales de la guayaba

Un consumo apropiado de frutas es importante debido a que aportan al organismo humano una fracción de nutrimentos necesarios para un correcto desarrollo y control, es decir, se obtienen carbohidratos, fibra, minerales, vitaminas y antioxidantes, además de un aporte energético, manteniendo un adecuado funcionamiento fisiológico. El aporte nutrimental que se brinda depende del tipo de fruto y de su estado de madurez durante su consumo. La guayaba aporta al cuerpo humano concentraciones valiosas de nutrientes. Este fruto puede ser consumido en fresco o procesado (jugos, néctares, mermeladas, entre otros) (Torres, 2010). En la **tabla 2** se presenta la composición nutrimental de *Psidium guajava* L.; sin embargo, los datos pueden variar debido a la gran variabilidad de este fruto. (Gonzáles, Padilla, Reyes, Perales, & Esquivel, 2002).

Tabla 2. Valor nutrimental del fruto de guayaba (*Psidium guajava* L.) por cada 100 gramos.

Composición	Cantidad
Agua	80.2 g
Proteínas	2.55 g
Lípidos	0.95 g
Hidratos de carbono	14.3 g
Fibra	5.4 g
Calcio	18 mg
Hierro	0.26 g
Magnesio	22 mg
Fósforo	40 mg
Potasio	4.17 mg
Sodio	2 mg
Zinc	0.23 mg
Cobre	0.23 mg
Vitamina C	228.3 mg
Vitamina B1	0.067 mg
Vitamina B2	0.04 mg
Vitamina B6	0.11 mg
Vitamina E	0.73 mg
Vitamina K	0.0026 mg
Beta caroteno	374 µg
Licopeno	5204 µg
Ácido graso saturado	0.272 g

(Hidalgo, Gómez, Escalera, & Quisbert, 2015).

En la **tabla 3** de acuerdo con la norma NOM-051-SCFI/SSA1, 2010, se estipula la ingesta adecuada de nutrimentos para la población mexicana empleando el IDR (Ingesta Diaria Recomendada) y el IDS (Ingesta diaria sugerida).

Tabla 3. Valores nutrimentales de referencia para la población mexicana.

Nutrimento/Unidad de medida	VNR	
	IDR	IDS
Proteína g/kg de peso corporal	1	
Fibra dietética g	30	
Vitamina A µg (equivalentes de retinol)		568
Vitamina B1 µg (Tiamina)		800
Vitamina B2 µg (Riboflavina)		840
Vitamina B6 µg (Piridoxina)		930
Niacina mg (equivalentes a Ácido nicotínico)		11
Ácido fólico µg (Folacina)		380
Vitamina B12 µg (Cobalamina)		2,1
Vitamina C mg (Ácido ascórbico)	60	
Vitamina D µg (como colecalciferol)		5,6
Vitamina E mg (equivalente a tocoferol)		11
Vitamina K µg		78
Ácido pantoténico mg		4,0
Calcio mg		900
Cobre µg		650
Cromo µg		22
Flúor mg		2,2
Fósforo mg	664	
Hierro mg		17
Magnesio mg		248
Selenio µg		41
Yodo µg		99
Zinc mg		10

Fuente: NOM-051-SCFI/SSA1, 2010.

Es importante destacar que de acuerdo a la **tabla 2**, el contenido de ácido ascórbico por cada 100 gramos de guayaba es de 228.3 mg, esto indica el cumplimiento con la IDR para la población mexicana expuesto en la **tabla 3** (60 mg).

2.5. Principales variedades y zonas productoras en México

De acuerdo a la **figura 1**, a nivel mundial, México ocupa un lugar importante en la producción de guayaba (Camacho & Granados, 2018). En México, el fruto de guayabo se produce en las siguientes entidades: Aguascalientes, Chiapas, Michoacán, Guerrero, Puebla, Veracruz, Zacatecas, Baja California Sur, Colima, Durango, Hidalgo, Guanajuato, Jalisco, Guerrero, Morelos, Nayarit, Querétaro y Tabasco. Con base en la mayor cantidad de volumen producido se tienen cuatro estados: Michoacán (17,322 toneladas), Aguascalientes (53,536 toneladas), Zacatecas (36 mil 949 toneladas) y el Estado de México (10 mil 430 toneladas) (Mexicanos, 2017).

Es importante resaltar que existe una gran diversidad de variedades de *Psidium guajava* L., sin embargo, entre las principales variedades de guayaba comerciales que se producen en México destacan 3 denominadas: China, Media China y Criolla. (Michoacán, 2018).

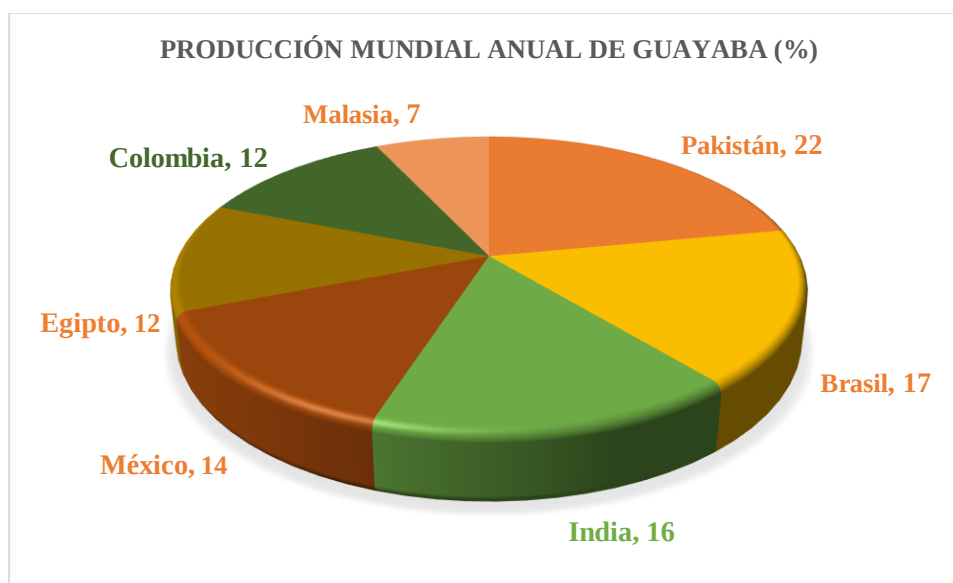


Figura 1. Producción mundial anual de guayaba. Elaboración propia e información tomada de (Camacho & Granados, 2018).

3. JUSTIFICACIÓN

La carencia de un valor importante de vitaminas y otros componentes esenciales para un estado óptimo del organismo es causada por una malnutrición debido a la desinformación, a la pérdida de costumbres alimentarias saludables, falta de alimentos y cuestiones económicas entre otras cosas (FAO & Latham, 2002). Desde el punto de vista nutricional, la guayaba provee una cantidad importante de vitaminas, y minerales (Medina & Pagano, 2003), así como un importante valor antioxidante cuya actividad puede neutralizar especies reactivas de oxígeno, evitando el daño molecular en el cuerpo humano, disminuyendo así el riesgo a desarrollar enfermedades crónico-degenerativas (Palomino, Guija, & Lozano, 2009). El material genético propio del fruto posee valores importantes para la mejora y preservación del mismo (Valdés Infante, y otros, 2012). Una dieta alimentaria adecuada para la salud de la población depende en gran medida de la caracterización, mejoramiento y conservación de los materiales fitogenéticos. (Padilla, González Gaona, Rodríguez Moreno, Cortés Penagos, & Sánchez Rito, 2014) la determinación de parámetros fisicoquímicos, bromatológicos y agentes antioxidantes serán de importancia durante la producción del fruto guayabo, comercialización, fabricación de productos alimentarios, preservación de variedades, y mejoramiento fitogenético (Córdova, y otros, 2015).

4. HIPÓTESIS

Los germoplasmas de guayaba (*Psidium guajava* L.) presentan diversidad en sus características fisicoquímicas y funcionales en relación a su mayor actividad antioxidante con respecto a las variedades comerciales.

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

Determinar la actividad antioxidante y características fisicoquímicas de germoplasmas de guayaba (*Psidium guajava* L.).

5.1.1 Objetivos específicos.

- Establecer con base en la normatividad la clasificación de los frutos de cada germoplasma.
- Realizar la caracterización fisicoquímica de los germoplasmas de guayaba en estudio.
- Medir la actividad antioxidante y el ácido ascórbico en los frutos de guayaba de los germoplasmas seleccionados.
- Comparar las características fisicoquímicas y valor antioxidante de los germoplasmas evaluados.
- Cuantificar las concentraciones de ácido ascórbico y comparar con base en la norma oficial mexicana NOM-051-SCFI/SSA1-2010.

6. MATERIALES Y MÉTODOS.

6.1. Material biológico

El material biológico consistió de 16 germoplasmas identificados con los siguientes códigos: L-1, A-4 (figura 2), L-1, A-8 (figura 3), L-1, A-9 (figura 4), L-1, A-13 (figura 5), L-3, A-3 (figura 6), L-4, A-21 (figura 7), L-5, A-1 (figura 8), L-5, A-4 (figura 9), L-6, A-5 (figura 10), L-7, A-11 (figura 11), L-10, A-7 (figura 12), L-11, A-17 (figura 13), L-12, A-3 (figura 14), L-13, A-2 (figura 15), L-13, A-10 (figura 16), L-15, A-8 (figura 17). Los germoplasmas fueron conservados *in situ*, el estado de madurez en que se recolectaron los germoplasmas se basó en un color de frutos verde-amarillo y de firmeza dura al tacto, posteriormente fueron trasladados al Laboratorio de Investigación en Biotecnología de la Facultad de Químico Farmacobiología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH) ubicado en Morelia, Michoacán.

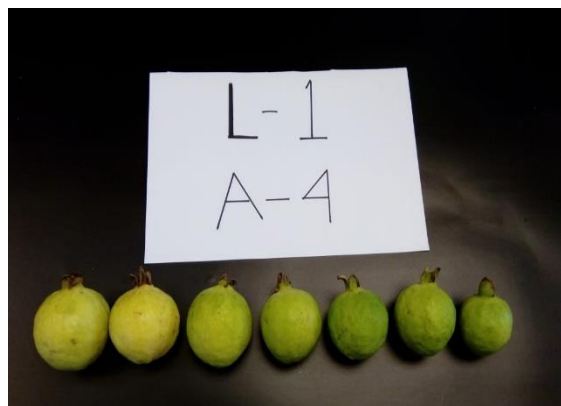


Figura 2. Germoplasma L-1, A-4.

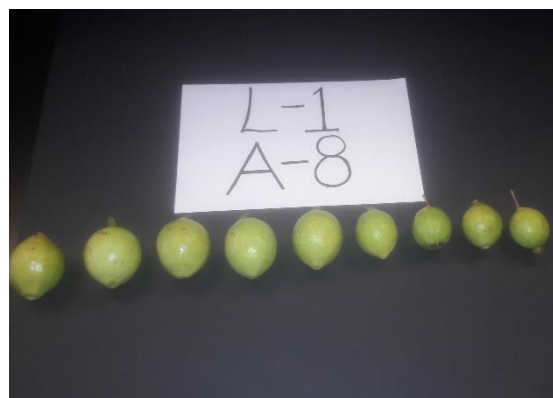


Figura 3. Germoplasma L-1, A-8.



Figura 4. Germoplasma L-1, A-9.



Figura 5. Germoplasma L-1, A-13.

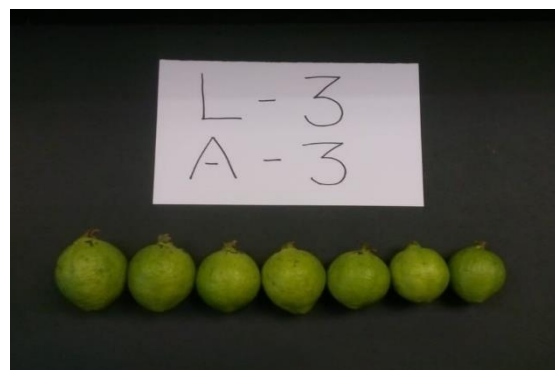


Figura 6. Germoplasma L-3, A-3.

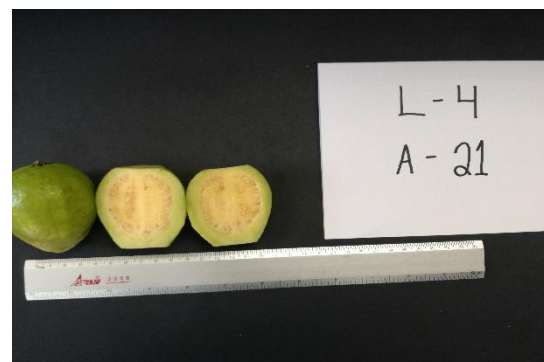


Figura 7. Germoplasma L-4, A-21.



Figura 8. Germoplasma L-5, A-1.



Figura 9. Germoplasma L-5, A-4.



Figura 10. Germoplasma L-6, A-5.

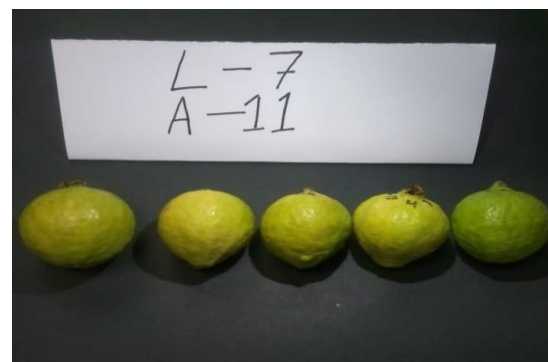


Figura 11. Germoplasma L-7, A-11.



Figura 12. Germoplasma L-10, A-7.

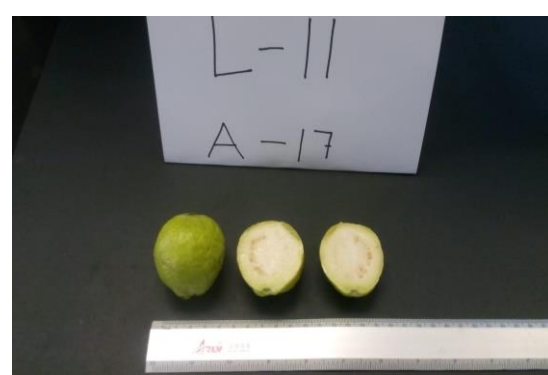


Figura 13. Germoplasma L-11, A-17.



Figura 14. **Germoplasma L-12, A-3.**



Figura 15. **Germoplasma L-13, A-2.**

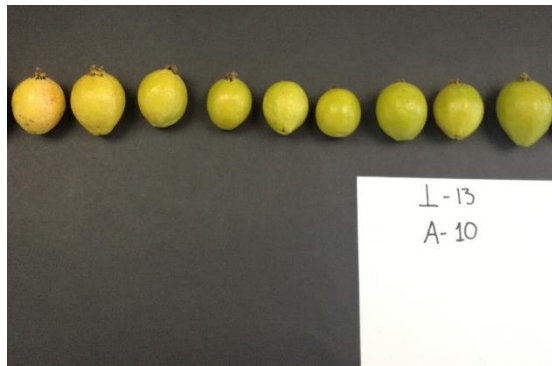


Figura 16. **Germoplasma L-13, A-10.**



Figura 17. **Germoplasma L-15, A-8.**

6.2. Ubicación geográfica

Los germoplasmas utilizados para el presente estudio se obtuvieron del banco de germoplasma del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), que se encuentra ubicado en la región “Calvillo-Cañones” en la zona experimental “los cañones” en Huanusco, Zacatecas (21° 44.7'; 102° 58.0' y 1508 msnm). En la **tabla 4** se presenta el lugar de procedencia de cada germoplasma conservado en la región “cavillo-cañones” a cargo del INIFAP en Zacatecas.

Tabla 4. Zonas de procedencia de los 16 germoplasmas de guayaba (*Psidium guajava* L.)

Germoplasma	Región de procedencia
L-1, A-4	Tamuín, San Luis Potosí.
L-1, A-8	Zinapécuaro, Michoacán.
L-1, A-9	Champotón, Campeche.
L-1, A-13	San Isidro, Estado de México.
L-3, A-3	Benito Juárez, Michoacán.
L-4, A-21	Huanusco, Zacatecas.
L-5, A-1	Apozol, Zacatecas.
L-5, A-4	Pénjamo, Guanajuato.
L-6, A-5	Benito Juárez, Michoacán.
L-7, A-11	Calvillo, Aguascalientes.
L-10, A-7	India.
L-11, A-17	Tecomán, Colima.
L-12, A-3	
L-13, A-2	Sudáfrica.
L-13, A-10	San Sebastián del Oeste, Jalisco.
L-15, A-8	

A continuación, se presentará la metodología utilizada para abordar cada uno de los objetivos planteados para el desarrollo del presente trabajo de investigación.

6.3 Clasificación de los frutos de cada germoplasma con base en la normatividad aplicable

La clasificación por calibre de los frutos se llevó a cabo con base al CODEX-STAN-215-1999, basada en peso en gramos (código de calibre 1 a 9). A partir del diámetro ecuatorial se clasificó el tamaño del fruto por medio de literales (A, B, C Y D) establecidas por la NMX-FF-040, 2002. Con referencia a la NMX-FF-040, 1993., se clasificaron los frutos empleando la terminología considerando el diámetro ecuatorial (China y Media China).

6.4 Caracterización fisicoquímica del material de estudio

Una vez realizada la clasificación de los frutos de cada germoplasma con base en la normatividad (7.1), se llevó a cabo el análisis fisicoquímico de los frutos de guayaba, el cual se realizó utilizando como base las normas aplicables para tal efecto, los parámetros determinados se presentan a continuación:

6.4.1 Humedad

El porcentaje de humedad en los frutos de guayaba se determinó siguiendo el método oficial 934.01 de la AOAC 2000, se pesaron tres gramos de la muestra en crisol a peso constante, se llevó a calentamiento en estufa a 105° C por un periodo de cuatro horas, posteriormente se transfirió la muestra a un desecador por 30 minutos y se pesó, los resultados se expresaron en porcentaje de humedad por cada 100 gramos de muestra. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Humedad} = ((P_m - P_s) / M) * 100,$$

Donde:

P_m= Peso del crisol y muestra húmeda en g,

P_s= Peso de la cápsula y la muestra seca en g,

M= Peso de la muestra húmeda en g.

6.4.2 Cenizas

Se empleó el método señalado por la norma NMX-F-066-S-1978, se pesaron tres gramos de muestra en un crisol a peso constante, se carbonizó la muestra y se llevó a mufla para una incineración total por tres horas a una temperatura de 550-560°C, posteriormente el crisol se depositó en un desecador para atemperación y por último se pesó. Los resultados obtenidos se presentan como porcentaje de cenizas por cada 100 gramos de muestra.

El contenido de cenizas se determinó empleando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Cenizas} = ((P-p) * 100) / M$$

Donde:

P=Masa del crisol con las cenizas en gramos

p=Masa del crisol vacío en gramos

M=Masa de la muestra en g.

6.4.3 Fibra

La concentración de fibra en los germoplasmas analizados se obtuvo utilizando el método descrito por la norma NMX-F-090-S-1978, se pesaron dos gramos de muestra en un vaso de precipitado de 600 ml y se adicionaron 200 ml de ácido sulfúrico al 1.25 % llevando a calentamiento durante 30 minutos (digestión ácida), se filtró con agua destilada hirviendo utilizando tela de lino, posteriormente se transfirió el residuo al vaso de precipitado con 200 ml de hidróxido de sodio al 1.25 % llevando a calentamiento durante 30 minutos, se filtró nuevamente con agua destilado hirviendo y el residuo se transfirió a un crisol a peso constante, se secó a 130 °C por dos horas, se pasó a un desecador por 30 minutos para atemperar, después se pesó, carbonizó e incineró a 600 °C durante 30 minutos, por último se atemperó 30 minutos en desecador y se registró el peso. Los resultados se expresaron en porcentaje de fibra por cada 100 gramos de muestra.

Se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Fibra cruda} = (((Ps-Pp)-(Pc-Pcp))/M)*100$$

Donde:

Ps = masa en gramos del residuo seco a 130°C

Pp = masa en gramos de papel filtro

Pcp = masa en gramos de las cenizas del papel

M = masa de la muestra en gramos

Pc = masa en gramos de las cenizas

6.4.4 Peso

La determinación del peso promedio de los frutos de guayaba se realizó pesando un total de 297 unidades en una Balanza Analítica Marca Hoxaus (220g), el valor obtenido se expresó en gramos.

6.4.5 Diámetro

Se midió el diámetro ecuatorial y longitudinal de cada fruto por germoplasma: L-1, A-4 (37 unidades), L-1, A-8 (24 unidades), L-1, A-9 (22 unidades), L-1, A-13 (10 unidades), L-3, A-3 (15 unidades), L-4, A-21 (19 unidades), L-5, A-1 (30 unidades), L-5, A-4 (24 unidades), L-6, A-5 (9 unidades), L-7, A-11 (16 unidades), L-10, A-7 (7 unidades), L-11, A-17 (29 unidades), L-12, A-3 (11 unidades), L-13, A-2 (10 unidades), L-13, A-10 (21 unidades), L-15, A-8 (13 unidades). Para esta medición se utilizó un vernier. Los valores obtenidos se reportaron en centímetros.

6.4.6 Firmeza

Para la determinación de la firmeza de los frutos de cada germoplasma se utilizó un Texturómetro Marca TA-XT2t. Se determinó la resistencia a la compresión, cada fruto fue comprimido con un plato de compresión de 75 mm de diámetro a una velocidad de 2mm/s a una altura sobre el fruto de 5 mm y una distancia de 3 mm, al finalizar la medición se empleó la siguiente fórmula: $S=m \cdot g$ donde: S=Fuerza, m=masa y g=gravedad, los resultados se expresaron en Newtons (N). Para este análisis se utilizaron 5 frutos por cada germoplasma.

6.4.7 Color

El color de las guayabas de cada germoplasma estudiado se determinó mediante el uso de un colorímetro de reflectancia Hunter Lab marca Color Flex. Se obtuvo la saturación de color expresado en tono Chroma y luminosidad en ángulo Hue° basados en las coordenadas de color a (rojo-verde) y b (amarillo-azul), se empleó un patrón de calibración blanco con las coordenadas L: 92.19, a: 1.31, b: 0.95 del observador e iluminante D65.

Ecuación 1

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

Ecuación 2

$$c = \sqrt{a^2 + b^2}$$

Ecuación 3

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

6.4.8 Sólidos solubles totales (SST)

La determinación de sólidos solubles totales presentes en las guayabas de los germoplasmas evaluados se llevó a cabo utilizando un refractómetro de campo marca ATAGO con un rango de 0-50 °Brix, el proceso se realizó con base en la norma NMX-FF-015, 1982, se colocaron de dos a tres gotas de pulpa fresca en el prisma del refractómetro y se observó por el ocular el nivel registrado en la escala.

6.4.9 Potencial de hidrogeno (pH)

Para la determinación del potencial de hidrógeno se empleó un potenciómetro digital marca ATAGO, posteriormente se siguieron los pasos estipulados en la norma NMX-F-

317-S-1978, se pesó un gramo de pulpa fresca de la guayaba de cada germoplasma disuelta en 50 ml de agua destilada, la lectura se realizó en escala de pH.

6.4.10 Acidez titulable

En los frutos de guayaba de cada germoplasma se determinó la concentración de ácido cítrico a través de una valoración volumétrica por medio de una reacción de neutralización (NMX-FF-011, 1982), se pesó un gramo de pulpa y se disolvió en 50 ml de agua destilada, posteriormente se realizó la valoración con hidróxido de sodio al 0.1N, se utilizó como indicador fenolftaleína hasta la aparición de un color rosa claro persistente por 30 segundos.

Para determinar el porcentaje de acidez titulable se usó la siguiente fórmula:

Acidez=100. N. V/m empleando el factor de conversión para ácido cítrico (0.064).

Donde:

N=Normalidad de la solución de NaOH

V=Volumen en ml de la solución de NaOH gastada en la determinación

m=masa en gramos de la muestra

6.4.11 Clorofila (a y b)

En las guayabas de cada germoplasma se determinó la concentración de clorofila (a y b), utilizando el método descrito por Lichtenthaler (1987), éste se llevó a cabo por espectrofotometría, se pesaron 12 gramos de pulpa y se mezclaron con 30 mililitros de acetona:agua al 90 %, se agito por 5 minutos, posteriormente se dejó reposar 24 horas en obscuridad, al término se centrifugó por 15 minutos a 5000 rpm, el sobrenadante se recuperó y se midió en espectrofotómetro UV/Vis Smartec Plus marca Bio-rad a una absorbancia de 665, 645 y 630 nm. Los resultados para clorofila “a” y “b se reportaron en mg Al-1.

Para hacer el cálculo se utilizó la ecuación descrita por Parsons y Strickland (1965):

$$Ca(mgAl-1)=[11.6(D.O*665)]-[1.31(D.O*645)]-[0.14(D.O*630)],$$

$$Cb(mgAl1)=[20.7(D.O*645)]-[4.34(D.O*665)]-[4.42(D.O*630)]$$

Donde: D.O=Densidad Óptica Medida

6.5 Determinación de la concentración de compuestos antioxidantes y la actividad antioxidante de frutos de guayaba de los 16 germoplasmas

Para determinar la actividad antioxidante se tomó en primer lugar la valoración de la concentración de compuestos con participación en la actividad antioxidante tales como Vitamina C y polifenoles, posteriormente a través de pruebas específicas como DPPH y ABTS se determinó la actividad antioxidante de los frutos de cada germoplasma. La metodología para las determinaciones mencionadas se presenta a continuación.

6.5.1 Determinación de Vitamina C

La vitamina C se determinó utilizando la metodología de la A.O.A.C 43.056. 1988, se pesaron 2.5 gramos de muestra de guayaba de cada germoplasma, con una solución de ácido acético glacial-ácido metafosfórico y agua se realizó la extracción de ácido ascórbico, se homogeneizó y posteriormente se centrifugó a 5000 rpm durante 15 minutos, empleando el sobrenadante se procedió a realizar un análisis volumétrico con una solución colorante de 2,6-diclorofenol indofenol (autoindicador) hasta la aparición de un color rosa pálido que persistió por 30 segundos. Los resultados se expresaron en miligramos de vitamina C por cada 100 gramos de muestra.

Se empleó la siguiente fórmula:

$$\text{mg de vitamina C/100g muestra} = ((X-B) * (F/E) * (V/Y)) * 100$$

Donde:

X= ml de 2-6 diclorofenol-indofenol gastados por muestra

B= ml de 2-6 diclorofenol-indofenol gastados por la sln. De extracción (0.1ml)

F= mg de ácido ascórbico equivalente a 1 ml de sln. Estándar de 2-6 diclorofenol-indofenol (0.095ml)

E= peso o volumen de la muestra ensayada (en gramos o mililitros)

V= volumen inicial de la muestra ensayada

Y= volumen de la alícuota ensayada

6.5.2 Cuantificación de Polifenoles totales

Para la determinación de polifenoles totales se empleó el método descrito por Folin-Ciocalteu utilizando solución madre (ver apartado 6.5.4), de la cual se tomaron alícuotas de 100 microlitros, posteriormente se adicionaron en el siguiente orden: 7600 microlitros de agua destilada, 500 microlitros de reactivo de Folin-Ciocateau y 2000 microlitros de carbonato de sodio al 20 %; se reposaron en ausencia de luz por un periodo de 2 horas. Se registró la absorbancia a una longitud de onda de 765nm en un espectrofotómetro UV/Vis Smartec Plus marca Bio-rad, se usó ácido gálico como estándar para la curva de calibración. Los resultados se expresaron como miligramos de ácido gálico por cada 100 gramos de muestra, empleando la fórmula obtenida a partir de la curva de calibración ($X=Y-0.0252/0.1294$).

6.5.3 Actividad antioxidante de guayaba de los distintos germoplasmas

La actividad antioxidante de los frutos de guayaba se realizó utilizando dos metodologías: ABTS y DPPH, para llevar a cabo dichos métodos se realizó en primer término la extracción de compuestos, solución a la que se denominó solución madre. En los siguientes apartados se describe la metodología utilizada.

6.5.4 Extracción de compuestos (solución madre)

Para llevar a cabo la evaluación de la actividad antioxidante de los frutos de guayaba se realizó la extracción de compuestos, esta se fundamentó en el método modificado

descrito por Pérez-Jiménez y col. (2008), el cual consistió en dos extracciones, la primera utilizando una solución con metanol/agua en proporción 50:50 y acidificado a pH 2, posteriormente se agitó y centrifugó a 5000 rpm, en la segunda extracción se empleó una solución de acetona/agua (70:30), repitiendo el mismo procedimiento usado en la primera extracción, los sobrenadantes se mezclaron y aforaron con agua destilada a 100 ml, finalmente se almacenaron a una temperatura de -20°C.

6.5.5 Determinación de la actividad antioxidante por ABTS

Para llevar a cabo la valoración de ABTS se empleó el método RE y col. 1999 y descrita por KUSKOSKI y col. 2004 preparando una solución de ácido 2,2-azinobis-(3-etibenzotiazolin-6-sulfónico) 7mmol y persulfato de potasio 2.45 mmol, se dejó reposar a 4 °C durante 12 horas. Posteriormente se adicionó etanol hasta obtener una absorbancia de 0.700 +/- 0.02. Se tomaron 30 µL de solución de extracción (ver apartado 6.5.4), y se le adicionaron 970 µL del radical ABTS. Las absorbancias fueron medidas a 734 nm pasados 6 minutos de reacción en ausencia de luz. Los resultados se reportaron en µmol equivalentes a Trolox por cada 100 gramos de muestra, usando Trolox como patrón en la curva de calibración.

Se utilizó la siguiente fórmula:

$$X = (0.6763 - Y) / 0.0706$$

Donde:

X=Concentración equivalente a Trolox

Y=Absorbancia de la muestra.

$$\% \text{ Inhibición} = ((\text{Abs Inicial} - \text{Abs final}) / \text{Abs inicial}) * 100.$$

6.5.6 Determinación de la Actividad Antioxidante por DPPH

La actividad antioxidante determinada por DPPH se realizó con base en la metodología de Brand-Williams, et al (1995), se tomaron 3.8 ml de radical 1,1-difenil-2-picril-hidrazilo (DPPH) con una concentración de 100 µmol, posteriormente se les adicionaron 200 µL

de solución extractora. La absorbancia se midió a 536 nm posterior a 1 hora en reposo en ausencia de luz. Se utilizó Trolox como estándar en la curva de calibración, los resultados se expresaron en μmol equivalentes a Trolox por cada 100 gramos de muestra.

Se utilizó la siguiente fórmula:

$$X = (1.0828 - Y) / 0.1793$$

Donde:

X=Concentración equivalente a Trolox

Y=Absorbancia de la muestra.

$$\% \text{ Inhibición} = ((\text{Abs Inicial} - \text{Abs final}) / \text{Abs inicial}) * 100.$$

6.6 Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño estadístico de los germoplasmas evaluados fue completamente al azar con tres repeticiones. En la **Tabla 5** se muestra el material biológico evaluado.

Tabla 5. Variedades de fruto (*Psidium guajava* L.) evaluadas.

Variedades
L-1, A-4
L-1, A-8
L-1, A-9
L-1, A-13
L-3, A-3
L-4, A-21
L-5, A-1
L-5, A-4
L-6, A-5
L-7, A-11
L-10, A-7
L-11, A-17
L-12, A-3
L-13, A-2
L-13, A-10
L-15, A-8

Las variables de respuesta fueron: tamaño (DE y DL), peso, firmeza, color, sólidos solubles totales, acidez iónica, clorofila, ácido cítrico, ácido ascórbico, polifenoles totales, capacidad antioxidante (ABTS y DPPH), humedad, cenizas y fibra. Se 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 de respuesta se hizo un análisis de correlación múltiple. El análisis estadístico se realizó utilizando el software JMP 6 de SAS.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este apartado se muestran los resultados obtenidos y la discusión de estos, se presentan en la secuencia en la que fue desarrollada la metodología y con base en los objetivos planteados.

7.1 Clasificación de los frutos de guayaba de los 16 germoplasmas

La importancia de la clasificación de los parámetros físicos permite otorgarles a los frutos de guayaba (*Psidium guajava* L.) un valor a nivel comercial, basado en variables como peso o tamaño (diámetro ecuatorial) que definirán en gran medida su precio y aceptación por parte del consumidor (Padilla Ramírez, González Gaona , & Perales de la Cruz , 2016).

En la **tabla 6** se muestra la clasificación por calibre establecida por el CODEX-STAN-215-1999 basada en el peso en gramos de los 16 germoplasmas evaluados.

Tabla 6. Clasificación del fruto establecido por el CODEX-STAN-215-1999 con base en el peso.

Germoplasma	Código de calibre
L-1, A-4	8
L-1, A-8	9
L-1, A-9	7
L-1, A-13	6
L-3, A-3	8
L-4, A-21	7
L-5, A-1	7
L-5, A-4	7
L-6, A-5	6
L-7, A-11	8
L-10, A-7	7
L-11, A-17	7
L-12, A-3	7
L-13, A-2	7
L-13, A-10	9
L-15, A-8	7

La **tabla 7** representa los valores otorgados por el CODEX-STAN-215-1999 para la clasificación por calibre de los frutos de guayabo (*Psidium guajava* L.), esta se basa en el rango de peso en gramos.

Tabla 7. Disposiciones establecidas por el CODEX-STAN-215-1999 sobre las clasificaciones por calibre con base en el peso.

Código de calibre	Peso (gramos)
1	>450
2	351-450
3	251-350
4	201-250
5	151-200
6	101-150
7	61-100
8	35-60
9	<35

Los códigos de calibre obtenidos en los germoplasmas de guayaba muestran cuatro códigos predominantes, los cuales son: **6** (L-1, A-13; L-6, A-5); **7** (L-1, A-9; L-4, A-21; L-5, A-1; L-5, A-4; L-10, A-7; L-11, A-17; L-12, A-3; L-13, A-2; L-15, A-8); **8** (L-1, A-4; L-3, A-3; L-7, A-11) y **9** (L-1, A-8; L-13, A-10); siendo el calibre 7 el que concentra mayor número de germoplasmas con un peso que oscila entre los 61-100 gramos, el calibre 6 agrupa a dos germoplasmas con el mayor peso que se encuentra entre los 101-150 gramos y en el calibre 9 se encuentran los dos germoplasmas con menos de 35 gramos de peso.

De acuerdo con la clasificación de algunos mercados locales, se consideran de categoría “Extra” aquellos frutos que tienen un peso mayor a 90 g, categoría “Primera” los frutos que tienen un peso entre los 60-90 g y la categoría “Segunda” que presenta frutos con un peso menor a los 60 g (Padilla Ramírez, González Gaona , & Perales de la Cruz , 2016); tomando como referencia la clasificación anterior, se tienen en la categoría “Extra” 5 germoplasmas (L-1, A-9; L-1, A-13; L-4, A-21; L-6, A-5 y L-12, A-3) en la categoría “Primera” 6 germoplasmas (L-5, A-1; L-5, A-4; L-10, A-7; L-11, A-17; L-

13, A-2 y L-15, A-8) y en la categoría “Segunda” 5 germoplasmas (L-1, A-4; L-1, A-8; L-3, A-3; L-7, A-11 y L-13, A-10).

En la **tabla 8** se muestra la clasificación de los germoplasmas analizados tomando como referencia la NMX-FF-040, 2002 basada en la asignación de una literal de referencia por el diámetro ecuatorial de los frutos de cada selección evaluada.

Tabla 8. Clasificación del fruto establecido por la NMX-FF-040, 2002 con base en el diámetro ecuatorial.

Germoplasma	Literal de referencia
L-1, A-4	B
L-1, A-8	C
L-1, A-9	B
L-1, A-13	A
L-3, A-3	B
L-4, A-21	A
L-5, A-1	B
L-5, A-4	A
L-6, A-5	A
L-7, A-11	B
L-10, A-7	A
L-11, A-17	B
L-12, A-3	A
L-13, A-2	A
L-13, A-10	B
L-15, A-8	B

En la **tabla 9** se representa el valor de las literales de referencia asignadas por la NMX-FF-040, 2002 en la clasificación basada en el diámetro ecuatorial para los frutos de guayaba (*Psidium guajava* L.).

Tabla 9. Clasificación establecida por la NMX-FF-040, 2002 basada en el diámetro ecuatorial de los frutos de guayabo (*Psidium guajava* L.).

Letra de referencia	Intervalo de diámetro ecuatorial (cm)
A	>5.0
B	4.0 – 4.9
C	3.0 – 3.9
D	< 2.9

Los resultados obtenidos en las clasificaciones establecidas por la NMX-FF-040, 2002 muestran que el 50 % de los germoplasmas evaluados tienen un intervalo de medida ecuatorial de 4.0-4.9 cm correspondiente a la clasificación “B”, el 43.75 % corresponde a la literal A con una medida igual o mayor a los 5.0 cm de diámetro y el 6.25 % pertenece a la clasificación “C” con medidas que oscilan entre los 3.0-3.9 cm.

La **tabla 10** especifica el tipo de terminología otorgada a los 16 germoplasmas evaluados según las medidas de su diámetro ecuatorial establecido por la NMX-FF-040, 1993.

Tabla 10. Clasificación del tipo de fruto en base a la NMX-FF-040, 1993.

Germoplasma	Clasificación/tipo
L-1, A-4	Media China
L-1, A-8	Media China
L-1, A-9	Media China
L-1, A-13	Media China
L-3, A-3	Media China
L-4, A-21	Media China
L-5, A-1	Media China
L-5, A-4	Media China
L-6, A-5	Media China
L-7, A-11	Media China
L-10, A-7	Media China
L-11, A-17	Media China
L-12, A-3	Media China
L-13, A-2	Media China
L-13, A-10	Media China
L-15, A-8	Media China

La **tabla 11** describe las características de cada tipo de fruto de guayabo (*Psidium guajava* L.) tomando como referencia su diámetro ecuatorial establecido por la NMX-FF-040, 1993.

Tabla 11. Especificación de la NMX-FF-040, 1993 establecida para clasificación del tipo de frutos de guayabo (*Psidium guajava* L.)

Clasificación/tipo	Característica
China	Frutos con un diámetro ecuatorial menor a los 3.0 cm.
Media china	Frutos con un diámetro ecuatorial mayor a los 3.0 cm.

7.2 Caracterización física de la guayaba correspondiente a los germoplasmas analizados

El término calidad es evaluado directamente por el consumidor a través de ciertos atributos internos y externos, la apariencia es el atributo de mayor consideración para el consumo del producto (Camelo, 2003). De acuerdo con la norma NMX-FF-040-2002, la buena calidad de un fruto de guayaba (*Psidium guajava* L.) se caracteriza por exponer ligeros defectos sobre la superficie de este, tales como manchas, raspaduras, costras, que no influyen sobre su calidad y conservación. El estado de calidad de los frutos en fresco depende de los parámetros físicos evaluados (peso, diámetro, firmeza y color) (Saus, 1997).

7.2.1 Determinación de los parámetros físicos de calidad de los frutos de guayaba

7.2.1.1 Peso, Diámetro (Ecuatorial y Longitudinal), Firmeza y Color

En la **Tabla 12** se exponen los resultados obtenidos en las cuantificaciones realizadas a los 16 germoplasmas de frutos de guayaba sobre peso, diámetro (ecuatorial y longitudinal) y la firmeza.

Tabla 12. *Parámetros físicos evaluados en Psidium guajava L.*

Germoplasma	Peso	Diámetro		Firmeza
Lote	g	Ecuatorial (cm)	Longitudinal (cm)	Newton (N)
L-1, A-4	38.10 ±6.87	4.2±0.3	4.4±0.3	21.7±13.1
L-1, A-8	28.35 ±9.09	3.6±0.42	4.39±0.52	17.28±14.77
L-1, A-9	92.35 ±25.78	4.86±0.42	5.83±0.43	56.99±15.68
L-1, A-13	122.4 ±26.93	5.8±0.49	7.5±0.61	73.32±45.6
L-3, A-3	50.67 ±7.83	4.11±0.25	4.95±0.56	74.45±27.12
L-4, A-21	91.08 ±14.81	5.34±0.33	6.37±0.55	56.81±29.83
L-5, A-1	66.32 ±11.24	4.96±0.28	5.51±0.4	16.66±4.52
L-5, A-4	88.05 ±22.65	5.1±0.47	6.38±0.79	88.97±26.66
L-6, A-5	136.27 ±18.42	5.7±0.26	6.8±0.71	205.31±89.95
L-7, A-11	57.98 ±12.8	4.63±0.38	4.94±0.38	67.17±22.54
L-10, A-7	77.47 ±25.91	5.31±0.71	4.8±0.64	32.27±10.35
L-11, A-17	64.18 ±20.22	4.96±0.29	5.5±0.42	132.38±35.21
L-12, A-3	98.10 ±2.11	5.49±0.3	6.51±0.54	33.75±3.71
L-13, A-2	83.5 ±26.7	5.1±0.6	5.9±0.9	24.4±9.8
L-13, A-10	30.97 ±7.61	4±0.35	4.85±0.82	18.45±15.45
L-15, A-8	81.56 ±31.05	4.63±0.41	5.36±0.65	61.44±35.17

Nota: Resultados ± Desviación Estándar.

Los resultados de las variables obtenidas muestran una diferencia significativa en cada uno de los siguientes parámetros físicos:

Peso

Tomando como referencia la clasificación empleada por algunos mercados locales y mostrada por (Padilla Ramírez, González Gaona , & Perales de la Cruz , 2016), se encontró que en la categoría “Extra” se ubican los siguientes germoplasmas: L-1, A-9; L-1, A-13; L-4, A-21; L-6, A-5; L-12, A-3, siendo L-6, A-5 el fruto con mayor peso de la categoría y de los germoplasmas evaluados con un valor de 136.27 gramos; en la categoría “Primera” se encuentran: L-5, A-1; L-5, A-4; L-10, A-7; L-11, A-17; L-13, A-2; L-15, A-8, en donde L-5, A-4 es el fruto con mayor peso de la categoría con 88.05 gramos y en la categoría “Segunda” correspondió a: L-1, A-4; L-1, A-8; L-3, A-3; L-7, A-11; L-13, A-10, mostrando a L-7, A-11 como el de mayor peso de la categoría con un peso de 57.98 gramos.

Diámetro

Los valores evaluados del diámetro ecuatorial de los 16 germoplasmas de guayaba tienen una diferencia de 1.8 cm en donde L1, A-13 posee el mayor tamaño con una medida de 5.8 cm y L-13, A-10 con la menor medida que corresponde a los 4.0 cm; la diferencia entre el tamaño ecuatorial de cada germoplasma no influye de manera significativa para la clasificación del tipo de guayaba a la que corresponden perteneciendo todos al tipo media china.

El diámetro longitudinal entre los germoplasmas tiene una diferencia de 3.11 cm, siendo así el de mayor longitud L-1, A-13 (7.5 cm) y el de menor L-1, A-8 (4.39 cm), en comparación con el diámetro ecuatorial se puede definir si el fruto es redondo, en forma de pera o piriforme.

Firmeza

Desde el punto de vista de algunos autores (Zapata, y otros, 2010), uno de los criterios de importancia para la determinación del punto exacto en que se realiza la cosecha, el transporte y la venta de producto, así como su consumo es la firmeza. Ésta, está directamente relacionada con las diferentes fases que sobre lleva el fruto durante el proceso de maduración. En términos generales la firmeza es la fuerza que se aplica

directamente sobre el producto expresado en Newtons (N) para posteriormente determinar su grado de calidad (NMX-FF-061-1993).

La firmeza es afectada por las condiciones climáticas en las que se encuentra la fruta, así como por las medidas implementadas para su cuidado durante la producción (Ferreira & Campa Negrillo, 2019). Se observa una mayor firmeza en el lote L-6, A-5 (205.31N) y menor resistencia en el lote L-5, A-1 (16.66N).

Color

Por otra parte, el término color, se refiere al parámetro físico que puede ser percibido por el ojo humano, éste es dependiente de la longitud de onda que aporta el fruto, así como de la superficie, brillo y luz. Se encuentra directamente en relación con la cantidad de pigmentos naturales presentes en el alimento correspondiente. Es el primer parámetro con el cual el consumidor entra en contacto y, a partir de él se evalúa el producto para su adquisición o rechazo en el comercio. Ciertas reacciones catalizadas por enzimas en los alimentos propician el cambio de color en éste (Ulloa, 2007).

En la **tabla 13** se representa de forma cuantitativa el color de los 16 germoplasmas evaluados, mostrando el índice de saturación y ángulo de matiz para posteriormente realizar la comparación en el gráfico de escalas de color L^*a^*b .

Tabla 13. Índice de saturación y ángulo de matiz de los frutos de guayaba de los 16 germoplasmas.

Germoplasma	Color	
Lote	Índice de saturación (Figura 3)	Ángulo de matiz (Figura 4)
L-1, A-4	23.27 $\pm$ 0.3	96.71 $\pm$ 5.57
L-1, A-8	20.60 $\pm$ 1.43	108.62 $\pm$ 17.14
L-1, A-9	19.19 $\pm$ 4.71	109.28 $\pm$ 26.32
L-1, A-13	19.79 $\pm$ 5.31	104.28 $\pm$ 6.37
L-3, A-3	44.01 $\pm$ 3.84	106.59 $\pm$ 3.48
L-4, A-21	21.06 $\pm$ 2.93	107.83 $\pm$ 5.45
L-5, A-1	27.11 $\pm$ 1.77	93.37 $\pm$ 2.98
L-5, A-4	24.45 $\pm$ 1.98	100.21 $\pm$ 5.46
L-6, A-5	22.77 $\pm$ 3.92	102.15 $\pm$ 9.03
L-7, A-11	42.75 $\pm$ 3.04	106.54 $\pm$ 12.85
L-10, A-7	21.99 $\pm$ 4.16	46.88 $\pm$ 21.27
L-11, A-17	27.23 $\pm$ 1.96	92.04 $\pm$ 54.97
L-12, A-3	24.72 $\pm$ 8.32	79.15 $\pm$ 26.18
L-13, A-2	17.25 $\pm$ 6.48	90.24 $\pm$ 28.08
L-13, A-10	23.1 $\pm$ 2.16	87.36 $\pm$ 14.19
L-15, A-8	21.93 $\pm$ 7.24	96.76 $\pm$ 9.56

Los resultados muestran que la mayoría de los germoplasmas son de un color ver-amarillo en donde L-1, A-9 es el fruto más verde y L-12, A-3 el más amarillo, con excepción de L-10, A-7 el cual presenta un color rojo-naranja.

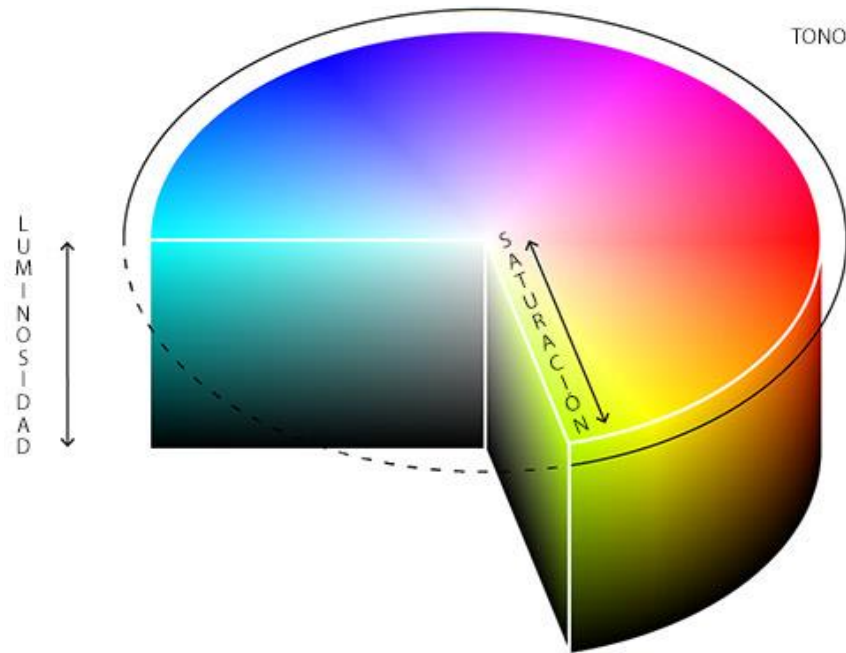


Figura 18. Representación Gráfica del Significado de Tono y Saturación en la Escala de Colores $L^*a^*b^*$ (FotoNostra, s.f.)

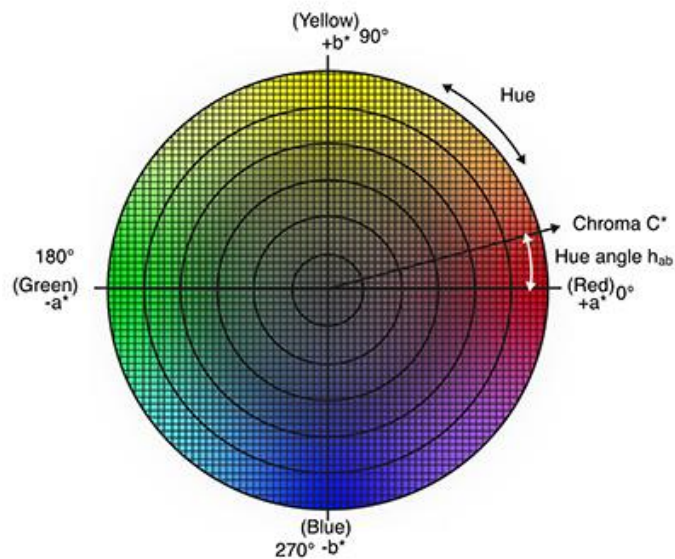


Figura 19. Escala de Colores $L^*a^*b^*$ (Konica, s.f.)

Los resultados del análisis físico realizado a los 16 germoplasmas de frutos de guayabo (*Psidium guajava* L.) muestran una diferencia significativa entre los germoplasmas, destacando L-6, A-5 por poseer el mayor peso, situarse como el segundo más grande, el más resistente a la compresión y ser de los frutos más verdes, así como la selección

L-1, A-13 encontrándose en segundo lugar respecto al peso y el primero en diámetro además de ser de las guayabas más verdes. Estas características representan en los germoplasmas la posibilidad de ubicarlos en el mercado comercial para consumo en fresco al ser visualmente atractivas además de considerar su mayor firmeza con respecto a otros materiales pudiendo con ello tener una mayor vida de anaquel y mejor resistencia a su manipulación. En este sentido, cabe destacar que los frutos de los germoplasmas L-6, A-5 y L-1, A-13 tienen un mayor peso y tamaño con respecto a nuevas variedades de guayaba (*Psidium guajava* L.) generadas por el INIFAP (Padilla Ramírez, González Gaona , & Perales de la Cruz , 2016): Calvillo siglo XXI (80g y 5.0 cm), Huejucar (100g y 5.5 cm), Hidrozac (110g y 5.5 cm), Caxcana (95g y 5.5 cm) y Merita (80g y 5.0 cm).

7.3 Evaluación de los parámetros químicos de los germoplasmas de guayaba analizados.

A continuación, se discutirán los resultados obtenidos en el análisis de las características químicas de los frutos de guayaba correspondientes a los 16 germoplasmas analizados, es importante destacar que existe una relación entre las características físicas presentadas en el apartado anterior y las características químicas presentadas a continuación.

7.3.1 Determinación de pH, acidez titulable, SST, índice de madurez y clorofila de guayaba

En la **Tabla 14** se muestran los resultados obtenidos de los parámetros químicos analizados en este estudio (potencial de hidrogeno, acidez titulable, sólidos solubles totales, clorofila e índice de madurez) de los 16 germoplasmas de guayaba (*Psidium guajava* L.).

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE 16 GERMOPLASMAS DE GUAYABA (*Psidium guajava* L.)

Tabla 14. *Parámetros químicos evaluados en los germoplasmas de guayaba.*

Germoplasma	Potencial de hidrógeno	Acidez titulable	Sólidos solubles totales	Clorofila		Índice de madurez
Lote	pH	% Ácido cítrico	°Brix	A	b	IM
L-1, A-4	4.19 ±0.03 ^G	1.01 ±0.100 ^B	10.5 ±0.3 ^F	1.05 ±0.03 ^H	0.56 ±0.02 ^E	10.40
L-1, A-8	4.49 ±0.05 ^A	0.11 ±0.004 ^G	8 ±0.34 ^I	2.29 ±0.05 ^D	0.74 ±0.02 ^D	72.73
L-1, A-9	4.23 ±0.04 ^{EF}	0.21 ±0.004 ^e	11.56 ±0.47 ^{CD}	4.47 ±0.08 ^A	2.31 ±0.03 ^A	55.05
L-1, A-13	4.3 ±0.02 ^D	1.06 ±0.050 ^A	9.2 ±0.2 ^H	1.60 ±0.32 ^E	0.77 ±0.09 ^D	8.68
L-3, A-3	4.04 ±0.01 ^I	0.76 ±0.250 ^D	8.3 ±0.1 ^I	3.81 ±0.07 ^B	1.65 ±0.03 ^B	10.92
L-4, A-21	4.19 ±0.02 ^G	0.21 ±0.010 ^e	11.73 ±0.31 ^{BC}	3.00 ±0.03 ^C	1.05 ±0.01 ^C	55.86
L-5, A-1	4.47 ±0.01 ^{AB}	0.13 ±0.001 ^G	11.26 ±0.11 ^{DE}	0.75 ±0.74 ^J	0.75 ±0.05 ^D	86.41
L-5, A-4	4.11 ±0.01 ^H	0.84 ±0.050 ^C	9.26 ±0.3 ^H	0.68 ±0.03 ^{JK}	0.17 ±0.02 ^I	11.02
L-6, A-5	4.22 ±0.04 ^{FG}	1.00 ±0.090 ^B	10.1 ±0.31 ^G	1.42 ±0.02 ^F	0.56 ±0.02 ^E	10.10
L-7, A-11	4.26 ±0.03 ^E	1.08 ±0.080 ^A	10.8 ±0.1 ^F	0.85 ±0.01 ^I	0.36 ±0.01 ^G	10.00
L-10, A-7	4.44 ±0.03 ^B	0.12 ±0.004 ^{FG}	13.13 ±0.12 ^A	0.62 ±0.06 ^{KL}	0.15±0.02 ^I	109.42
L-11, A-17	4.14 ±0.05 ^H	1.06 ±0.040 ^A	11.07 ±0.15 ^E	0.57 ±0.01 ^L	0.38 ±0.22 ^G	10.44
L-12, A-3	4.36 ±0.03	0.05 ±0.002 ^H	11.93 ±0.11 ^{BC}	1.13 ±0.05 ^H	0.50 ±0.03 ^F	238.60
L-13, A-2	4.39 ±0.02 ^C	0.72 ±0.003 ^D	11.1 ±0.3 ^E	0.73 ±0.14 ^J	0.29 ±0.02 ^H	15.42
L-13, A-10	4.3 ±0.03 ^D	0.14 ±0.002 ^{FG}	13.2 ±0.2 ^A	0.72 ±0.01 ^J	0.17 ±0.01 ^I	94.29
L-15, A-8	4.23 ±0.03 ^{EF}	0.16 ±0.004 ^F	12.06 ±0.11 ^B	1.32 ±0.09 ^G	0.47 ±0.05 ^F	75.38

Nota: Resultados ± Desviación Estándar.

Potencial de Hidrógeno

Los resultados obtenidos del pH se observan en la figura 20, donde la media obtenida por los 16 germoplasmas es de 4.27, se observa que los lotes L-1, A-8, L-10, A-7; y L-5, A-1 presentan los valores de pH superiores a 4.45. Por otro lado, los lotes L-5, A-4; y L-3, A-3 cuentan con los menores valores de pH inferiores a 4.1. En estos resultados se obtuvieron diferencias estadísticas significativas ($r^2=0.9958$ y $P<0.001$) entre los 16 germoplasmas analizados.

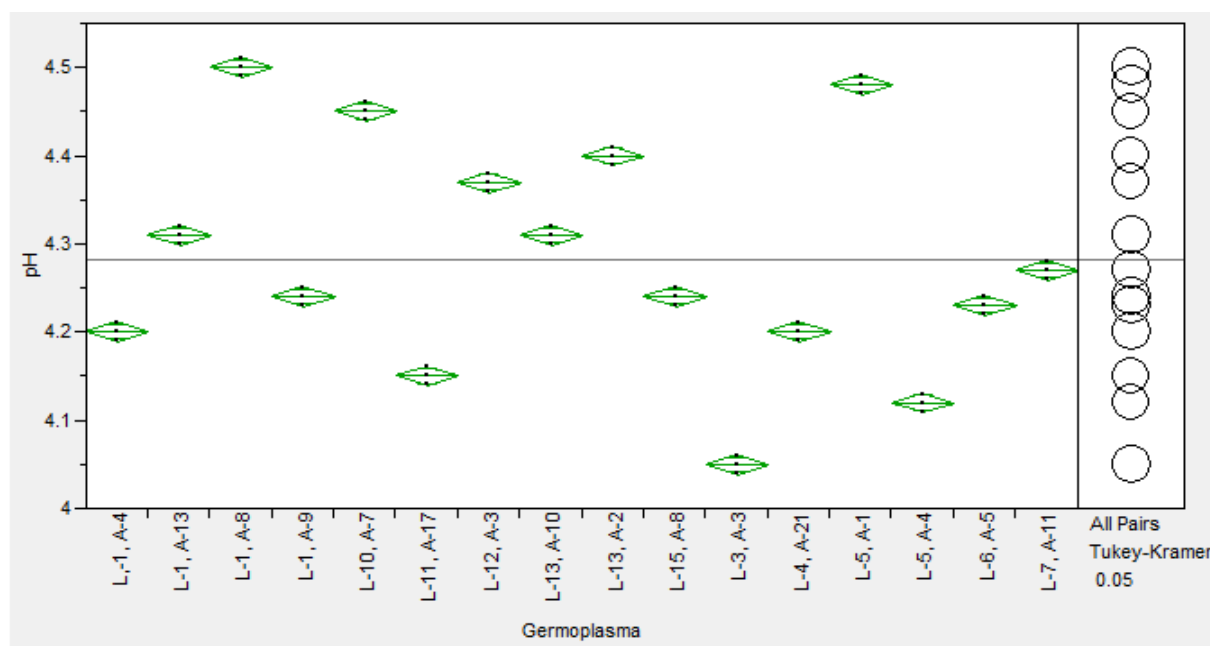


Figura 20. Comparación del análisis de varianza (ANOVA) del potencial de hidrógeno de los 16 germoplasmas.

De acuerdo con (Medina & Pagano, 2003), existen cambios ocurridos conforme el fruto avanza en su proceso de maduración, dentro de los cuales está el incremento en los valores de pH debido a que ocurre una disminución en la acidez total titulable y con esto una reducción de la concentración de iones de hidrógeno presentes.

Acidez titulable

En los resultados de la acidez titulable representado por la cantidad de ácido cítrico de la figura 21, podemos observar que en los 16 germoplasmas la media se encuentra en

0.54%. Así mismo los lotes que presentan un mayor porcentaje de ácido cítrico son los lotes L-1, A-4; L-1, A-13; L-11, A-17 y L-7, A-11 con valores mayores a 1 %. Por otro lado, los lotes L-12, A-3; L-5 A-1; L-10, A-7 y L-1, A-8 tienen valores inferiores a 0.15 % de ácido cítrico. En estos resultados se obtuvieron diferencias estadísticas significativas ($r^2=0.9995$ y $P<0.001$) entre los 16 germoplasmas analizados.

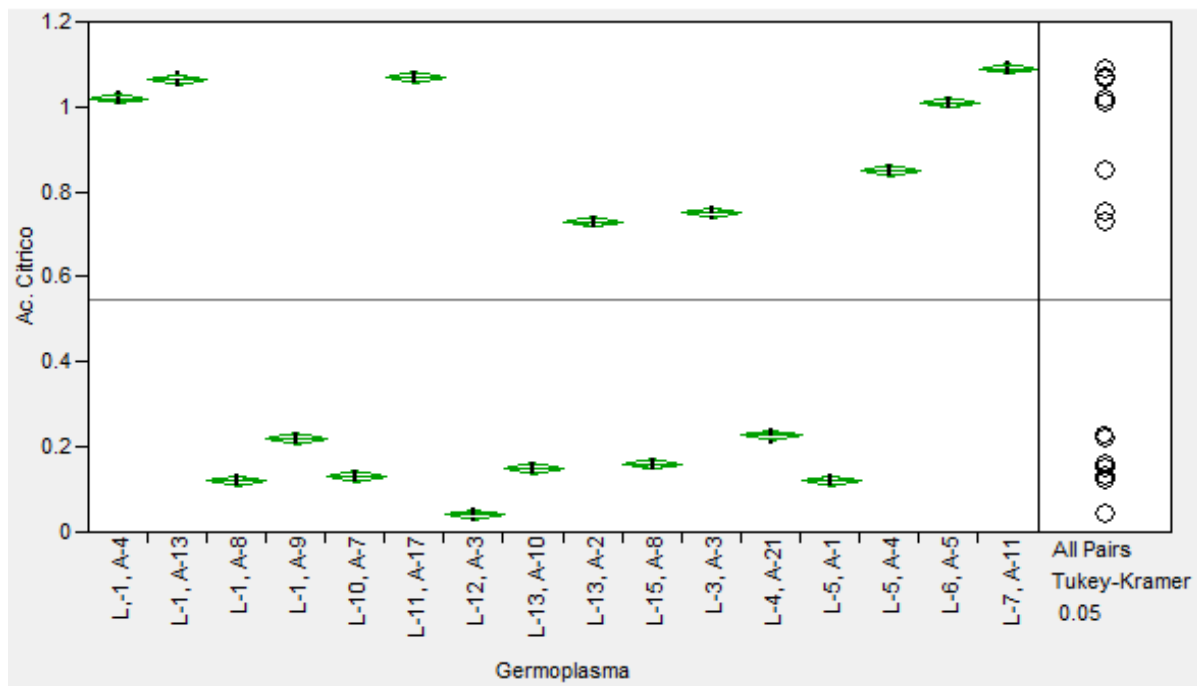


Figura 21. Comparación del análisis de varianza (ANOVA) de ácido cítrico de los 16 germoplasmas.

La acidez titulable es un parámetro químico que sirve como indicador de los diferentes estados de madurez en donde los valores más altos en los porcentajes de ácido se encuentran en frutos que están iniciando el proceso de maduración y posteriormente disminuyendo conforme avanza el proceso (Espinosa Trujillo & Rodríguez Guevara, 2020). Estos ácidos pueden influir directamente sobre el sabor de frutas y hortalizas (NMX-F-102-NORMEX-2010).

Sólidos Solubles Totales

En los resultados obtenidos de los sólidos solubles totales se observa que la media obtenida de los 16 germoplasmas es de 10.85° Brix, donde los lotes que presentaron una mayor cantidad de SST son los lotes L-10, A-7 y L-12, A-3 con valores superiores a 11.90° Brix. Por el contrario, los lotes L-1, A-8 y L-3, A-3 cuentan con valores inferiores a 8.5° Brix. En estos resultados se obtuvieron diferencias estadísticas significativas ($r^2=0.9942$ y $P<0.001$) entre los 16 germoplasmas analizados.

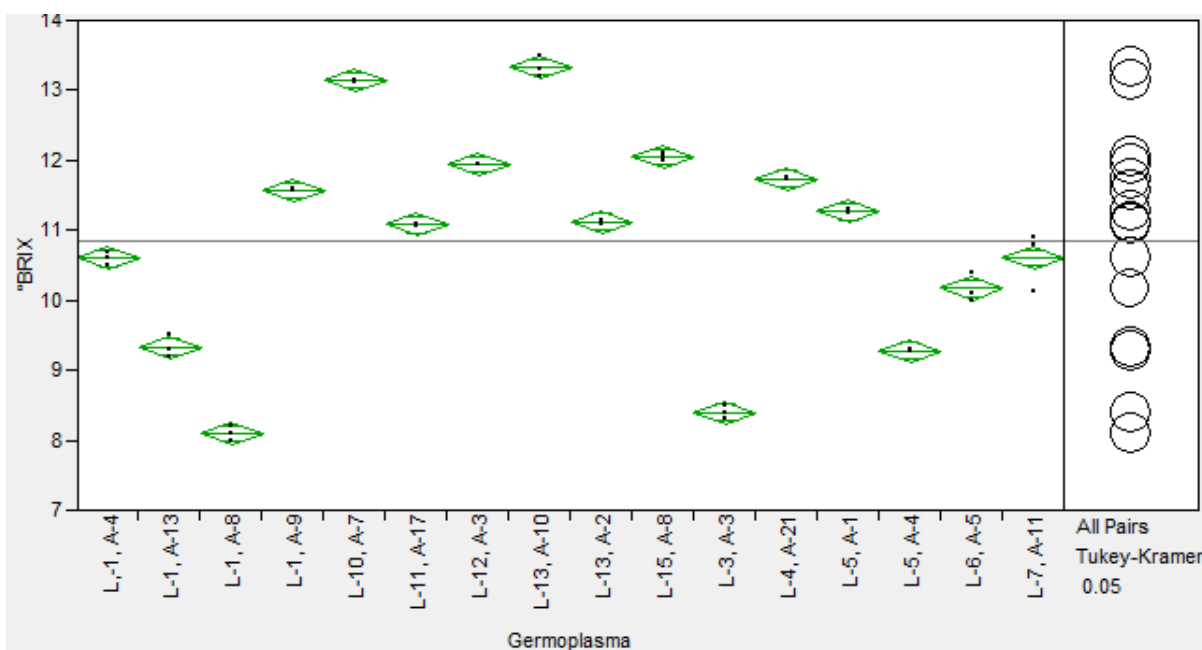


Figura 22. Comparación del análisis de varianza (ANOVA) de Sólidos Solubles Totales de los 16 germoplasmas.

Es importante destacar en sólidos solubles totales que la concentración de azúcares en los frutos tales como fructosa, sacarosa y glucosa incrementa conforme avanza su madurez. La determinación de los sólidos solubles totales es un parámetro importante que además permite identificar el índice de madurez de los frutos. Los SST además de azúcares, están compuestos por ácidos orgánicos, sales y algunas proteínas solubles en agua (Dadzie & Orchard, 2010).

Clorofila

Los resultados obtenidos del análisis de clorofila A mostrados en la figura 23 de los 16 germoplasmas nos muestra una media de 1.57 mg Al-1 donde la mayor concentración observada fue en los frutos del lote L-1, A-9 con 4.47 mg Al-1 y la menor concentración correspondió al lote L-10, A-7 con 0.62 mg Al-1. En estos resultados se obtuvieron diferencias estadísticas significativas ($r^2=0.9996$ y $P<0.001$) entre los 16 germoplasmas analizados.

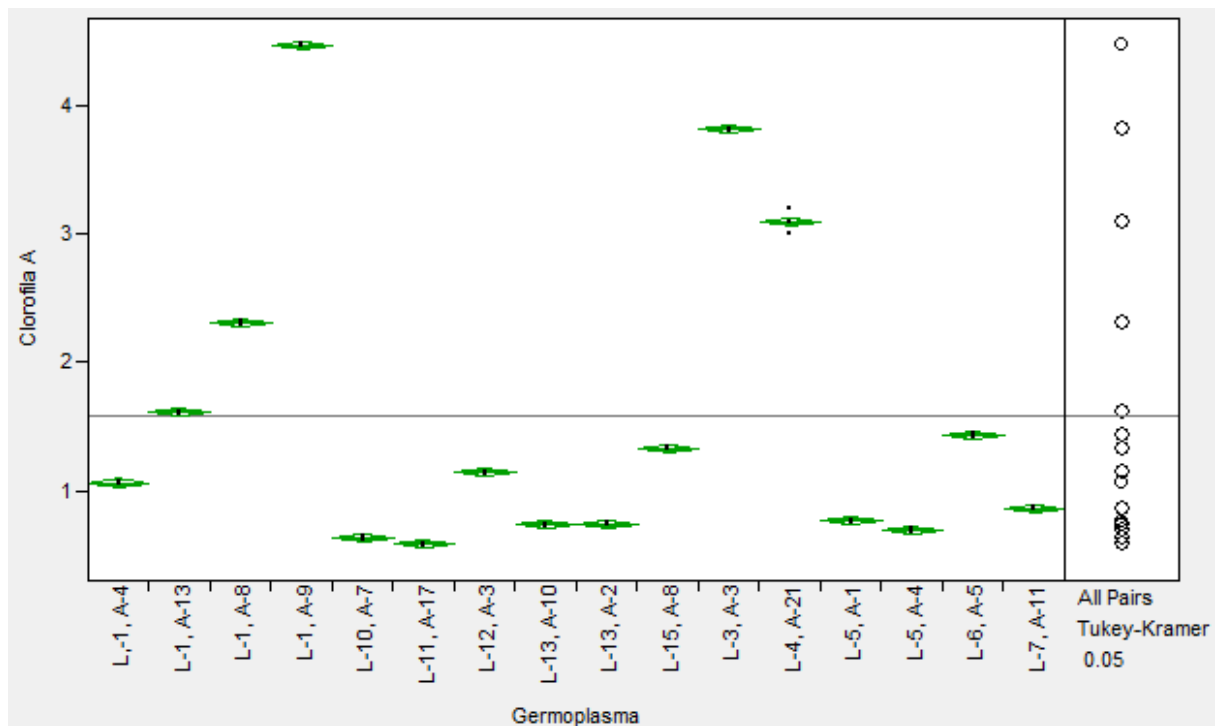


Figura 23. Comparación del análisis de varianza (ANOVA) de clorofila A de los 16 germoplasmas.

Los resultados obtenidos del análisis de clorofila B mostrados en la figura 24 de los 16 germoplasmas nos muestra una media de 0.69 mg Al-1 donde la mayor concentración observada fue en los frutos del lote L-1, A-9 con 2.31 mg Al-1 y la menor concentración correspondió al lote L-10, A-7 con 0.15 mg Al-1. En estos resultados se obtuvieron diferencias estadísticas significativas ($r^2=0.9997$ y $P<0.001$) entre los 16 germoplasmas analizados.

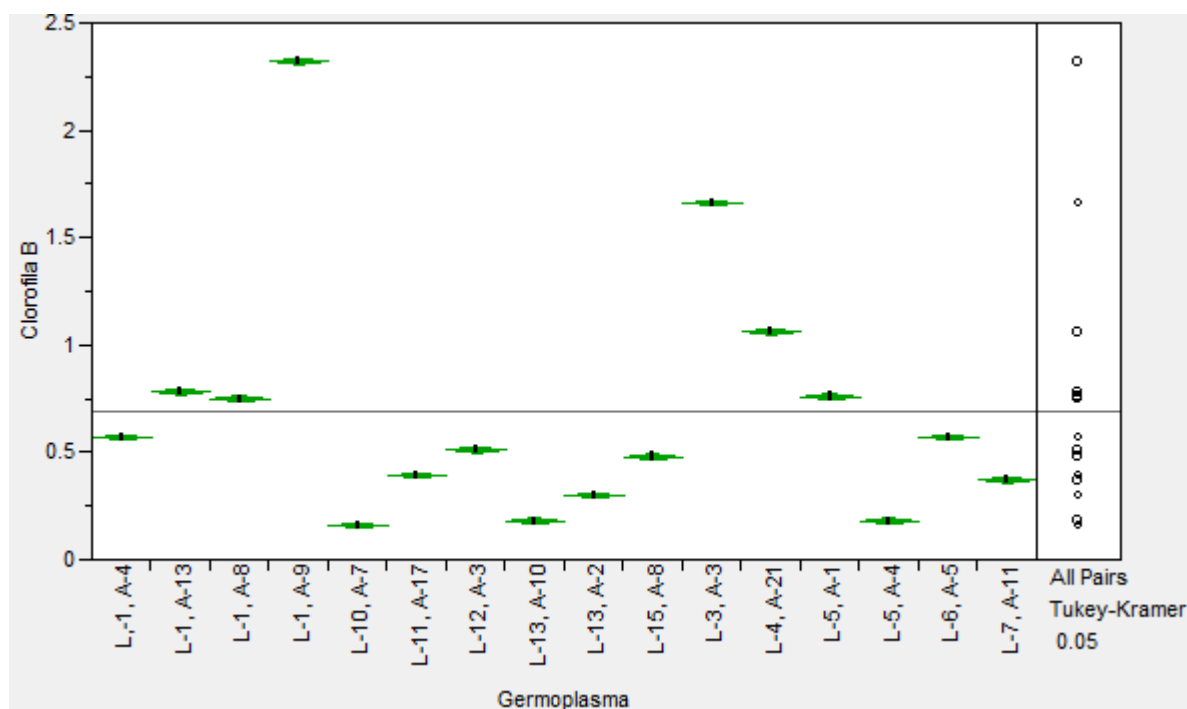


Figura 24. Comparación del análisis de varianza (ANOVA) de clorofila B de los 16 germoplasmas.

Para discutir estos resultados es importante considerar que los pigmentos vegetales tetrapirrólicos responsables del color de la guayaba (*Psidium guajava* L.) se tienen dos; la clorofila a (azul verdoso) y la clorofila b (amarillo verdoso), ambas se encuentran en los cloroplastos y juegan un papel importante en la conversión de energía (Bradley & Bennett, 1982). De acuerdo con Melgarejo en 2018, existe una correlación entre la maduración del fruto y la presencia de clorofilas tanto A como B, donde a mayor índice de maduración menor contenido de clorofilas presentes (Fischer & Melgarejo, 2021).

Índice de madurez

El índice de madurez (IM) es un parámetro obtenido a partir de la relación entre los sólidos solubles totales y el porcentaje de ácido cítrico.

Los resultados obtenidos en las variables SST y ácido cítrico (**tabla 14**), indican que los germoplasmas con base en la NMX-FF-040, 2002 que se encuentran en un estado de sazón o madurez fisiológica son: L-10, A-7; L-13, A-10; L-15, A-8. En tanto que los germoplasmas que salen de la normatividad son: L-1, A-4; L-1, A-8; L-1, A-9; L-1, A-13;

L-3, A-3; L-4, A-21; L-5, A-1; L-5, A-4; L-6, A-5; L-7, A-11; L-11, A-17; L-12, A-3; L-13, A-2.

El IM hace referencia al estado de madurez en el que se encuentra un fruto. Según la NMX-FF-040, 2002 para considerar un fruto adecuado para su consumo en fresco deberá tener un porcentaje en sólidos solubles totales (SST) igual o mayor a 12 y un porcentaje de ácido cítrico igual o menor a 10, los frutos que poseen esta relación se consideran frutos en “estado sazón” o “madurez fisiológica”.

Los valores obtenidos en los parámetros químicos de los germoplasmas evaluados se compararon con los resultados de 5 nuevas variedades de frutos de guayaba (**tabla 15**) y se encontró que la concentración de sólidos solubles totales es mayor en los frutos de los germoplasmas analizados: L-10, A-7 (13.13 °Brix) y L-13, A-10 (13.2 °Brix). De igual forma, el pH fue mayor que el de las nuevas variedades excepto por la variedad Huejucar que tiene valores similares. Dentro de los resultados registrados en el porcentaje de ácido cítrico se obtuvieron valores de 0.11 a 1.08 %, este rango abarca tanto a las nuevas variedades como a las analizadas en esta investigación.

Tabla 15. Parámetros químicos de las nuevas variedades de frutos de guayaba (*Psidium guajava* L.) registradas por el INIFAP (Cazares Romero, 2015).

Variedades	Sólidos solubles totales (°Brix)	Acidez titulable (% de ácido cítrico)	pH
Hidrozac	12.33	1.21	3.76
Calvillo S-XXI	11.66	0.80	3.58
Caxcana	11.33	1.03	3.59
Huejucar	10.33	0.73	4.38
Merita	10.00	0.19	3.97

La Clorofila presente en las guayabas (*Psidium guajava* L.) conforme el proceso de maduración va a avanzando se ve disminuida debido a un proceso de degradación de la molécula por las enzimas Clorofilasa y Clorofila oxidasa, generando que el fruto comience a absorber longitudes de onda diferentes por los compuestos carotenoides de color amarillo, así mismo los cambios de coloración de las guayabas durante el proceso de maduración también van sucediendo como consecuencia de la disminución

de la acidez ya que se reduce la cantidad de iones de hidrógeno presentes generando un producto dulce debido a la hidrólisis de carbohidratos que aumentan el contenido de los azúcares presentes y disminuyendo la acidez conforme pasa el tiempo (Deaquiz-Oyola, 2014).

7.3.2 Determinación de humedad, cenizas y fibra de guayaba

En la **Tabla 16** se muestran los resultados obtenidos de los parámetros bromatológicos analizados en este estudio (Porcentaje de humedad, cenizas y fibra dietética) de los 16 germoplasmas de guayaba (*Psidium guajava* L.).

Tabla 16. Parámetros químicos evaluados en 16 lotes de germoplasma.

Germoplasma	Humedad	Cenizas	Fibra
Lote	%/100g	%/100g	%/100g
L-1, A-4	85.28 ±0.26 ^{CDE}	0.72 ±0.012 ^C	2.05 ±0.04 ^A
L-1, A-8	84.14 ±0.14 ^{DEF}	0.74 ±0.019 ^C	0.92 ±0.03 ^D
L-1, A-9	82.94 ±0.21 ^{FG}	0.75 ±0.036 ^C	2.56 ±0.07 ^A
L-1, A-13	89.30 ±0.37 ^A	0.06 ±0.002 ^H	1.28 ±0.04 ^B
L-3, A-3	87.97 ±0.36 ^{ABC}	0.75 ±0.015 ^{BC}	0.73 ±0.01 ^D
L-4, A-21	83.02 ±0.86 ^{EFG}	0.77 ±0.051 ^B	0.73 ±0.04 ^D
L-5, A-1	82.29 ±0.49 ^{FG}	0.72 ±0.027 ^C	1.27 ±0.02 ^B
L-5, A-4	88.83 ±0.39 ^{AB}	0.48 ±0.036 ^G	0.91 ±0.05 ^{CD}
L-6, A-5	86.50 ±0.14 ^{BCD}	0.72 ±0.030 ^C	0.71 ±0.01 ^D
L-7, A-11	83.82 ±0.43 ^{EFG}	0.89 ±0.030 ^A	0.81 ±0.02 ^D
L-10, A-7	81.62 ±0.40 ^G	0.72 ±0.011 ^C	1.21 ±0.04 ^{BC}
L-11, A-17	85.03 ±0.26 ^{CDE}	0.65 ±0.026 ^D	0.76 ±0.04 ^D
L-12, A-3	84.20 ±0.79 ^{DEF}	0.61 ±0.035 ^E	0.81 ±0.05 ^D
L-13, A-2	85.76 ±0.17 ^{CDE}	0.55 ±0.050 ^F	0.36 ±0.04 ^D
L-13, A-10	81.18 ±0.16 ^G	0.73 ±0.015 ^C	0.76 ±0.04 ^D
L-15, A-8	84.53 ±0.43 ^{DEF}	0.60 ±0.015 ^E	0.82 ±0.03 ^D

Humedad

La determinación de humedad en alimentos es uno de los parámetros de mayor importancia para establecer la calidad, en el caso de las frutas como *Psidium guajava* L.

Los resultados obtenidos de la humedad se pueden observar en la figura 25, donde se reporta que la media del porcentaje de humedad para los 16 germoplasmas es de 85.46%, presentando un mayor porcentaje de humedad en los lotes L-1, A-13 (89.30 %) L-5, A-4 (89.27%) y L-3, A3 (88.32%) y los menores para los lotes L-13, A-10 (81.18 %) y L-10, A-7 (82.20%). En estos resultados se obtuvieron diferencias estadísticas significativas ($r^2=0.9253$ y $P<0.001$) entre los 16 germoplasmas analizados.

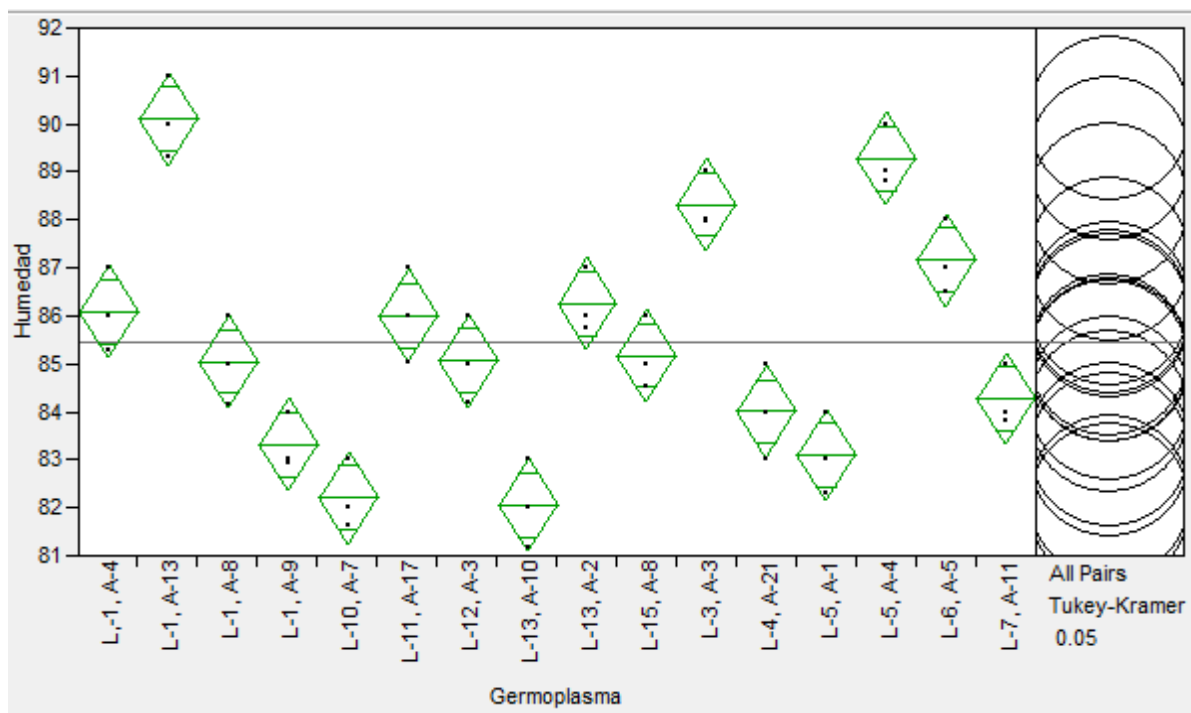


Figura 25. Comparación del análisis de varianza (ANOVA) de humedad de los 16 germoplasmas.

De acuerdo con la literatura revisada el porcentaje de humedad promedio es de 84.9 aproximadamente, entre mayor sea el porcentaje de humedad en el fruto éste tendrá más peso y tamaño, por otra parte, la vida de anaquel será menor debido a la proliferación de microorganismos en el fruto. Un porcentaje menor conlleva a una

firmeza mayor, adecuado para el transporte y comercialización. (Medina & Pagano, 2003).

Cenizas

En la cuantificación de cenizas se expresa el porcentaje de materia inorgánica presente en el fruto estudiado, mediante la eliminación por calcinación de la materia orgánica vegetal y la realización de una determinación gravimétrica a partir del residuo final (Greenfield & Southgate, 2006).

Los resultados obtenidos de cenizas de la figura 26, muestran que la media de los 16 germoplasmas es de 0.66%, donde el valor más alto 0.89 % de cenizas en el lote L-7, A-11 y el más bajo de 0.06 % en el lote L-1, A-13. En estos resultados se obtuvieron diferencias estadísticas significativas ($r^2=0.9977$ y $P<0.001$) entre los 16 germoplasmas analizados.

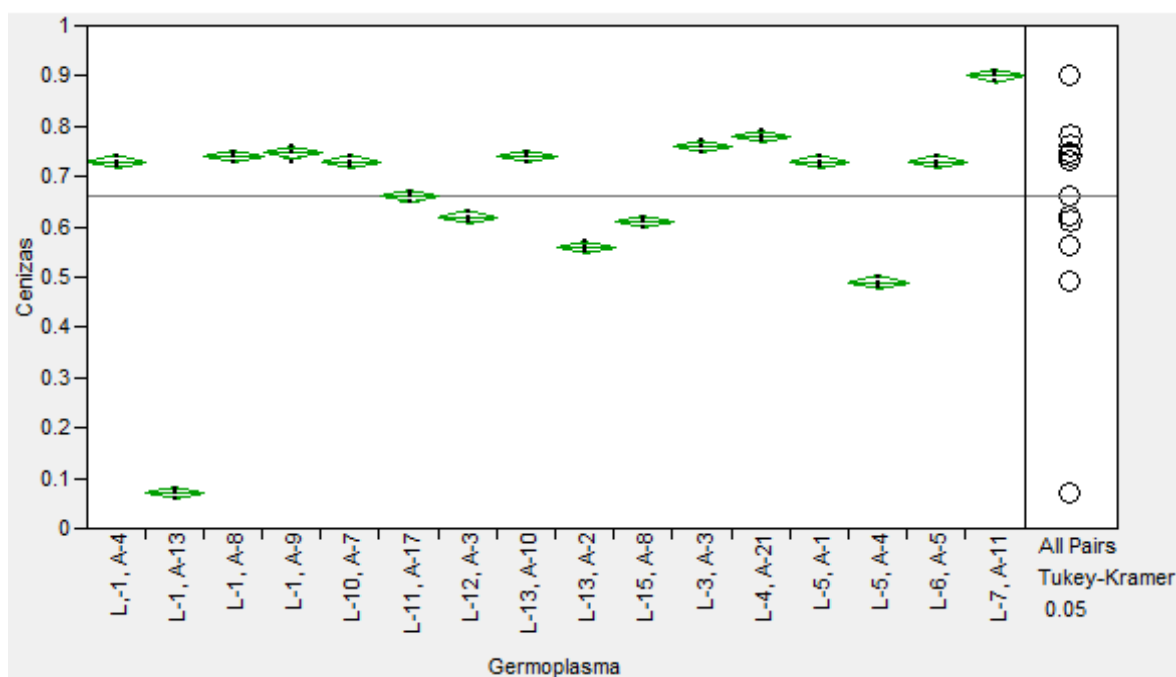


Figura 26. Comparación del análisis de varianza (ANOVA) de cenizas de los 16 germoplasmas.

Es importante mencionar que el empleo de temperaturas mayores a 400°C para realizar una calcinación total de la materia, conlleva a que el resultado obtenido no represente el valor exacto de minerales, debido a la formación y liberación de

compuestos volátiles de sodio, cadmio, entre otros, durante este proceso (Lara-Mantilla, Nerio, & Oviedo-Zumaqué, 2007).

Fibra

La fibra dietética total es la proporción comestible de materia orgánica (celulosas y ligninas) de las plantas que no se puede digerir en medios ácidos o alcalinos, es decir, resiste la hidrólisis de las enzimas que se encuentran en el organismo humano, sufriendo una fermentación parcial, se encuentra formando parte del esqueleto de frutas y hortalizas (PIENSO, 2009).

Los resultados obtenidos de fibra se observan en la figura 27, donde la media del porcentaje de fibra obtenido de los 16 germoplasmas es de 1.04%, los valores más altos observados son los lotes L-1, A-9 (2.56 %) y L-1 el valor mínimo para L-13, A-2 (0.36 %). Comparando los resultados de firmeza de ambos lotes se encuentra que L-1, A-9 presenta mayor firmeza (56.99 N) respecto a L-13, A-2 (24.4 N) lo cual concuerda con los resultados de fibra obtenidos, las guayabas del lote L-1, A-9 tienen mayor cantidad de epicarpio que las del lote L-13, A-2. En estos resultados se obtuvieron diferencias estadísticas significativas ($r^2=0.9610$ y $P<0.001$) entre los 16 germoplasmas analizados.

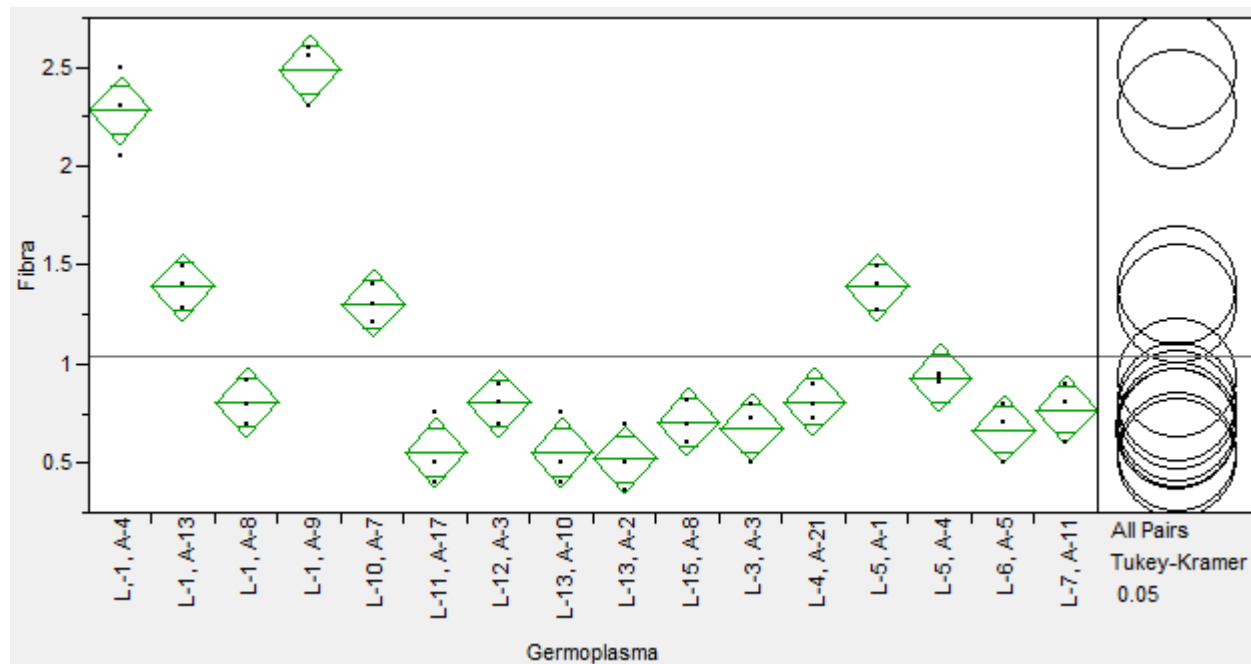


Figura 27. Comparación del análisis de varianza (ANOVA) de fibra de los 16 germoplasmas

Con relación a los resultados obtenidos sobre la fibra de las guayabas, el aporte es bajo; sin embargo, de acuerdo con la fibra presente depende del índice de maduración del fruto ya que conforme avanza el proceso de maduración el contenido de fibra se degrada durante la formación de azúcares (Arrázola Paternina, Barrera Violeth, & Villalba Cadavid, 2013).

De acuerdo con la FAO y la OMS, se recomienda consumir 25g de fibra al día (salud, 2016) por lo que es importante incluir en una dieta balanceada frutas como la guayaba que pueden apoyar en el aporte de fibra y otros importantes nutrientes para mantener una dieta adecuada con los requerimientos necesarios para una vida saludable.

7.4 Determinación de la actividad antioxidante de los frutos de guayaba de los germoplasmas analizados (vitamina C, polifenoles, ABTS Y DPPH)

El aumento de enfermedades crónico-degenerativas ha propiciado el estudio de ciertos alimentos destinados para consumo humano que contienen dentro de sus nutrientes

ciertos compuestos químicos, los cuales cuentan con la capacidad de neutralizar la acción de los radicales libres bloqueando el daño a las células del organismo y, por consiguiente, disminuyen la probabilidad del desarrollo de enfermedades cardiovasculares. Estas moléculas son denominadas antioxidantes (Araya, Clavijo, & Herrera, 2006).

En la **tabla 17** se presentan los parámetros con actividad antioxidante evaluados en *Psidium guajava* L. y una determinación de la concentración expresada en Trolox de la actividad antioxidante utilizando los radicales ABTS y DPPH.

Tabla 17. Concentración de Compuestos con Actividad Antioxidante en *Psidium guajava* L.

Germoplasma	Vitamina C	Polifenoles	ABTS	DPPH
Lote	mg/ 100g	mg de ácido gálico/100g	µg de trolox/100g	µg de trolox/100g
L-1, A-4	223.11 ±2.53 ^E	76.09 ±3.12 ^D	946.13 ±1.64 ^A	544.79 ±1.48 ^A
L-1, A-8	250.41 ±2.67 ^D	80.73 ±1.94 ^{BC}	934.32 ±9.22 ^C	491.06 ±0.64 ^H
L-1, A-9	199.42 ±3.57 ^F	81.50 ±3.65 ^B	943.77 ±1.42 ^{AB}	535.12 ±0.32 ^B
L-1, A-13	13.57 ±1.46 ^O	49.30 ±3.09 ^H	895.61 ±3.75 ^E	474.88 ±1.40 ^I
L-3, A-3	422.61 ±1.58 ^A	68.62 ±3.54 ^E	937.63±1.64 ^C	508.35 ±0.85 ^G
L-4, A-21	192.11±3.17 ^F	77.38 ±1.61 ^{CD}	943.77 ±5.11 ^{AB}	526.94 ±1.67 ^C
L-5, A-1	118.59 ±0.55 ^K	64.76 ±2.04 ^{EF}	942.82 ±4.97 ^{AB}	522.10 ±1.96 ^{CD}
L-5, A-4	165.28 ±2.34 ^G	48.02 ±1.94 ^H	877.20 ±7.50 ^F	437.70 ±0.56 ^J
L-6, A-5	94.97 ±4.51 ^L	60.90 ±2.04 ^F	922.05 ±6.69 ^D	475.26 ±1.16 ^I
L-7, A-11	25.03 ±1.45 ^N	68.37 ±2.71 ^{EF}	946.60 ±1.42 ^A	510.21 ±0.97 ^F
L-10, A-7	149.80 ±8.95 ^H	92.58 ±3.54 ^A	943.30 ±7.27 ^{AB}	516.34 ±0.97 ^{EF}
L-11, A-17	409.22 ±4.74 ^B	68.37 ±3.12 ^E	940.93 ±5.11 ^{AB}	471.54 ±1.61 ^I
L-12, A-3	132.52 ±1.91 ^J	54.71 ±3.54 ^G	940.46 ±2.95 ^B	505.74 ±1.12 ^G
L-13, A-2	78.01 ±4.92 ^M	64.50 ±1.18 ^{EF}	947.54 ±0.82 ^A	505.00 ±0.32 ^G
L-13, A-10	137.79 ±1.47 ^I	77.64 ±1.94 ^D	944.71 ±0.82 ^{AB}	539.21 ±2.01 ^B
L-15, A-8	311.45 ±1.93 ^C	81.50 ±1.61 ^B	940.46 ±8.30 ^B	520.80 ±0.56 ^{DE}

Nota: Compuestos Antioxidantes y Actividad Antioxidante ± Desviación Estándar.

7.4.1 Concentración de Vitamina C en guayaba

La vitamina C presente en *Psidium guajava* L. es un antioxidante natural que actúa disminuyendo el estrés oxidativo en el organismo estabilizando especies reactivas de oxígeno (ROS) mediante la donación de electrones (Castillo, 2019). Se le puede encontrar en frutas frescas y hortalizas, es un macronutriente sensible a la luz y soluble en agua (Bastías & Cepero, 2016). En la **Tabla 18** se presenta la cantidad de vitamina C en distintas variedades, expresada en mg de vitamina C/100 g de muestra.

Tabla 18. mg de vitamina C/100 g de muestra en distintas variedades de *Psidium guajava* L.

Variedad	mg de Vitamina C/100 g
Pera	78.2
Regional Roja	268.7
Regional blanca	216.6
Manzana	175.5

(Rojas Barquera & Narváez Cuenca, 2009).

En la **figura 27** se presentan los resultados obtenidos para cada uno de los 16 germoplasmas donde podemos observar que la media de vitamina C fue de 183.33 mg, destacando los valores más altos para los lotes L-3, A-3 (422.61 mg) y L-11, A-17 (410.40 mg) y por otro lado los valores inferiores se obtuvieron en los lotes L-1, A-13 (13.57 mg) y L-7, A-11 (26.67 mg). En estos resultados se obtuvieron diferencias estadísticas significativas ($r^2=0.9998$ y $P<0.001$) entre los 16 germoplasmas analizados.

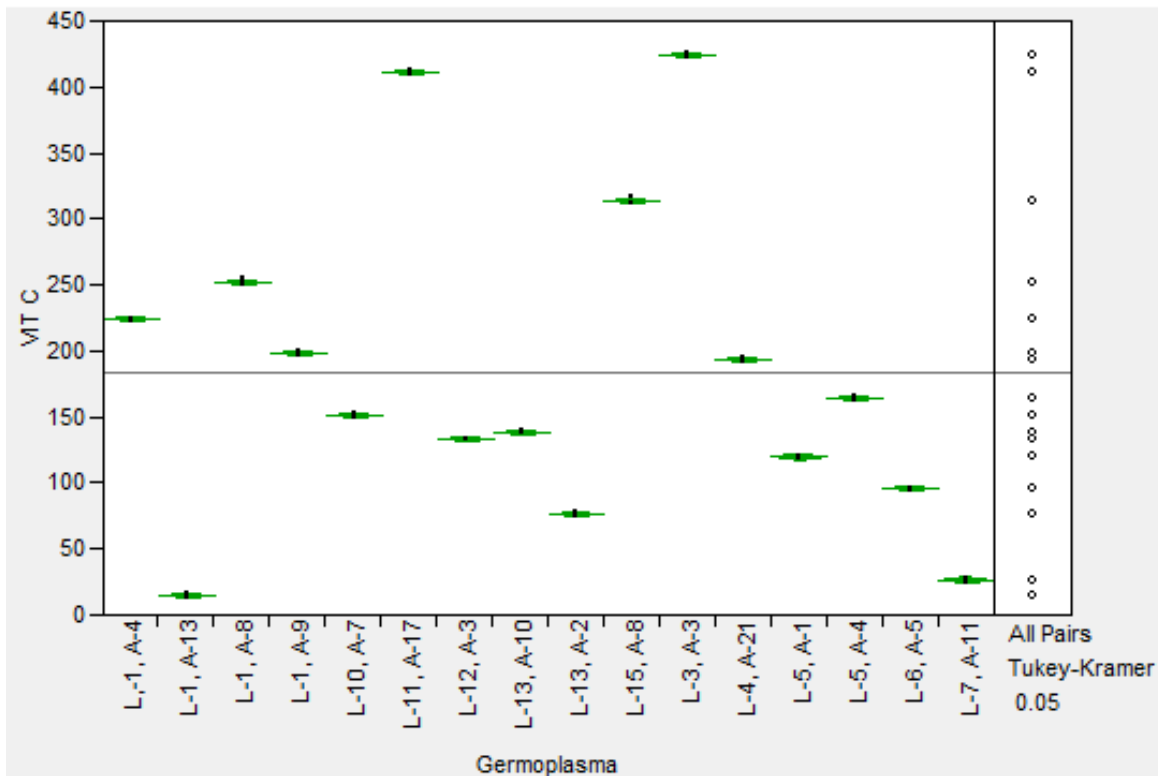


Figura 27. Comparación del análisis de varianza (ANOVA) de vitamina C de los 16 germoplasmas.

Tomando en cuenta la norma NOM-051-SCFI/SSA1 2010, donde se establece una ingesta diaria recomendada (IDR) de ácido ascórbico equivalente a 60 mg de vitamina C en personas adultas, por lo que el consumo regular de guayabas aporta una valiosa cantidad de vitamina C, que al ser parte de una dieta balanceada puede apoyar al cumplimiento e inclusive exceder la IDR.

7.4.2 Determinación de Polifenoles totales en frutos de guayaba

El desequilibrio provocado por la presencia de moléculas oxidantes es causante de la muerte celular en el cuerpo humano. No obstante, las sustancias fenólicas que comprenden una parte de los nutrimentos obtenidos de las frutas y hortalizas tienen un papel importante debido a su acción antioxidante disminuyendo la probabilidad de sufrir enfermedades cardiovasculares al captar radicales libres (Barberán, 2003).

En la **figura 28** se presenta la concentración de polifenoles totales donde podemos observar que la media obtenida de los 16 germoplasmas estudiados fue de 69.66 mg, la concentración más alta obtenida fue del lote 92.58 mg que corresponde al lote L-10, A-7; y la menor concentración correspondió al germoplasma L-5, A-4 (48.02 mg). En estos resultados se obtuvieron diferencias estadísticas significativas ($r^2=0.9882$ y $P<0.001$) entre los 16 germoplasmas analizados.

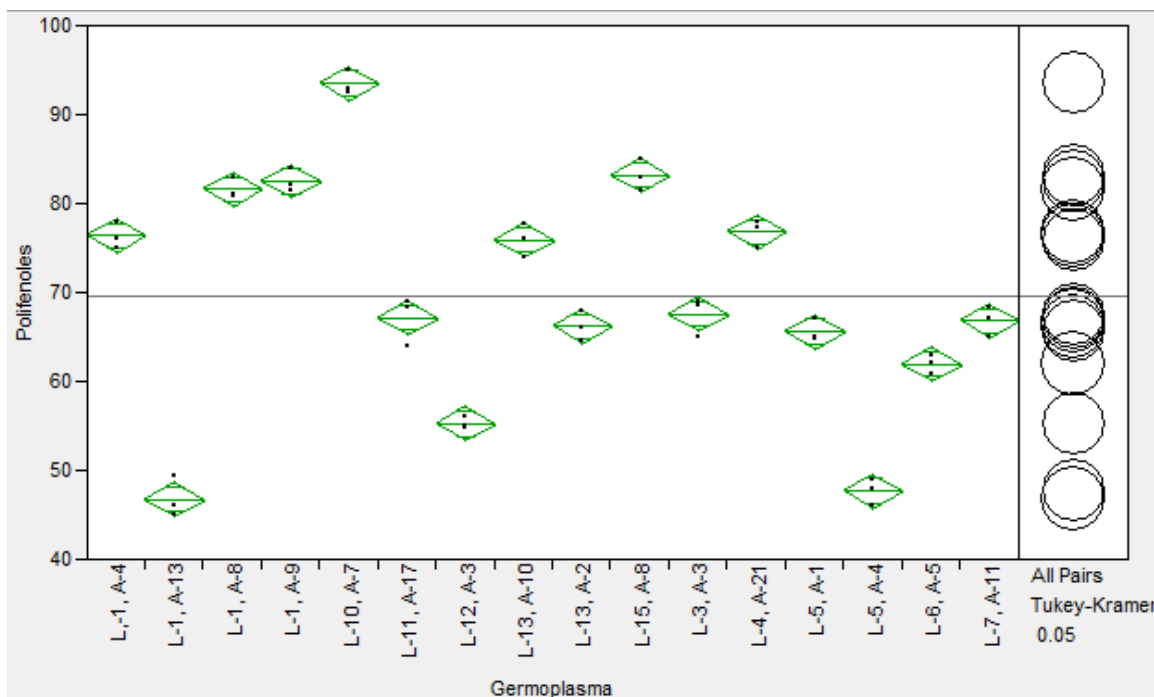


Figura 28. Comparación del análisis de varianza (ANOVA) de polifenoles de los 16 germoplasmas.

Los polifenoles tienen un papel importante dentro de los antioxidantes, entre ellos destaca el ácido gálico, el cual, además de ser un antirradical por excelencia, también presenta actividad contra bacterias, virus y hongos. Así mismo este ácido actúa como un quelante sobre metales como el cobre o el plomo para ser excretados del cuerpo (Costa Nobre, Rodrigues Macedo, Silva, Santos Lopes, & Lizarazo Jaimes, 2019).

De acuerdo con los resultados obtenidos por (Naksuriya & Okonogi, 2015), la presencia de polifenoles como el ácido gálico en combinación con otros antioxidantes como la vitamina C y E, o algunos compuestos como la curcumina presentan efectos sinérgicos en su capacidad antioxidante.

7.4.3 Cuantificación de la actividad antioxidante de guayaba por ABTS

Los radicales libres como el 2,2'-azino-bis (ácido 3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico) (ABTS), es utilizado al igual que el DPPH para estimar la capacidad antioxidante de plantas y compuestos naturales, utilizando diversos solventes prediluyentes y distintos tiempos de reacción (Jian-Wei Dong & Yun Xing, 2015).

En la **Figura 29** se presenta la concentración de ABTS donde podemos observar que la media obtenida de los 16 germoplasmas estudiados fue de 934.86 μg de trolox/100g, las concentraciones más altas obtenidas fueron de los lotes L-13, A-2 y L-7, A-11 con valores de 947.54 y 946.60 μg de trolox/100g respectivamente; y la menor concentración correspondió al germoplasma L-5, A-4 con 877.20 μg de trolox/100g. En estos resultados se obtuvieron diferencias estadísticas significativas ($r^2=0.9966$ y $P<0.001$) entre los 16 germoplasmas analizados.

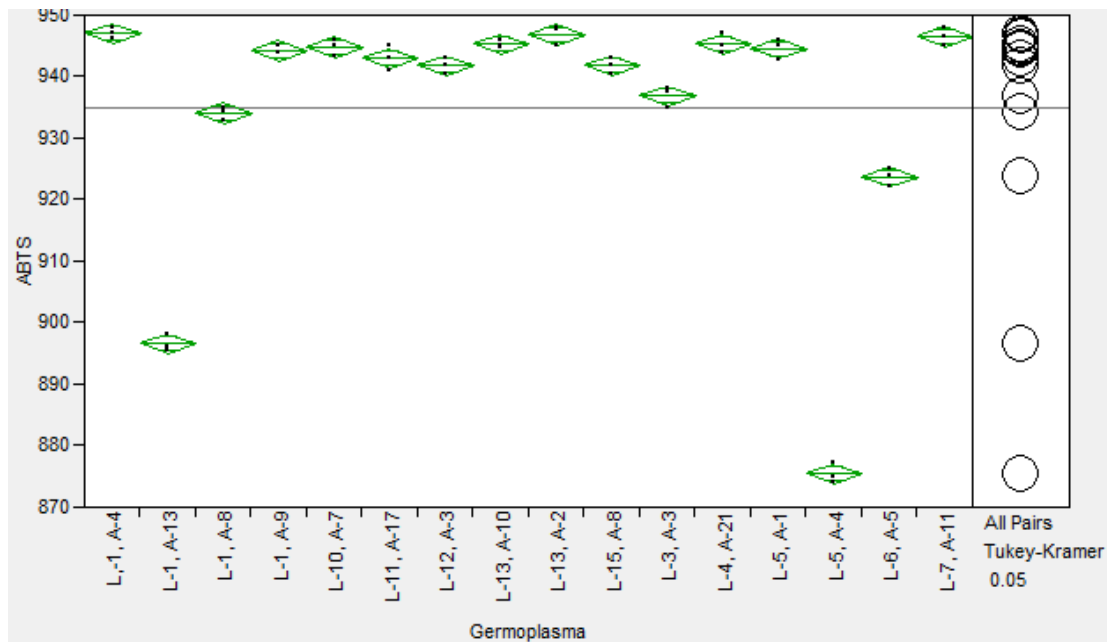


Figura 29. Comparación del análisis de varianza (ANOVA) de ABTS de los 16 germoplasmas.

Los resultados obtenidos indican una importante capacidad antioxidante de los germoplasmas analizados, donde al igual que otros estudios similares como los presentados por (Fu, y otros, 2011), la guayaba es considerada dentro de las frutas con

mayor actividad de antioxidantes, junto con los dátiles chinos, las granadas, el caqui, la ciruela, el wampee chino, la cereza y la piña.

7.4.4 Cuantificación de la actividad antioxidante de guayaba por DPPH

Los radicales libres como el 2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo (DPPH), son moléculas cuya característica principal es tener uno o más electrones en su orbital más externo, lo cual genera que sean muy reactivos al medio en el que se encuentran. Los seres humanos generamos radicales libres en la cadena respiratoria mitocondrial y a su vez contamos con mecanismos contra la presencia dañina de radicales libres, en su mayoría por acción enzimática.

El DPPH es un radical libre utilizado principalmente en la evaluación de la capacidad antioxidante ya que tiene la capacidad de reaccionar con compuestos antioxidantes que se caracteriza por la cesión de un átomo de hidrogeno proporcionado por el antioxidante (Guija Poma, M., Ponce Pardo, & E., 2015).

En la **Figura 30** se presenta la concentración de DPPH donde podemos observar que la media obtenida de los 16 germoplasmas estudiados fue de 505.79 μg de trolox/100g, las concentraciones más altas obtenidas fueron de los lotes L-1, A-4 y L-13, A-10 con valores de 544.79 y 539.21 μg de trolox/100g respectivamente; y la menor concentración correspondió al germoplasma L-5, A-4 con 437.70 μg de trolox/100g. En estos resultados se obtuvieron diferencias estadísticas significativas ($r^2=0.9977$ y $P<0.001$) entre los 16 germoplasmas analizados.

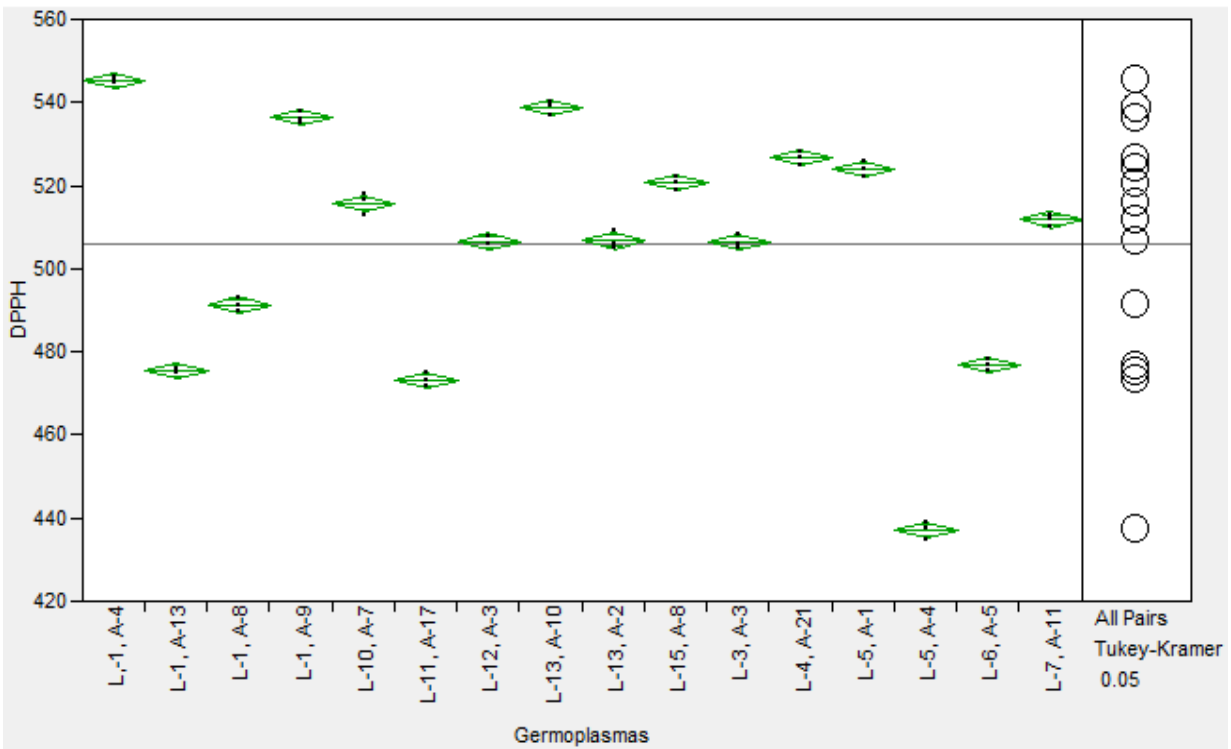


Figura 30. Comparación del análisis de varianza (ANOVA) de DPPH de los 16 germoplasmas.

El consumo continuo de alimentos con una actividad antioxidante importante ayuda a prevenir diferentes enfermedades causadas por la acción de radicales libres mejorando así la salud de la población en general debido a su capacidad de neutralizar los efectos negativos de los radicales libres a los que se encuentra expuesto continuamente el cuerpo humano (Zapata , Cortes, & Rojano , 2013), es por eso que con base a los resultados obtenidos en los frutos evaluados se considera que su consumo en un régimen alimentario diario puede ayudar a mejorar la salud de las personas.

En la **tabla 19** se muestran los porcentajes inhibición de los radicales libres sintéticos de referencia (ABTS y DPPH) inducidos por los extractos de los frutos de guayaba (*Psidium guajava* L.) donde podemos observar que el ABTS tiene más de un 10% de inhibición con respecto a DPPH derivado de la actividad antioxidante de los germoplasmas analizados.

Tabla 19. Porcentaje de inhibición de 16 germoplasmas en *Psidium guajava* L. respecto a los radicales ABTS Y DPPH.

Germoplasma	ABTS	DPPH
Lote	% Inhibición	% Inhibición
L-1, A-4	98.81	88.22
L-1, A-8	97.62	77.52
L-1, A-9	98.57	86.30
L-1, A-13	93.71	74.30
L-3, A-3	97.95	80.96
L-4, A-21	98.57	84.67
L-5, A-1	98.48	83.70
L-5, A-4	91.86	66.89
L-6, A-5	96.38	74.37
L-7, A-11	98.86	81.33
L-10, A-7	98.52	82.56
L-11, A-17	98.29	73.63
L-12, A-3	98.24	80.44
L-13, A-2	98.95	80.30
L-13, A-10	98.67	87.11
L-15, A-8	98.24	83.44

7.5 Comparaciones entre los germoplasmas

Se realizó un análisis comparativo utilizando todos los parámetros obtenidos de los 16 germoplasmas para identificar grupos de similitud, de acuerdo a sus características de los 19 parámetros medidos, utilizando para ello un dendrograma tipo clúster donde obtuvimos los resultados observados en la figura 30.

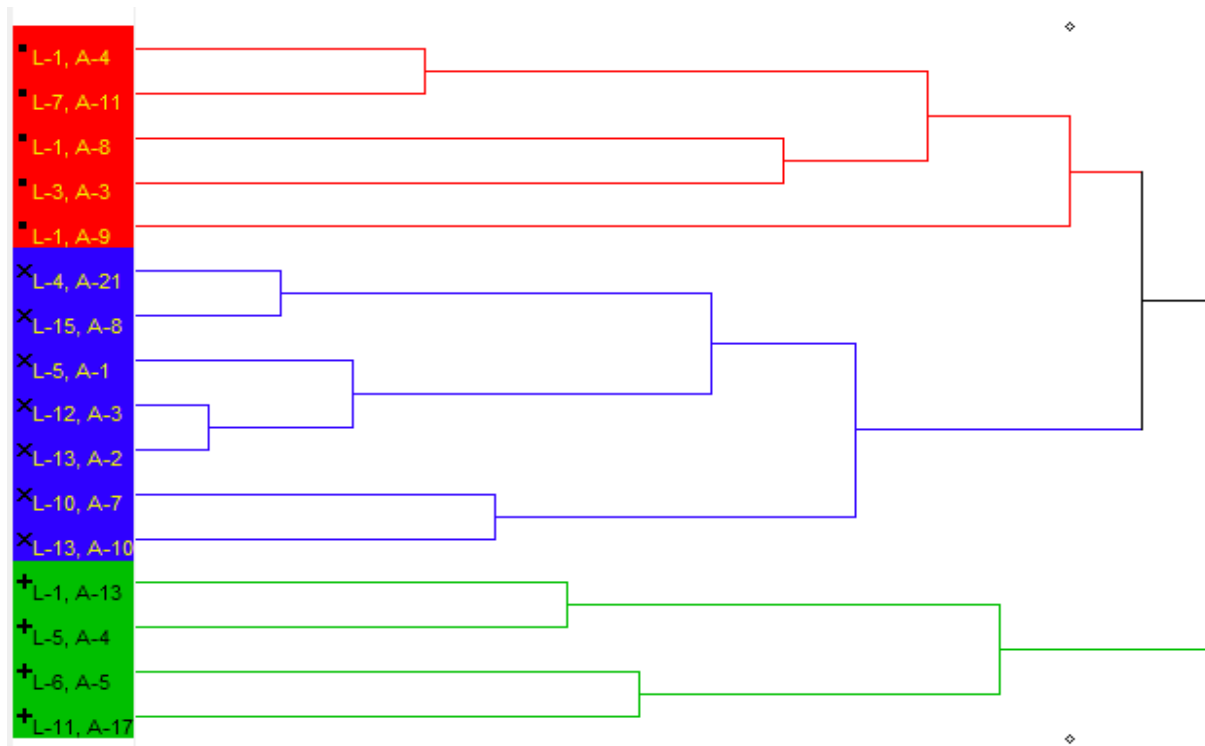


Figura 31. Dendrograma tipo clúster de los 16 germoplasmas

Con el análisis de los clúster se identificaron 3 grupos característicos donde se puede observar similitudes entre ellos destacando lo siguiente:

En el primer grupo identificado con el color rojo se observa que tiene valores altos en Vitamina C, polifenoles y capacidad antioxidante, son medianamente altos en fibra, humedad, ácido cítrico y grados Brix (L-1, A-4; L-1, A-8; L-1, A-9; L-3, A-3 y L-7, A-11).

El segundo grupo identificado con el color azul, cuenta con valores altos en grados Brix, fibra dietética, y medianamente altos en capacidad antioxidante y vitamina C, valores medios y bajos en ácido cítrico, textura y humedad. (L-4, A-21; L-5, A-1; L-10, A-7; L-12, A-3; L-13, A-2; L-13, A-10 y L-15, A-8).

Finalmente, el tercer grupo identificado como color verde cuenta con características altas y medianas en ácido cítrico, grados Brix, textura, humedad y fibra dietética; se aprecian valores medios y bajos en vitamina C, polifenoles y capacidad antioxidante (L-1, A-13; L-5, A-4; L-6, A-5 y L-11, A-17).

8. CONCLUSIONES

- ❖ Se Determinó la actividad antioxidante y características fisicoquímicas de los germoplasmas de guayaba (*Psidium guajava* L.), de lo cual concluimos que en un 70% los germoplasmas analizados cuentan con excelentes cualidades para formar parte de una dieta balanceada, que beneficie al consumidor para disminuir enfermedades crónico-degenerativas.
- ❖ Se estableció una clasificación en función del peso y el diámetro de los 16 germoplasmas con base en las normativas CODEX-STAN-215-1999 y NMX-FF-040, 2002, observando que corresponden a la categoría de primera, de lo anterior podemos concluir que el peso y tamaño son adecuados para su venta nacional y de exportación.
- ❖ Se midió la actividad antioxidante y el ácido ascórbico en los germoplasmas, encontrando una correlación entre los valores altos de ácido ascórbico y capacidad antioxidante en el 25% de las guayabas (*Psidium guajava* L.), lo cual indica que son una fuente importante de antioxidantes.
- ❖ Realizamos la cuantificación de ácido ascórbico de los germoplasmas y demostramos que para una dieta adecuada con base en los requerimientos de la NOM-051-SCFI/SSA1-2010 se pueden incorporar la guayaba (*Psidium guajava* L.) a una dieta sana para complementar la ingesta diaria recomendada de 60 mg por día.
- ❖ Existen diferencias significativas entre las características propias de los 16 germoplasmas analizados, demostrando así la amplia variabilidad que presenta *Psidium guajava* L.
- ❖ *Psidium guajava* L. de acuerdo con los resultados obtenidos en los germoplasmas, se puede concluir que es un alimento con altos valores de vitamina C, polifenoles, capacidad antioxidante, grados Brix y ácido cítrico, gracias a esto, es un excelente alimento altamente recomendable como parte de una dieta balanceada, que apoya en la prevención de enfermedades causadas por estrés oxidativo.

9. PERSPECTIVAS

La información generada en la presente investigación ha generado perspectivas que se destacan a continuación:

- Incentivar el desarrollo de programas de conservación, preservación y propagación de frutos de interés agronómico.
- Trabajar en función de facilitar la disponibilidad de una amplia variedad de frutos, así como datos para su mejor manejo.
- Promover el cuidado de la salud y prevención de enfermedades a través de la concientización del consumo de guayaba gracias a su alto contenido de vitamina C, actividad antioxidante y bajas concentraciones de SST.
- Otorgar un valor agregado con base en las características de *Psidium guajava* L. requeridas por diversos sectores como el industrial, comercial y de salud.
- Creación de programas para el mejoramiento fitogenético de las variedades de guayaba y aumentar su productividad y consumo.
- Propiciar la conservación de la diversidad genética existente.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, M. (2019). POLIFENOLES: COMPUESTOS BIOACTIVOS CON EFECTOS BENÉFICOS EN LA PREVENCIÓN DE DIABETES TIPO 2. *RedCien*, 13-18.
- Anónimo. (2018). *Facultad de ciencia agropecuarias* . Obtenido de <http://www.agro.unc.edu.ar/~paginafacu/servicios/germo/queson.html>
- Anónimo. (s.f.). *eumed.net*. Obtenido de <https://www.eumed.net/libros-gratis/2011c/981/proceso%20de%20transicion.html>
- Araya, L. H., Clavijo, R. C., & Herrera, C. (2006). Capacidad antioxidante de frutas y verduras cultivados en Chile. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 361-365.
- Arias, C. M. (2009). CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICO Y SENSORIAL DE NABIZA Y GRELO (BRASSICA RAPA L.). (*Tesis de doctorado*). Universidad de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela.
- Arrázola Paternina, G. S., Barrera Violeth, J. L., & Villalba Cadavid, M. (2013). Determinación física y bromatológica de la guanábana cimarrona (*Annona glabra* L.) del departamento de Córdoba. *Universidad de Córdoba. Colombia*, 159-166.
- Asenjo, V. J., Morales, d. I., Sainz, U. R., & Tapia, H. L. (2015). *PRODUCCIÓN DE ALCOHOLES VOLÁTILES DURANTE MADURACIÓN DE LOS FRUTOS*. Obtenido de https://webs.ucm.es/info/cvicente/seminarios/maduracion_frutos.pdf
- Barberán, T. (2003). Los polifenoles de los alimentos y la salud. *ALIMENTACION, NUTRICION Y SALUD*, 41-53.
- Bastías, M. J., & Cepero, Y. B. (2016). La vitamina C como un eficaz micronutriente en la fortificación de alimentos. *Revista chilena de nutrición*, 81-86.
- Borja, B. M., García, S. J., Cuevas, R. V., Arellano, A. S., & Almeraya, Q. S. (2019). Competitividad y eficiencia económica de los sistemas de producción de guayaba en Calvillo, Aguascalientes. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* .
- Bradley, A. F., & Bennett, T. P. (1982). *Bioquímica*. España: REVERTE, S. A.

- Camacho, A. B., & Granados, P. W. (2018, agosto s.f.). *CADENA DE GUAYABA INDICADORES E INSTRUMENTOS AGOSTO 2018*. Obtenido de <https://sioc.minagricultura.gov.co/Guayaba/Documentos/2018-08-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>
- Camelo, A. F. (2003). *Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas*. Balcarce, Argentina.
- Castillo, V. E. (2019). Vitamina C en la salud y en la enfermedad. *Revista de la Facultad de Medicina Humana*, 95-100.
- Cazares Romero, A. (2015). Caracterización de 5 nuevas variedades de guayaba (*Psidium guajava* L.) adaptadas a la región productora de Zitácuaro, Michoacán. *UMSNH*, 34-55.
- CID, J. M. (2011, Agosto 30). *CID JORGE MARIO*. Obtenido de <http://cidjorgemario.blogspot.com/2011/08/analisis-bromatologico.html>
- Córdova, T. L., López, P. A., Reyes, S. P., Villegas, M. A., Cadena, I. J., Mera, O. L., . . . Gámez, M. O. (2015). Resultados en conservación, uso y aprovechamiento sustentable de recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura. *Asociación Nacional para la Innovación y Desarrollo Tecnológico Agrícola, A. C.*, 13-325.
- Costa Nobre, D. A., Rodrigues Macedo, W., Silva, G. H., Santos Lopes, L., & Lizarazo Jaimes, E. H. (2019). Aplicación y efecto antioxidante del ácido gálico sobre la calidad de semillas de trigo. *Revista de Ciencias Agrarias*, 22-29.
- Dadzie, B. K., & Orchard, J. E. (2010, s.f. s.f.). *Evaluación rutinaria postcosecha de híbridos de bananos y plátanos: criterios y métodos*. Inibap. Obtenido de https://books.google.com.mx/books?id=hkQQW5kLMPUC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Deaquiz-Oyola, Y. A. (2014). LOS FRUTOS Y SU FOTOSÍNTESIS. *Conexión Agropecuaria JDC*, 39-47.

- DECCO. (2018, Agosto 28). *Procesos de cambio durante la maduración de la fruta*. Obtenido de <https://www.deccoiberica.es/procesos-cambio-maduracion-de-la-fruta/#:~:text=La%20maduraci%C3%B3n%20de%20la%20fruta%20consiste%20en%20la%20secuencia%20de,apto%20para%20el%20consumo%20humano>.
- Espinal Ruíz , M. (2010). *Core.ac.uk*. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/11053015.pdf>
- Espinosa Trujillo, L. Y., & Rodríguez Guevara, J. M. (2020). *UNAD*. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/33494?fbclid=IwAR2AJ0719NOaCwGrq3tRNqzd7WRQrKBKOK05yF580iTswALo7X0Im9WDby4>
- FAO, & Latham, M. C. (2002). *NUTRICIÓN HUMANA EN EL MUNDO EN DESARROLLO*. Ithaca, Nueva York, Estados Unidos.
- Ferreira, J., & Campa Negrillo, A. (2019). La firmeza y dureza en la valoración de la calidad física de los frutos de arándano. *Tecnología Agroalimentaria. Boletín informativo del SERIDA*, 12-15.
- Fischer, G., & Melgarejo, M. (2021). Aspectos ecofisiológicos de la guayaba (*Psidium guajava* L.). Una revisión. *REVISTA COLOMBIANA DE CIENCIAS HORTÍCOLA*, 2-11.
- FotoNostra. (s.f., s.f. s.f.). *FotoNostra*. Obtenido de <https://www.fotonostra.com/grafico/teoriacolor.htm>
- Fu, L., Xu, B.-T., Xu, X.-R., Gan, R.-Y., Zhang, Y., Xia, E.-Q., & Li, H.-B. (2011). Antioxidant capacities and total phenolic contents of 62 fruits. *Food Chemistry*, 345-350.
- Gámez Pastrana , R. (2010, Julio 16). *Universidad Veracruzana* . Obtenido de <https://www.uv.mx/personal/mgamez/docencia/metodos-de-conservacion-de-germoplasma/>
- García, A. S. (2006). *FAMILIAS DEL ORDEN HEMIPTERA (INSECTA: ARTHROPODA) PRESENTES EN*. Obtenido de <https://www.socmexent.org/entomologia/revista/2019/EA/EA%20242-247.pdf>

- García, M. E., & Fernandez, S. I. (s.f., s.f. s.f.). Determinación de la humedad de un alimento por un método gravimétrico indirecto por desecación. Valencia, n/a, n/a.
- Gélvez, T. C. (2000). *Manejo Post-Cosecha y Comercialización de Guayaba (Psidium guajava L.* n/a: SENA.
- Gonzáles, G. E., Padilla, R. J., Reyes, M. L., Perales, D. I., & Esquivel, V. F. (2002). *GUAYABA SU CULTIVO EN MÉXICO*. Aguascalientes, México: INIFAP.
- Greenfield, H., & Southgate, D. A. (2006). *Datos de composición de alimentos*. Roma: FAO.
- Guija Poma, E. A., M., I. C., Ponce Pardo, J., & E., Z. N. (2015). Evaluación de la técnica 2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo (DPPH) para determinar capacidad antioxidante. *Horiz Med*, 57-60.
- Hernández Delgado, S., Padilla Ramírez , J. S., & Mayek Pérez , N. (2017). Caracterización morfológica de germoplasma de guayabos de México: implicaciones en su conservación y mejoramiento genético . *Braiseleira de fruticultura* , 1-11.
- Hidalgo, F. R., Gómez, U. M., Escalera, C. D., & Quisbert, D. S. (2015). Beneficios de la guayaba para la salud. *Revista de Investigación e Información en Salud*.
- Iriondo , J. (2001, Enero 19). *INIA* . Obtenido de http://www.inia.es/gcontrec/pub/germoplasma_1161158274546.pdf
- Jian-Wei Dong, L. C., & Yun Xing, J. Y.-T. (2015). Re-evaluation of ABTS⁺ Assay for Total Antioxidant Capacity of Natural Products . *Natural Product Communications* , 2169 - 2172.
- Jiménez López , M. (2020, Marzo 18). *Mejor con salud*. Obtenido de <https://mejorconsalud.as.com/alimentos-ricos-en-agua/>
- Konica. (s.f., s.f. s.f.). *Konica Minolta*. Obtenido de <https://sensing.konicaminolta.us/mx/blog/entiendiendo-el-espacio-de-color-cie-lch/>

- Lara-Mantilla, C., Nerio, L., & Oviedo-Zumaqué, L. (2007). Evaluación fisicoquímica y bromatológica de la guayaba agria (*psidium araca*) en dos estados de maduración. *Universidad de Córdoba, Departamento de Química*, 13-21.
- Lobo Arias, M., & Medina Cano, C. I. (2009). Conservación de recursos genéticos de la agrobiodiversidad como apoyo al desarrollo de sistemas de producción sostenibles. *Corpoica*, 33-42.
- Medina, B. M., & Pagano, G. F. (2003). Caracterización de la pulpa de guayaba (*Psidium guajava* L.) tipo "Criolla Roja". *Revista de la Facultad de Agronomía*.
- Mexicanos, L. (2017, enero 4). *México, 5° productor de Guayaba a nivel mundial*. Obtenido de <https://lideresmexicanos.com/gobierno-en-linea/mexico-5-productor-de-guayaba-a-nivel-mundial/#:~:text=En%20M%C3%A9xico%2C%20la%20producci%C3%B3n%20de,%20Tabasco%2C%20Veracruz%20y%20Zacatecas>.
- Michoacán, D. S. (2018, mayo 22). *Producción de Guayaba en Michoacán*. Obtenido de <https://www.gob.mx/agricultura/michoacan/articulos/produccion-de-guayaba-en-michoacan?idiom=es>
- Naksuriya, O., & Okonogi, S. (2015). Comparison and combination effects on antioxidant power of curcumin with gallic acid, ascorbic acid, and xanthone. *Drug Discoveries & Therapeutics*, 136-141.
- Padilla Ramírez, J. S., González Gaona, E., & Perales de la Cruz, M. Á. (2016). Nuevas Variedades de Guayaba (*Psidium guajava* L.). *INIFAP*, 1-21.
- Padilla, R. J., González Gaona, E., Rodríguez Moreno, V. M., Cortés Penagos, C., & Sánchez Rito, T. (2014). Caracterización morfológica y bioquímica de frutos de guayaba. *Variabilidad de frutos de guayaba*, 1-44.
- Palomino, P. M., Guija, P. E., & Lozano, R. N. (2009). Propiedades antioxidantes de la guayaba (*Psidium guajava* L.). *Revista de la Sociedad Química del Perú*.

- Parababi, E., Quevedo, R., & Parra, J. (2013). DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS, SENSORIALES Y DE TEXTURA EN LA ELABORACIÓN DE CONSERVAS DE FRUTAS. *U.E.U.S.B.*, 12-50.
- Parra, C. A. (2014). Maduración y comportamiento poscosecha de la guayaba (*Psidium guajava* L.). Una revisión. *REVISTA COLOMBIANA DE CIENCIAS HORTÍCOLAS*, 314-327.
- PIENSO, D. D. (2009, s.f. s.f.). *Rafer.es*. Obtenido de https://www.rafer.es/sites/default/files/determinacion_de_fibra_cruda_en_pienso.pdf
- PROFECO. (2014, Enero). *Revista del consumidor.gob.mx*. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/100395/40-48RC443_Estudio_de_Calidad_VitaminaC.pdf
- Rojas Barquera D., N. C. (2009). Determinación de vitamina C, compuestos fenólicos totales y actividad antioxidante de frutas de guayaba (*Psidium guajava* L.) cultivadas en Colombia. *Quím. Nova*. Obtenido de <https://www.scielo.br/j/qn/a/Zpf4bWjFNjcYQCjx7Z6bVxw/?lang=es#>.
- Rojas Barquera, D., & Narváez Cuenca, E. (2009). DETERMINACIÓN DE VITAMINA C, COMPUESTOS FENÓLICOS TOTALES Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE FRUTAS DE GUAYABA (*Psidium guajava* L.) CULTIVADAS EN COLOMBIA. *Quim. Nova*, 2336-2340.
- Rosas, D. C. (2011). *CONTENIDO DE COMPUESTOS BIOACTIVOS Y SU CONTRIBUCIÓN A LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DURANTE LA MADURACIÓN DE PIÑA CV. "ESMERALDA"*. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., Hermosillo.
- Rossi, C. (2017). Banco de germoplasma INIA: conservando la diversidad de nuestras plantas. *INIA*, 52-55.
- salud, S. d. (2016, Julio 9). *Secretaría de salud*. Obtenido de <https://www.gob.mx/salud/articulos/cuanta-fibra-dietetica-se-debe-consumir>

- Saus, M. L. (1997). *Evolución de los parámetros físicos y químicos del fruto de melocotonero (variedad cofrentes) influencia de la fertilización y orientación*. Cuenca España: Universidad De Castilla-La Mancha.
- Suárez, J., Pérez de Camacaro, M., & Giménez, A. (2009). Efecto de la temperatura y estado de madurez sobre la calidad poscosecha de la fruta de guayaba (*Psidium guajava* L.) procedente de MERCABAR, estado Lara, Venezuela. *Revista UDO Agrícola*, 60-69.
- Torres, F. V. (2010). DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL NUTRITIVO Y FUNCIONAL DE GUAYABA (*Psidium guajava* L.) COCONA (*Solanum sessiliflorum* Dunal) Y CAMU CAMU (*Myrciaria dubia* Vaugh). *Tesis ingeniería*. Escuela Politécnica Nacional.
- Ulloa, J. A. (2007). *Frutas autoestabilizadas en el envase por la tecnología de obstáculos*. Tepic, Nayarit: Universidad Autónoma de Nayarit.
- Valdés Infante, J., Nerdo Rodríguez, N., Velásquez J., B., Gaspar Sourd, D., González, G., Rodríguez, J. A., & Rohde, W. (2012). Herramientas para un programa de mejoramiento genético del Guayabo (*Psidium guajava* L.) en Cuba. *Agronomía Costarricense*.
- Yam, T. J., Villaseñor, P. C., Romantchik, K. E., Soto, E. M., Peña, P. M., & A. (2010). Una revisión sobre la importancia del fruto de Guayaba (*Psidium guajava* L.) y sus principales características en la postcosecha. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*.
- Zapata , K., Cortes, F., & Rojano , B. (2013). Polifenoles y actividad antioxidante del fruto de guayaba agria (*Psidium araca*). *Scielo*, 130-112.
- Zapata, L., Malleret, A., Quinteros, C., Lesa, C., Vuarant, C., Rivadeneira, M., & J.A., G. (2010). Estudio sobre cambios de la firmeza de bayas de arándanos durante su maduración. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, 159-171.

