



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN
NICOLÁS DE HIDALGO



FACULTAD DE QUÍMICO FARMACOBIOLOGÍA

TESIS DE GRADO

“COMPARACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y
CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LAS SEMILLAS DE SANDÍA
SANTA AMELIA (*Citrullus lanatus*) Y DE PAPAYA MARADOL (*Carica
papaya*)”.

PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE LICENCIATURA DE:
QUÍMICO FARMACOBIOLOGO

PRESENTADA POR:

ANA PATRICIA LEMUS PÉREZ

ASESOR: D.C.E. MIREYA RAMOS RENDON

CO-ASESOR: D.C.E. ROSALYNDA SÁNCHEZ VÁZQUEZ

MORELIA, MICHOACÁN MARZO 2022

Agradecimientos

Agradezco al Dr. Héctor, por proporcionarnos las instalaciones para dicha investigación.

A mis tutoras, D.C.E. Mireya y D.C.E. Rosalynda, que con su paciencia, apoyo y dedicación me brindaron las herramientas necesarias para realizar dicha investigación.

A M.C. Rafa y M.C. Esther, quienes generosamente me han brindado su apoyo, conocimiento en la metodología y por estar al pendiente de resolver mis dudas.

Agradezco a mis padres y hermanos, que sin su apoyo incondicional no hubiese llegado a ser la persona que soy.

A mis amigas y amigos, por estar siempre a mi lado.

A todos y cada uno que creyeron y confiaron en mí para realizar este trabajo.

¡Muchas gracias!

Tabla de contenido

Resumen.....	1
Abstract.....	2
Introducción.....	3
CAPÍTULO I. PROBLEMÁTICA	5
I.1 Planteamiento del problema.....	6
I.2. Objetivos	7
I.2.1. General	7
I.2.2. Específico.....	7
I.3. Justificación.....	8
I.4. Hipótesis	8
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	9
II.1. Marco teórico	10
II.2. Generalidades de la sandía Santa Amelia (<i>Citrullus lanatus</i>)	11
II.2.1. Taxonomía	12
II.2.2. Composición química	13
II.2.3. Valor nutrimental	14
II.3. Generalidades de la papaya Maradol (<i>Carica papaya</i>)	15
II.3.1. Taxonomía	16

II.3.2. Composición química	16
II.3.3. Valor nutrimental	17
II.4. Producción nacional y estatal.....	19
II.5. Beneficios a la salud	20
CAPÍTULO III. ANTIOXIDANTES	24
III.1. Generalidades de los compuestos bioactivos	25
III.1.1 Clasificación	25
III.2. Radicales libres.....	28
III.2.1. Daños fisiológicos	30
III.2.1.1. Alzheimer	30
III.2.1.2. Arteriosclerosis	30
III.2.1.3. Mutación de ADN y cáncer	31
III.3. Antioxidantes.....	31
III.3.1. Clasificación de los antioxidantes.....	32
III.3.1.1. Antioxidantes endógenos.....	33
III.3.1.2. Antioxidantes exógenos	33
III.3.2. Antioxidantes presentes en la sandía y papaya	35
III.3.2.1. Polifenoles	36
III.3.2.2. Flavonoides.....	37

III.3.2.3 Carotenoides.....	37
III.3.2.4 Beta caroteno.....	37
III.3.2.5 Vitamina C	38
III.3.2.6 Vitamina E.....	38
III.3.3. Capacidad antioxidante.....	38
III.3.3.1. Método DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazilo)	39
III.3.3.2. Método ABTS (2,2'-azino-bis-3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfónico)	39
III.3.3.3. Método ORAC (capacidad de absorción de radicales de oxígeno)	39
CAPÍTULO IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	41
IV.1. Material	42
IV.1.1. Equipos.....	42
IV.1.2. Material vegetal.....	42
IV.2. Metodología	43
IV.2.1. Determinación de antioxidantes.....	43
IV.2.1.1. Preparación del extracto.....	43
IV. 2.1.2. Preparación del blanco	44
IV.2.1.3. Determinación de fenoles totales.....	44

IV.2.1.4. Determinación de flavonoides totales	45
IV.2.1.5. Determinación de la capacidad antioxidante con el radical DPPH	45
IV.2.1.6. Determinación de la capacidad antioxidante con el radical ABTS	46
IV.2.2. Caracterización fisicoquímica	46
IV.2.2.1. Humedad	46
IV.2.2.2. Cenizas.....	47
IV.2.2.3. Extracto etéreo	47
IV.2.2.4. Proteína	49
IV.2.2.5. Fibra dietética insoluble	49
IV.2.2.6. Carbohidratos	50
CAPÍTULO V. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	51
V.1. Capacidad antioxidante	52
V.2. Análisis proximal.....	55
Conclusiones.....	62
Recomendaciones	62
Referencias bibliográficas	64
ANEXOS	76

Índice de tablas

Tabla 1. Taxonomía de la sandía Santa Amelia (Citrullus lanatus).....	12
Tabla 2. Composición nutrimental de la sandía Santa Amelia	14
Tabla 3. Taxonomía de la papaya Maradol (Carica papaya)	16
Tabla 4. Composición nutrimental de la papaya (Carica papaya).....	18
Tabla 5. Clasificación de compuestos bioactivos	25
Tabla 6. Antioxidantes del AOX.	29
Tabla 7. Clasificación de antioxidantes primarios y alimentos que los contienen .	34
Tabla 8. Clasificación de los antioxidantes sintéticos.....	35
Tabla 9. Antioxidantes presentes en sandía y papaya	36
Tabla 10. Comparación de la capacidad antioxidante con semillas de otras frutas.	52
Tabla 11. Composición antioxidante de semilla de sandía y papaya.	52
Tabla 12. Capacidad antioxidante de semilla de sandía y papaya.....	54
Tabla 13. Coeficiente de correlación de semilla de sandía.	55
Tabla 14. Coeficiente de correlación de semilla de papaya.	55
Tabla 15. Comparación del contenido nutricional con otras semillas de frutas.	56
Tabla 16. Análisis proximal de semilla de sandía y papaya.	57
Tabla 17. Resultados del análisis proximal de semilla de sandía y su comparación con la literatura.....	57
Tabla 18. Resultados del análisis proximal de semilla de papaya y su comparación con la literatura.....	58

Tabla 19. Concentraciones utilizadas en la curva de calibración para fenoles totales.
..... V

Tabla 20. Concentraciones utilizadas en la curva de calibración para flavonoides
totales.....vi

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Gráfica comparativa de la composición antioxidante.....	53
Ilustración 2. Gráfica comparativa de la capacidad antioxidante.....	54
Ilustración 3. Peso constante de crisol para determinación de cenizas.	i
Ilustración 4. Carbonización de las muestras.....	i
Ilustración 5. Muestras carbonizadas (crisol superior semilla de sandía, crisol inferior semilla de papaya).	i
Ilustración 6. Muestras calcinadas (crisol superior semilla de sandía, crisol inferior semilla de papaya).	ii
Ilustración 7. Equipo extractor Soxhlet.....	ii
Ilustración 8. Extracción del éter etílico.....	iii
Ilustración 9. Grasa extraída.....	iii
Ilustración 10. Tratamiento ácido/base para determinación de fibra cruda.	iii
Ilustración 11. Muestras después del secado (crisol superior semilla de papaya, crisol inferior semilla de sandía).	iv
Ilustración 12. Muestras después de calcinar (crisol superior semilla de papaya, crisol inferior semilla de sandía).	iv
Ilustración 13. Curva de calibración para fenoles totales.	v
Ilustración 14. Curva de calibración para flavonoides totales.	vi

Abreviaturas

AOAC: Association Official Analytical Chemists (Asociación Oficial de Químicos Analíticos).

AOX: sistema antioxidante.

CBA: compuestos bioactivos.

ERO: especies reactivas de oxígeno.

OMS: Organización Mundial de la Salud.

RL: radical libre.

TAA: total antioxidant activity (actividad antioxidante total).

TFC: total flavonoid content (contenido total de flavonoides).

TPC: total phenolic content (contenido total de fenoles).

Resumen

Este estudio se realizó con la finalidad de comparar la actividad antioxidante total (TAA), el contenido total de fenoles (TPC) y el contenido total de flavonoides (TFC) en las semillas de sandía (*Citrullus lanatus*) variedad Santa Amelia y papaya (*Carica papaya*) variedad Maradol, así como el análisis proximal de las mismas. Se prepararon extractos metanólicos de cada una de las muestras para su estudio. Se realizaron dos métodos para la determinación de la TAA basados en la eliminación de radicales DPPH y ABTS, mientras que para el TPC se implementó el método de Folin-Ciocalteu y para el TFC se llevó a cabo mediante el uso de tricloruro de aluminio. Los resultados indicaron que la mayor TAA por el método del radical DPPH se observó en la semilla de sandía (16.45%), mientras que por el método del radical ABTS la semilla de papaya presentó mayor actividad antioxidante (87.84%). En cuanto al TPC y TFC, la semilla de sandía mostró una mayor cantidad de antioxidantes (23.60 mg EAG / 1 g muestra seca y 108.54 mg EQ/1g muestra seca, respectivamente). Para el análisis proximal se implementó la metodología propuesta por la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (A.O.A.C.) mostrando que la semilla de sandía contiene elevado porcentaje en el contenido de grasa (43.95%) y proteínas (30.47%). Por otro lado, la semilla de papaya contiene elevado porcentaje en carbohidratos (14.38%), cenizas (9.16%), y fibra cruda (24.85%).

Palabras clave: TAA, TPC, TFC, análisis proximal.

Abstract

This study was conducted to compare the total antioxidant activity (TAA), total phenolic content (TPC), and total flavonoid content (TFC) of watermelon seeds (*Citrullus lanatus*) Santa Amelia variety and papaya seeds (*Carica papaya*) Maradol variety, as well as their proximate analysis. Methanolic extracts were prepared from each of the samples for their study. Two methods were performed for the determination of TAA based on DPPH and ABTS radical scavenging activity, while for TPC the Folin-Ciocalteu's method was implemented and for TFC was determined by aluminum trichloride. The results showed that the highest TAA by the DPPH radical method was observed in the watermelon seed (16.45%), while by the ABTS radical method the papaya seed presented the highest antioxidant activity (87.84%). As for TPC and TFC, watermelon seed showed the highest antioxidants content (23.60 mg EAG / 1 g dry sample and 108.54 mg EQ / 1 g dry sample, respectively). For proximate analysis, the methodology was implemented proposed by the Association Official Analytical Chemists (A.O.A.C.), showing that watermelon seed contains high percentage in grease (43.95%) and protein (30.47%). Another side papaya seed contains high percentage in carbohydrate (14.38%), ash (9.16%), moisture (4.42%) and crude fiber (24.85%).

Key words: TAA, TPC, TFC, proximate analysis.

Introducción

En la actualidad se ha dado a conocer la importancia del consumo de frutas y vegetales para la prevención de enfermedades cardiovasculares, neurodegenerativas y cáncer, producto del estrés oxidativo y radicales libres presentes en el cuerpo. Sin embargo, estudios realizados por el Instituto Nacional de Salud Pública demostraron que en México existe poco consumo de frutas y vegetales (Instituto Nacional De Salud Pública, 2020).

La sandía es una de las frutas con mayor consumo en México al igual que la papaya, presentan una composición fitoquímica de interés en la pulpa, desafortunadamente la incertidumbre por el contenido de las semillas, el destino final de ellas, su posible uso en alimentación humana para tratamiento o prevención de enfermedades, va en aumento. La sandía es una fruta fresca y dulce con propiedades antioxidantes e hidratantes, las semillas están constituidas de numerosos compuestos que resultan ser benéficos para la salud. La papaya es una fruta con elevado contenido nutricional y diversos compuestos bioactivos, se caracteriza por su elevado contenido en fibra. La semilla de papaya ha sido utilizada hace muchas décadas, principalmente en Asia y Sudamérica por sus propiedades desparasitantes, abortivas, anticancerígenas y antidiabéticas. Las semillas de ambas frutas están compuestas principalmente por vitaminas, minerales y compuestos bioactivos, cabe resaltar que la concentración es diferente para cada uno de estos compuestos (Boufadene, 2020; Hernández *et al.*, 2020).

Con la presente investigación se tiene la finalidad de conocer el contenido nutricional (proteínas, grasas, minerales, fibra) que presentan las semillas de sandía y

papaya, así como su contenido en antioxidantes, diferenciando, evaluando y comparando el contenido entre ambas semillas.

El capítulo uno abarca la problemática y factores que se tomaron en cuenta para dicha investigación así como su justificación y la hipótesis de ella.

En el capítulo dos se presentan las generalidades de ambas frutas, así como su producción nacional y los beneficios que presentan tras su consumo.

En el capítulo tres se presentan los compuestos fitoquímicos que otorgan a las frutas sus propiedades antioxidantes.

El capítulo cuatro revela la metodología implementada en la investigación y los reactivos utilizados.

En el capítulo cinco se dan a conocer los resultados en los que concluyó la investigación y las sugerencias para la implementación de las semillas frutales en distintos productos.

CAPÍTULO I

PROBLEMÁTICA

I.1 Planteamiento del problema

En la actualidad cada vez es más frecuente la aparición de enfermedades cardiacas, cáncer y desnutrición, ocasionadas por los malos hábitos alimenticios y estrés, provocando la formación de radicales libres causantes del estrés oxidativo y muerte celular, disminuyendo la calidad de vida de la población. Es por ello que se buscan alimentos con elevado contenido de nutrientes, minerales y antioxidantes como polifenoles, vitamina C, E y provitamina A, ya que ayudan a retener o prevenir algún tipo de daño celular, estos se encuentran en los alimentos, principalmente en frutas con el fin de evitar la aparición de dichas enfermedades.

Cuando se consume una fruta generalmente la corteza y las semillas (si es que las contiene) son desechadas sin ser conscientes de la gran cantidad de nutrientes que contienen. Al igual que la pulpa, la corteza y las semillas contienen moléculas bioactivas que evitan enfermedades, preservando la salud de la población que las consume. Además de los beneficios nutrimentales que aportan la corteza y las semillas, también se puede ayudar en la disminución del impacto ambiental que ocasionan los desechos frutales a nivel mundial.

I.2. Objetivos

I.2.1. General

Determinar, analizar, y diferenciar la capacidad antioxidante y el análisis proximal de la semilla de sandía (*Citrullus lanatus*) variedad Santa Amelia y papaya Maradol (*Carica papaya*).

I.2.2. Específicos

Evaluar y comparar la capacidad antioxidante de la semilla de sandía (*Citrullus lanatus*) variedad Santa Amelia y de papaya Maradol (*Carica papaya*) por medio de la cuantificación de fenoles, polifenoles y flavonoides presentes en las semillas de ambas frutas.

Determinar la caracterización fisicoquímica de la semilla de sandía (*Citrullus lanatus*) variedad Santa Amelia.

Determinar la caracterización fisicoquímica de la semilla de papaya Maradol (*Carica papaya*).

I.3. Justificación

Las frutas y hortalizas poseen compuestos bioactivos entre los que destacan los antioxidantes de distinta naturaleza química, los que incluyen vitaminas, polifenoles, carotenoides y terpenoides. En la actualidad los compuestos antioxidantes han sido de mucha relevancia debido a su estrecha relación con la prevención de distintos procesos crónicos tales como algunos desórdenes neurológicos, enfermedades cardiovasculares y procesos inflamatorios.

Es por ello que en el presente trabajo se realizará la comparación de algunos compuestos antioxidantes de interés actual así como el análisis proximal de la semilla de frutas como la sandía (*Citrullus lanatus*) variedad Santa Amelia y la papaya Maradol (*Carica papaya*), de tal forma que se pueda conocer su relevancia nutricional y/o funcional, así como disminuir el impacto ambiental en la reutilización de desechos frutales.

I.4. Hipótesis

Las semillas de sandía Santa Amelia (*Citrullus lanatus*) y papaya Maradol (*Carica papaya*) puede poseer compuestos bioactivos con actividad antioxidante proveniente de fenoles y flavonoides, además de conocer sus propiedades fisicoquímicas para su posible aplicación en la elaboración de alimentos funcionales.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

II.1. Marco teórico

El estilo de vida saludable consiste en el consumo de una gran variedad de alimentos equilibrados en los que se pueden destacar las frutas y los vegetales. La fruta fresca se ha convertido en un alimento básico en la ingesta diaria por su aporte en agua, vitaminas, minerales y diferentes compuestos beneficiosos para el organismo como son los antioxidantes. Los antioxidantes son compuestos que inhiben o retrasan la oxidación de otras moléculas, impidiendo las reacciones de oxidación, con la finalidad de bloquear los radicales libres que dañan a las células, lípidos, proteínas e incluso a el ADN, hasta que se recupere una estructura estable (Murcía, 2001).

La Organización Mundial de la Salud (por sus siglas OMS) recomienda el consumo de por lo menos cinco raciones diarias de frutas y vegetales para conseguir un equilibrio de vida saludable, ayudando a prevenir distintas enfermedades como problemas cardiovasculares, trastornos digestivos, enfermedades neurodegenerativas, control de sobrepeso y obesidad (Organización Mundial de Salud, 2018).

La sandía y la papaya son frutas tropicales, siendo la sandía altamente refrescante, con un gran contenido de nutrientes que resultan ser benéficos para la salud dado su contenido en vitaminas, minerales y antioxidantes, estos últimos presenta una mayor cantidad cuando la fruta está muy madura. La papaya, anteriormente considerada fruta exótica, es conocida por su sabor dulce y elevado contenido de fibra, tiene nutrientes benéficos para el organismo al igual que la sandía. Ambas frutas ayudan en la prevención de enfermedades del corazón y contribuyen a que el cuerpo tenga energía durante todo el día (Gonzabay & Lindao, 2019; Palomino, 2020).

II.2. Generalidades de la sandía Santa Amelia (*Citrullus lanatus*)

La **sandía** (*Citrullus lanatus*) es una planta herbácea monoica (tiene flores femeninas y masculinas en el mismo tallo) cuyo origen se presume en África, pero se cultiva en la mayor parte del mundo (Crawford, 2017).

La humanidad ha consumido sandía desde hace milenios, ya que se han descubierto semillas y pinturas de dicha fruta en tumbas egipcias construidas hace más de 4,000 años, incluida la del rey Tutankamón. Existe una pintura que se destaca entre todas donde la sandía no es redonda como los frutos silvestres, sino que tiene forma ovalada como se conoce hoy. Su cultivo se remonta a unos 3,000 años a.C. en el valle del Nilo, tal y como demuestran los jeroglíficos y las esculturas halladas en el antiguo Egipto. Dado que no se disponen de citas sobre la sandía en la antigüedad clásica, se piensa que su introducción en el mundo grecoromano fue bastante tardía. Los árabes eran grandes consumidores de esta fruta a la que otorgaban propiedades desintoxicantes. Los europeos llevaron la sandía a América, donde su cultivo se difundió por todo el continente. Su nombre proviene del árabe hispánico *sandíyya*, y éste del árabe clásico *sindiyyah*, de Sind, una región del actual Pakistán (Crawford, 2017; National Geographic, 2018).

La **sandía** también se le llama patilla o melón de agua, es un fruto grande y su peso varía aproximadamente de 2 a 10 kilogramos aunque puede llegar a pesar más, se sabe que es un tipo especial de baya con corteza dura, que carece de división interna. Se caracteriza porque tiene un alto contenido de agua y sabor dulce, puede variar en su color, sabor y forma dependiendo de la especie del fruto (Adeyeye *et al.*, 2020; Garcia, 2017).

El fruto tiene variedad de colores en tonalidades verde claro a verde oscuro, mide aproximadamente de 6 a 20 centímetros. La pulpa es de color rosa-rojo aunque también existen de color amarillo, naranja o blanco, contiene numerosas semillas de color marrón con un alto valor nutricional (Averos, 2020; Komane *et al.*, 2017).

II.2.1. Taxonomía

La **sandía** pertenece a la familia Cucurbitácea compuesta por 825 especies aproximadamente, que se agrupan en 118 géneros que están largamente distribuidos en diferentes zonas. Pertenece al género *Citrullus* de la subfamilia cucurbitoideae, a la tribu Benincaseae Ser. Tras ser estudiada su taxonomía, su género se dividió en cuatro especies: *Citrullus lanatus*, *Citrullus ecirrhosus*, *Citrullus rehmii* nativas de África del Sur, *Citrullus clocynthis* nativa de África, Europa y Asia (Begambre, 2020)

A continuación, se presenta la organización morfológica de la sandía (Tabla 1).

Tabla 1. Taxonomía de la sandía Santa Amelia (*Citrullus lanatus*).

Reino	Vegetal
División	Tracheophyta
Clase	Angiosperma
Subclase	Dicotiledóneas
Orden	Cucurbitales
Familia	Cucurbitácea
Subfamilia	Cucurbitoideae
Tribu	Benincaseae Ser
Género	Citrullus
Especie	Lanatus

Clasificación taxonómica de la sandía obtenida de (Averos, 2020).

Se tienen estudiadas más de cincuenta variedades de sandía, que se clasifican en función de la forma de sus frutos, el color de la pulpa, el color de la piel, el peso, el periodo de maduración, etcétera.

Genéticamente existen dos tipos de sandías:

- Sandías diploides: es la variedad cultivada tradicionalmente producen semillas negras o marrones de consistencia leñosa, y con cáscara de color verde oscuro.
- Sandías triploides: se trata de variedades que tienen semillas tiernas de color blanco que pasan desapercibidas al comer el fruto. Se caracterizan por tener la corteza verde clara con rayas verdes oscuras y la pulpa puede ser de color rojo o amarillo (Garcés, 2018).

II.2.2. Composición química

La **sandía** (*Citrullus lanatus*) presenta un elevado contenido de agua, aproximadamente del 93% de su peso y un 7% de azúcares. Su consumo es muy frecuente a nivel mundial esto debido a la capacidad de saciar la sed y por su bajo contenido calórico, además de ser diurética, brindar beneficios a la salud dado su alto valor nutricional y sus importantes propiedades antioxidantes. Contiene vitamina C, B3, B1, minerales como calcio, potasio, hierro y magnesio, aminoácidos como la arginina, citrulina, compuestos fenólicos, elevado contenido de licopeno y altos porcentajes de carotenoides sin actividad provitamínica (luteína y licopeno) (Dammak *et al.*, 2019; Moreiras *et al.*, 2013).

II.2.3. Valor nutrimental

A continuación se presenta la composición nutrimental de la **sandía** (Tabla 2).

Tabla 2. Composición nutrimental de la sandía Santa Amelia

	Por 100 g de porción comestible	Por porción (300 g)
Proteína (g)	0.4	0.6
Lípidos totales (g)	Trazas 0	Trazas 0
Hidratos de carbono (g)	4.5	7.0
Fibra (g)	0.5	0.8
Agua (g)	94.6	148
Calcio (mg)	7	10.9
Hierro (mg)	0.3	0.5
Yodo (µg)	Trazas 0	Trazas 0
Magnesio (mg)	11	17.2
Zinc (mg)	0.1	0.2
Sodio (mg)	4	6.2
Potasio (mg)	120	187
Fósforo (mg)	5.5	8.6
Selenio (µg)	Trazas 0	Trazas 0
Tiamina (mg)	0.02	0.03
Riboflavina (mg)	0.02	0.03
Equivalentes niacina (mg)	0.3	0.5
Vitamina B6 (mg)	0.07	0.11
Folatos (µg)	3	4.7
Vitamina B12 (µg)	0	0
Vitamina C (mg)	5	7.8
Vitamina A: Retinol (µg)	33	51.5
Vitamina D (µg)	0	0
Vitamina E (mg)	0.1	0.2

Contenido nutrimental de la sandía (*Citrullus lanatus*) obtenido de Moreiras, 2013.

II.3. Generalidades de la papaya Maradol (*Carica papaya*)

La **papaya** (*Carica papaya*) es una planta herbácea de crecimiento rápido y de vida corta, puede llegar a medir varios metros de altura, tiene un tallo hueco segmentado, erecto y algunas veces ramificado con hojas grandes y lobuladas. Es una baya cuya forma depende la variedad y del tipo de flor del cual se han formado que puede ser cilíndrica, alargada, de pera, globular oval o redonda, mide entre 10 y 20 cm y su peso oscila entre 500g a los 5 kg. Su cavidad central es grande y contiene numerosas semillas globosas de 5-7 mm de diámetro cubiertas por un mucílago conocido como arilo. Es una fruta tropical de elevada demanda, originaria de América Central, del sur de México y Brasil hasta antes de que Cristóbal Colón llegara a colonizar América. Se conoce comúnmente como papaya, papayón, fruta bomba, olocotón, papayo, mamón, lechosa o lechoza. Carica proviene de griego *karike* nombre de una higuera y papaya, deriva del maya *páapay-ya* que significa zapote jaspeado (Navarro *et al.*, 2016; Sarango, 2020).

Su consumo se remonta a cientos de años, su primer mención escrita que se conoce es en el libro de “Historia General y Natural de las Indias” redactado por Gonzalo Fernández de Oviedo y publicado en 1552, donde, por medio de una carta a su Soberano en 1535 aproximadamente, daba a conocer la fruta y donde se ubicaba su cultivo principalmente (en sur de México y Centroamérica). Posteriormente, Alonso de Valverde, militar de la tropa española, llevó semillas de la fruta a lo que se conoce actualmente como Panamá y República Dominicana, donde los nativos la llamaron como “papaya”. Durante el inicio de la conquista española, el cultivo de papaya se distribuyó con facilidad por diferentes países entre los que destacan las Antillas,

Sudamérica, Estados Unidos, Tailandia, India, China y Mozambique, esto debido a que los navegantes españoles y portugueses llevaban consigo tanto el fruto como sus semillas (Carrasco *et al.*, 2019).

II.3.1. Taxonomía

La familia Caricaceae solamente incluye cuatro géneros, tres de los cuales son de América tropical (*Carica*, *Jacoratia* y *Jarilla*) y uno de África ecuatorial (*Cylicomorpha*).

La clasificación de la **papaya** se puede describir de la siguiente forma (Tabla 3).

Tabla 3. Taxonomía de la papaya Maradol (*Carica papaya*)

Reino	Vegetal
Subreino	Fanerógama
División	Anthophyta
Subdivisión	Angiosperma
Clase	Dicotiledónea
Subclase	Arquiclamidae
Orden	Parietales
Familia	Caricaceae
Género	<i>Carica</i>
Especie	<i>Carica papaya</i> L

Taxonomía de la papaya (*Carica papaya*), obtenida de Sarango Flores, 2020.

II.3.2. Composición química

La **papaya** contiene gran cantidad de compuestos bioactivos y nutrientes, principalmente si la fruta es fresca. Presenta carotenoides que tienen propiedades

benéficas para la salud ya que se encargan de realizar un efecto neutralizante de los radicales libres presentes en el organismo con la finalidad de prevenir y/o retardar el envejecimiento, así como enfermedades crónicas (Navarro *et al.*, 2016). Sus principales componentes nutrimentales son carbohidratos, vitaminas y minerales. Durante la etapa temprana del desarrollo de la fruta, la glucosa es el principal componente, con la maduración el contenido de sacarosa puede alcanzar hasta el 80% del azúcar total. La **papaya** madura contiene minerales tales sodio (Na), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), fósforo (P), hierro (Fe), cobre (Cu), zinc (Zn) y manganeso (Mn), carotenoides, vitamina A, C y K, además, contiene vitaminas del complejo B como tiamina (B₁), riboflavina (B₂), niacina (B₃), piridoxina (B₆) y ácido fólico (B₉) (Martial *et al.*, 2017).

II.3.3. Valor nutrimental

De acuerdo al análisis realizado por Sobrado, 2019 en “Modelos reológicos asociados al néctar mix papaya-piña”, la **papaya** es una de las frutas de mayor consumo, gracias a las propiedades nutritivas que se le conoce, principalmente el contenido elevado de fibra con fines “adelgazantes”.

A continuación se presenta la composición nutrimental de la papaya (Tabla 4).

Tabla 4. Composición nutrimental de la papaya (*Carica papaya*).

	Por 100 g de porción comestible
Energía (Kcal)	43
Carbohidratos (g)	10.82
Azúcares (g)	7.82
Fibra alimentaria (g)	1.5
Grasas (g)	0.26
Proteínas (g)	0.47
Retinol (vitamina A) (μg)	47
β -caroteno (μg)	274
Tiamina (vitamina B1) (mg)	0.023
Riboflavina (vitamina B2) (mg)	0.027
Niacina (vitamina B3) (mg)	0.357
Ácido pantoténico (vitamina B5) (mg)	0.191
Ácido fólico (vitamina B9) (mg)	37
Vitamina C (mg)	60.9
Vitamina E (mg)	0.3
Vitamina K (mg)	2.6
Calcio (mg)	20
Hierro (mg)	0.3
Magnesio (mg)	41
Manganeso (mg)	0.04
Fósforo (mg)	14
Potasio (mg)	211
Sodio (mg)	3
Zinc (mg)	0.08

Composición nutrimental de la papaya (*Carica papaya*), obtenido de USDA, 2019.

II.4. Producción nacional y estatal

México se ha posicionado en el lugar décimoprimeros en la exportación de **sandía**, siendo una de las frutas más importantes en el comercio agroalimentario. En 2008 se sembraron alrededor de 56 mil hectáreas de sandía en el país y se estima que la producción fue de 1.18 MMt (millón de toneladas) de las cuales se destina, en promedio, el 33.6% para la exportación. En 2019 la producción nacional fue de un aproximado de 1.34 MMt de acuerdo al registro de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, con un incremento en la producción de 14.36% con respecto a la producción obtenida en el año 2008. Para el 2020, la producción total nacional fue de 1.35 MMt implicando un incremento relativamente bajo del 1%. La producción de ese año permitió la obtención económica de 149 millones 758 mil dólares (García *et al.*, 2015; SADER, 2021a).

México cuenta con 27 regiones productoras de **sandía**, entre las que destacan Sonora, Chihuahua y Jalisco con un aporte de más del 50% del total de la producción nacional que fue de 1.36 MMt (SADER, 2020, 2021a).

Michoacán no se caracteriza por su cultivo en **sandía**, para el 2008 se tuvo una superficie de siembra de 90 hectáreas con una producción total de 155 toneladas. En el 2013 la superficie de siembra incrementó cuatro veces más con respecto a la del 2008 con 361 hectáreas de las cuales se llegó a obtener una producción de 7,706 toneladas. Para el 2019 en el ciclo de siembra otoño-invierno se estimó una producción de 12,653 toneladas con una superficie de siembra de 354 hectáreas (SIAP, 2018, 2020b).

En cuanto a la **papaya**, México se ha posicionado como el líder mundial en la exportación, en 2009 se posicionó como el quinto país productor de esta fruta estimándose una producción de 707,346 toneladas con un valor económico de 2,543 millones de pesos mexicanos. Para el 2019, la producción incrementó, ubicando a México en tercer lugar con 1.83 MMt. Durante el 2020 la demanda de la papaya por parte del mercado estadounidense se incrementó, favoreciendo a los productores mexicanos con una ganancia económica de 86 millones 647 mil dólares. Se estima que para el 2030 la demanda aumente hasta un 30%, con una producción de entre 0.95 y 1.24 MMt (SADER, 2017, 2021b; Salceda, 2012).

México cuenta con 18 regiones productoras con las condiciones climáticas adecuadas de humedad y calor, siendo los principales estados productores Oaxaca, Chiapas, Colima, Veracruz y Michoacán, aportando el 81.1% de la producción nacional (SADER, 2017).

Michoacán tiene 20 municipios productores de **papaya**, entre los que se destacan Buenavista, La Huacana, Aquila, Churumuco, Apatzingán, Coahuayana, Tepalcatepec, Chinicuila, Tumbiscatío y Múgica. Para el 2019 se cultivaron 3,284 hectáreas con una producción total de 81,460 toneladas. Se estimó que la ganancia económica de ese año fue de 395 millones 826 mil pesos mexicanos (SIAP, 2020a).

II.5. Beneficios a la salud

La **sandía** presenta grandes beneficios ayudando a proporcionar la dosis diaria de agua otorgando una hidratación correcta del cuerpo, además, ayuda a los riñones en su purificación y a realizar sus funciones correctamente como lo menciona Chiroque

& Sencio en su tesis titulada “Formulación y desarrollo de una mermelada del mesocarpio de sandía (*Citrullus lanatus*) y arándano (*Vaccinium myrtillus*)”. Debido a los compuestos bioactivos como el licopeno, previene y neutraliza los radicales libres provenientes de la respiración celular, evitando daños. Además, interviene en el proceso de inflamación, reduciendo y mejorando la funcionalidad de las lipoproteínas de alta densidad (HDL). Ha mostrado propiedades protectoras del corazón creando un equilibrio del sistema circulatorio manteniendo la presión arterial entre los valores normales. La L-citrulina es un alfa-aminoácido neutro, no esencial, que es un componente importante del ciclo de la urea en el hígado y los riñones. Como un aminoácido no proteico, rara vez se encuentra en los alimentos, pero está altamente concentrada en la sandía, se encarga de reducir los dolores musculares que pueden ser por actividad física excesiva o debido a alguna enfermedad. Dadas las sustancias nutritivas que posee, la sandía presenta un efecto desintoxicante ayudando al hígado en su funcionamiento, en la producción de bilis y componentes grasos complejos. Por su contenido de potasio, puede llegar a mejorar los impulsos nerviosos para un mejor funcionamiento del cuerpo. Auxilia en la reducción de algunas enfermedades oculares provenientes de deficiencias vitamínicas principalmente de retinol, tales como ceguera o cataratas (Chiroque & Sencio, 2020; Solano & Coello, 2019). Tradicionalmente es utilizada como purgante emético en dosis fuertes, desparasitante y diurético. Las semillas son utilizadas en el tratamiento de infecciones de vías urinarias, hidropesía y cálculos renales, intoxicación por alcohol, hipertensión, diabetes, diarrea y gonorrea. El aceite de semilla presentó actividad antiinflamatoria

en edema inducido en la pata de ratas mostrando una reducción significativa en comparación con el diclofenaco (Boufadene, 2020).

La **papaya** contiene principalmente criptoxantina y zeaxantina como compuestos bioactivos de los carotenoides. La criptoxantina provee distintos beneficios al cuerpo como es la prolongación de la hidratación en la piel, refuerza al sistema inmunológico y contribuye a la protección celular. La criptoxantina junto con las propiedades nutrimentales de la papaya es un auxiliar muy importante para el crecimiento y el desarrollo de la persona. La zeaxantina protege la salud ocular y evita la degeneración macular por ser un precursor de la vitamina A. También contiene alfa y betacaroteno, con beneficios como la prevención del desarrollo de asma y ayuda a reducir el riesgo de generar cáncer de próstata. Por su contenido elevado en fibra, potasio y vitaminas previene enfermedades cardíacas y estreñimiento, así como el control de la diabetes en personas con diabetes tipo 1 y 2, regula el funcionamiento del tracto digestivo. Específicamente, la vitamina K, favorece la absorción de calcio reduciendo la excreción en orina y fortaleciendo los huesos (González *et al.*, 2018; Muñoz, 2018; Palomino, 2020; Ware, 2021).

La papaína es una enzima proteolítica presente en dicha fruta que por sus propiedades es utilizada en medicina para el control de insuficiencia gástrica, digestión de tejidos putrefactos, heridas gangrenosas y en estudios citológicos para la determinación de cáncer estomacal; en la industria cárnica se emplea para el ablandamiento de carnes ya sea minutos antes de su sacrificio o directamente al momento de su cocción; en la industria textil se usa para suavizar la lana y la ceda (Cervantes, 2017). Tradicionalmente la papaína es utilizada en el tratamiento de

malaria, hipertensión, diabetes, hipercolesterolemia, ictericia y helmintiasis intestinal (Ortiz & Medina, 2020).

El polvo de las semillas presentan actividad antiparasitaria, efecto curativo en lesiones abrasivas, en la India ha sido utilizado como anticonceptivo ya que es considerado emenagogo y carminativo (Navarro *et al.*, 2016).

CAPÍTULO III

ANTIOXIDANTES

III.1. Generalidades de los compuestos bioactivos

Los compuestos bioactivos (CBA) están presentes en los alimentos e intervienen en las actividades celulares y fisiológicas, obteniéndose de ellos un efecto beneficioso para la salud. No son considerados nutrientes por lo tanto su consumo no es esencial, sin embargo, son recomendados por los grandes beneficios que poseen como es la prevención de enfermedades no transmisibles, control de enfermedades crónicas y retrasando el envejecimiento.

En la actualidad, se han desarrollado alimentos funcionales y complementos alimenticios (píldoras, pastillas, cápsulas, polvos, comprimidos) con la finalidad de incrementar su consumo y mejorar la salud de la población (Martínez, 2015).

III.1.1 Clasificación

Los CBA se pueden clasificar de la siguiente manera:

Tabla 5. Clasificación de compuestos bioactivos

Compuesto bioactivo	Subclasificación / Función	Se divide en	Fuente alimenticia
Polifenoles	Fenoles ácidos: estimulan la detoxificación de compuestos metabólicos potencialmente tóxicos.		Frutas, Curri, Mostaza, Semilla de café y soya.
	Flavonoides: previenen la agregación plaquetaria e inducen la relajación muscular. Ejercen un	Flavonas Flavononas Catequinas Antocianinas	Cebolla, cítricos, lechuga, vino rojo, cerezas y cáscara de frutas con

	efecto inhibitorio de alergias.		pigmentos oscuros coloridos.
Fitoestrógenos	Isoflavonas: previenen la osteoporosis. Previene el sobrepeso.	Genisteína Daidzeína	Frijol de soya y productos derivados de la soya.
	Cumestranos: funciona igual que los estrógenos, ayuda a disminuir los efectos de la menopausia. Reduce la probabilidad de padecer cáncer.	Coumestrol	Trébol, alfalfa y germen de soya.
	Lignanós: actúan de igual manera que los estrógenos. Previene el cáncer de seno.	Enterodiol Enterolactona	Cascarilla de la semilla de linaza y centeno.
	Estilbenos: actividades estrogénicas. Regulación del ciclo celular.	Resveratrol	Piel de uva, vino tinto, arándanos, frambuesas, moras.
Lípidos vegetales	Isoprenoides: precursor de ácidos biliares, estabilizador de membrana celular, transporte de electrones.	Terpenos Esteroides Isoprenoides mixtos	Frutas, verduras, hortalizas muy pigmentadas, soya.
	Ácidos grasos esenciales: posee propiedades anticancerígenas y previene enfermedades cardiovasculares.	Linolénico y linoleico	Frutos secos, semillas de girasol, maíz y soya o productos elaborados en ellos

B-Glucano	Mejora el sistema inmunitario, normaliza niveles de colesterol. Coadyuvante en el tratamiento de cáncer.	Avena, cebada, centeno y trigo.
Compuestos órganosulfurados	S-alilcisteína (SAC) y el S-alilmercaptocisteína (SAMC): inhiben el daño oxidativo causado por enfermedades o la vejez. Disminuye el riesgo de padecer enfermedades crónico degenerativas. Alicina: presenta actividad antitrombótica. Previene enfermedades cardíacas. Isotiocianatos: presentan actividad antifúngica.	Extractos envejecidos de ajo. Ajo. Berro, calabaza y brócoli.
Monoterpenos	Exhiben propiedades profilácticas y curativas contra el cáncer en piel, hígado, pulmón, páncreas y mamario. Reducen los niveles de colesterol. Presentan efectos antimicrobianos.	Limoneno Geraniol Carveol Carvona Mentol Perialdehído Aceites obtenidos de cítricos, cerezas y menta. Cáscaras de cítricos y eneldo. Menta y cerezas.

Elaboración propia a partir de Aparicio & Ortega, 2016; Contreras, 2018; Drago *et al.*, 2006; Izquierdo & Zarain, 2017; López *et al.*, 2012; Moya, 2020; Palma, 2019.

III.2. Radicales libres

Los radicales libres (RL) son compuestos químicos que contienen uno o más electrones no apareados en su último orbital, son altamente reactivos y son capaces de reaccionar con las biomoléculas por medio de la oxidación. Son producto de diversos factores tanto fisiológicos como ambientales entre los que destacan: el metabolismo, el consumo de alcohol, tabaco o drogas, mala alimentación, estrés físico o psicológico, contaminantes ambientales (atmosféricos, acuáticos, de suelo), radiación (ultravioleta), entre otros. Afectan a los seres humanos provocando enfermedades cardiovasculares, crónicas degenerativas y envejecimiento temprano (Coronado *et al.*, 2015; Vallejo *et al.*, 2017).

El cuerpo humano necesita del oxígeno para su funcionamiento y obtención de energía aunque de cierta manera puede ser nocivo para la salud favoreciendo la formación de especies reactivas de oxígeno (ERO) producidas durante su oxidación, sin embargo, el cuerpo cuenta con mecanismos capaces de contrarrestar la producción de ERO llamado sistema antioxidante (AOX) compuesto por enzimas, nutrientes y agentes secuestrantes de electrones, con la finalidad de mantener un equilibrio en las reacciones de óxido reducción.

Entre los factores fisiológicos generadores de RL tenemos:

1. Metabolismo oxidativo mitocondrial: se encarga del metabolismo del oxígeno molecular reduciéndolo a moléculas de agua por medio del complejo citocromo-oxidasa en la mitocondria celular, por defecto puede producir RL como superóxidos (O_2^-), hidroperóxidos (HO_2^+) y peróxido de hidrógeno (H_2O_2) (Sánchez & Méndez, 2013).

2. Estrés oxidativo: es la alteración del equilibrio entre los RL y el AOX (Coronado *et al.*, 2015).

El AOX es la primera línea de defensa contra el daño oxidativo producido por los RL atacando principalmente a los superóxidos y los peróxidos de hidrógeno. Tiene como objetivo principal de salvaguardar el equilibrio prooxidante/antioxidante a favor de las biomoléculas como son lípidos, proteínas, ADN, etc. Los antioxidantes presentes en el AOX son agrupados por su naturaleza química y su mecanismo de acción como se muestra en la tabla 6 (Sánchez & Méndez, 2013; Venereo, 2002).

Tabla 6. Antioxidantes del AOX.

Antioxidante	Donde actúa	Mecanismo de acción
Enzimas	En las ERO.	Por acción de la enzima superóxido dismutasa, catalasa y glutatión peroxidasa convierte el O_2^- a H_2O_2 y posteriormente a H_2O manteniendo un equilibrio intracelular.
Preventivos	Ataca al Fe y Cu.	Se encargan de secuestrar a los iniciadores del proceso oxidativo como son el Fe y Cu, los cuales aceleran la formación de las ERO.
Secuestradores de ERO	En las ERO e iones de Cu^+ y Fe^+ .	Inhiben la cadena de reacción y propagación en la formación de RL.
Nutricionales		Protegen a la célula de los efectos de la oxidación atrapando a las ERO.

Elaboración propia a partir de Sánchez & Méndez, 2013.

III.2.1. Daños fisiológicos

Las ERO provocan diversos daños fisiológicos y procesos fisiopatológicos, si el AOX no funciona adecuadamente las consecuencias pueden ser graves.

III.2.1.1. Alzheimer

La relación que se tiene del Alzheimer con las ERO es la peroxidación lipídica, este es un proceso de oxidación de ácidos grasos que presentan dobles enlaces carbono-carbono, su mecanismo comienza en la transferencia de protones del ácido graso hacia el RL quedando el ácido graso como radical lipídico, después el nuevo radical reacciona con moléculas de oxígeno libre formando un aducto que reacciona nuevamente con un ácido graso generando otro radical lipídico que reacciona con otra molécula de ácido graso y así sucesivamente. La peroxidación lipídica inicia en las membranas celulares donde reacciona con los ácidos grasos de la bicapa lipídica destruyendo la integridad de la membrana celular y de esta forma afecta su permeabilidad conduciendo a daños celulares graves. El cerebro es rico en ácidos grasos fundamentales en la neurotransmisión e interacción neuronal. Cuando estos ácidos grasos se ven afectados, generan productos tóxicos que han sido encontrados en grandes cantidades en pacientes que padecen esta enfermedad (Ortiz & Medina, 2020).

III.2.1.2. Arteriosclerosis

La arteriosclerosis se relaciona con la destrucción oxidativa de las proteínas por consecuencia de las ERO. Los RL atacan a las proteínas, su mecanismo consiste en la fragmentación de las proteínas atacando en los enlaces peptídicos modificando a la cadena aminoacídica. El radical hidroxilo de los RL es altamente reactivo con los

grupos funcionales de los aminoácidos especialmente con tirosina, fenilalanina, triptófano, histidina, metionina y cisteína, ocasionando una reacción en cadena donde se ve afectada la integridad de la proteína perdiendo su función. La oxidación de lipoproteínas induce a la progresión de la arterosclerosis induciendo la adhesión de las células inmunológicas con células vasculares ocasionando un caos arterial alterando la actividad plaquetaria y la función del sistema endotelial en su totalidad (Ortiz & Medina, 2020).

III.2.1.3. Mutación de ADN y cáncer

Las moléculas del ADN es uno de los principales blancos de las ERO debido a las unidades que lo constituyen como son las bases nitrogenadas (presentan dobles enlaces carbono-carbono). El ADN se encarga de proporcionar una clave para la formación de una proteína con una función específica, las ERO al atacar las bases nitrogenadas alteran la traducción de las proteínas produciendo proteínas mutantes con una función deficiente. En el caso del ciclo celular existe una proteína (proteincinasa) que indica cuándo iniciar y cuando terminar la división celular, al ser alterada su traducción por las ERO la proteincinasa no se desempeña adecuadamente por lo que las células no detendrán su división y se crearán cúmulos de células dañadas denominadas tumores (primer etapa del cáncer) (Ortiz & Medina, 2020).

III.3. Antioxidantes

Originalmente, la palabra antioxidante se utilizó para dar referencia a los compuestos químicos provenientes del consumo de oxígeno. Las primeras investigaciones sobre los antioxidantes en biología se basó en su uso para la

prevención de la oxidación de las grasas insaturadas que provocaba la rancidez en algunos productos alimenticios (Gonzabay & Lindao, 2019).

Herbert McLean Evans descubrió la vitamina E como primer compuesto antioxidante en el año de 1922, fue empleada como tratamiento para impedir el aborto durante el embarazo llamada vitamina antiesterilidad, en ese mismo año se inició el estudio de las vitaminas del grupo B y la vitamina A (Ascanio, 2016).

En la actualidad se conocen como sustancias químicas presentes en los alimentos, cumpliendo un papel importante tanto para el sistema alimentario como para el cuerpo humano (Gulcin, 2020). En los alimentos se encargan de retrasar la peroxidación de lípidos manteniendo el sabor, el color y la textura, se encuentran presentes naturalmente en frutas, vegetales y otros alimentos incluyendo frutos secos, cereales y algunas carnes como pescado y aves. En el cuerpo humano previenen y reducen el estrés oxidativo del sistema fisiológico neutralizando a los radicales libres (Mamta *et al.*, 2013; Vallejo *et al.*, 2017).

Los antioxidantes también pueden actuar como prooxidantes cuando no están presentes en el lugar correcto, en la concentración correcta y en el momento correcto, es decir, que a partir de las moléculas de oxígeno provenientes del metabolismo los antioxidantes actúan como agentes oxidantes causando un daño celular (Mamta *et al.*, 2013).

III.3.1. Clasificación de los antioxidantes

Los antioxidantes se clasifican en dos grupos o sistemas:

- Enzimático o antioxidantes endógenos.

- No enzimático o antioxidantes exógenos.

III.3.1.1. Antioxidantes endógenos

Este sistema lo componen 3 enzimas presentes en el AOX:

- Superóxido dismutasa: se encarga de catalizar la reacción responsable de la disminución del radical superóxido para la formación del peróxido de hidrógeno (H_2O_2), se encuentra presente en citosol y mitocondria celular.
- Glutación peroxidasa: se encarga de la reducción de los hidroperóxidos intracelulares, peróxidos lipídicos, peróxido de hidrógeno y productos derivados de las reacciones catalizadas por la enzima lipooxigenasa. Se encuentran en citosol y lisosomas.
- Catalasa: se encarga de catalizar la reacción de la reducción de H_2O_2 . Se encuentra en citosol y mitocondrias de los peroxisomas, actúa como catalasa o peroxidasa (Sánchez & Méndez, 2013; Sánchez, 2013).

III.3.1.2. Antioxidantes exógenos

Este sistema lo componen todos los antioxidantes que son incorporados al cuerpo por medio de la ingesta de alimentos (Sánchez, 2013). Se clasifica en dos grupos:

- Antioxidantes primarios o naturales
- Antioxidantes secundarios o sintéticos

III.3.1.2.1. Antioxidantes primarios o naturales

Hacen referencia los antioxidantes que se encargan del rompimiento de los radicales lipídicos convirtiéndolos en compuestos estables. Son compuestos fenólicos

principalmente, entre los que se incluyen vitaminas, minerales y compuestos fitoquímicos. Las vitaminas son empleadas en la mayoría de las funciones metabólicas del cuerpo. Incluyen al ácido ascórbico (vitamina C), α -tocoferol (vitamina E) y vitamina B. Los minerales son cofactores de las enzimas antioxidantes, incluyen al selenio, hierro, zinc y magnesio. Su deficiencia perjudica el metabolismo de macromoléculas como son los carbohidratos. Los compuestos fitoquímicos son aquellos que no pertenecen a las vitaminas o minerales, incluyen a los flavonoides, catequinas, carotenoides, betacaroteno y licopeno (Hamid *et al.*, 2010).

Tabla 7. Clasificación de antioxidantes primarios y alimentos que los contienen

Antioxidante	Función	Alimentos con alto contenido
Ácido ascórbico (vitamina C)	Inhibición de la oxidación lipídica	Kiwi Pimiento rojo Grosella negra Naranja
Alfa-tocoferol (vitamina E)	Inhibición de la oxidación lipídica. Mantiene la integridad de la membrana celular retardando su envejecimiento.	Aceite de girasol Avellanas Almendras Margarina Nueces
Minerales (Zn, Se, Mg)	Forman parte del núcleo activo de las enzimas con actividad antioxidante.	Sésamo Huevo Semillas de girasol

Flavonoides polifenólicos	Inhibición de la agregación plaquetaria. Disminuye el riesgo de cardiopatías.	Coca en polvo Naranja
Betacaroteno	Detiene el deterioro de los tejidos.	Zanahoria

Clasificación de los antioxidantes primarios o naturales obtenido de Hamid *et al.*, 2010; Sánchez, 2013; Vallejo Zamudio *et al.*, 2017.

III.3.1.2.2. Antioxidantes secundarios o sintéticos

Son los que componen a los compuestos fenólicos que se encargan de neutralizar los radicales libres y detener la cadena de reacción (Gulcin, 2020; Hamid *et al.*, 2010).

Tabla 8. Clasificación de los antioxidantes sintéticos

Antioxidante	Función
Butilhidroxianisol (BHA)	Se utiliza como conservante de galletas, dulces y goma de mascar.
Hidroxitolueno butilado (BHT)	Retarda la rancidez de grasas, aceites vegetales y animales.
Terbutil hidroquinona (TBHQ)	Se utiliza como conservante de aceites vegetales y grasas animales no saturadas.
Galato de propilo (PG)	Retarda la rancidez en cualquier alimento graso.

Elaboración propia a partir de Gulcin, 2020.

III.3.2. Antioxidantes presentes en la sandía y papaya

Tanto la sandía como la papaya contienen principalmente antioxidantes primarios.

Tabla 9. Antioxidantes presentes en sandía y papaya.

Antioxidantes	Pulpa sandía	Semilla sandía	Pulpa papaya	Semilla papaya
Fenoles	+	++	+	+++
Flavonoides	++	++	+++	+++
Carotenoides	+++	+	+++	++
Beta caroteno	++	+	++	+
Vitamina A	++	-	++	-
Vitamina C	+++	+++	+++	+++
Vitamina E	++	-	+	-

+ bajo; ++ moderado; +++ elevado; - no detectado.

Elaboración propia a partir de Boufadene, 2020; Hernández *et al.*, 2020

III.3.2.1. Polifenoles

Son considerados metabolitos secundarios de las plantas, generalmente están involucrados como barrera de defensa para la radiación ultravioleta o la agresión de patógenos. Los polifenoles contribuyen en el sabor amargo, color, sabor, olor, astringencia y estabilidad oxidativa de los alimentos. La cantidad de polifenoles en los alimentos depende de diferentes factores como es la variedad y el grado de maduración, las frutas llegan a contener entre 200 y 300 mg de polifenoles por 100 g de peso fresco. Su actividad antioxidante actúa de manera indirecta, es decir no ataca a los RL sino a los agentes iniciadores de proceso oxidativo como son los agentes quelantes de iones metálicos como Cu^+ y Fe^+ , los polifenoles se unen a estos iones reduciendo su capacidad de generar ERO (Gonzabay & Lindao, 2019).

III.3.2.2. Flavonoides

Las dosis normales de ingesta de flavonoides pueden ser de 20-26 mg/día contenidos en frutas y verduras. (Coronado *et al.*, 2015).

Actúa sobre los agentes quelantes, principalmente Fe^{+} y agentes secuestrantes de RL, inhibe enzimas oxidasas como lipooxigenasa, ciclooxigenasa, entre otras, evitando la capacidad de la formación de ERO e hidroxiperóxidos orgánicos (Escamilla *et al.*, 2009).

III.3.2.3 Carotenoides

La ingesta media de carotenoides totales por día es de 6.074 mg/día, siendo el licopeno de mayor ingesta seguido del β -caroteno, β -criptoxantina, luteína, α -caroteno y zeaxantina (Palazón *et al.*, 2018). Los carotenoides son pigmentos derivados de los lípidos vegetales (isoprenoides) que proporcionan colores característicos a los frutos como son rojo, naranja y amarillo. Tienen la capacidad de capturar moléculas de oxígeno y la neutralización de los RL (Cervantes, 2017; Chan, 2013).

III.3.2.4 Beta caroteno

La dosis recomendada de ingesta es de 20 a 50 mg /día. Es un carotenoide provitamínico A favoreciendo la producción de melanina ayudando en la protección durante la exposición solar. Gracias a la actividad antioxidante y antiinflamatoria que presentan, protegen a las células de la piel para que no sufran daños y tengan un buen funcionamiento (Beltrán *et al.*, 2012).

III.3.2.5 Vitamina C

El ácido ascórbico o vitamina C es el antioxidante más conocido por su asociación en la prevención del resfriado común. La dosis diaria recomendada es de 65 a 96 mg/día teniendo un límite máximo de 2000 mg/día.

Funciona como un cofactor enzimático, tiene la capacidad de ceder sus electrones con la finalidad de disminuir la peroxidación lipídica manteniendo niveles estables de oxígeno, H₂O₂ y del ion hipoclorito (Mardones, 2020).

El ascorbato actúa como agente pro-oxidante siendo capaz de oxidar iones metálicos como Fe²⁺ y Cu⁺, que, en presencia de peróxido de hidrógeno, generan radical hidroxilo favoreciendo el daño celular (Andresen *et al.*, 2006).

III.3.2.6 Vitamina E

Alfa tocoferol o vitamina E, es el antioxidante principal capaz de prevenir e inhibir la peroxidación lipídica asociándolo a una respuesta inmune adecuada. La dosis diaria recomendada en adultos es de 15 mg/día. La vitamina E también participa en el reciclaje de la vitamina A en combinación con la glutatión peroxidasa (Andresen *et al.*, 2006).

III.3.3. Capacidad antioxidante

Es la capacidad que presenta una sustancia para inhibir la degradación oxidativa, es decir, la capacidad que presentan los antioxidantes para reaccionar e inhibir a los RL. Existen diferentes técnicas con las cuales se cuantifica la capacidad de inhibición de especies oxidantes presentes en ciertos alimentos (Contreras, 2018).

III.3.3.1. Método DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazilo)

Fue desarrollado en 1995 por Brand Williams y colaboradores. Se trata de un radical libre estable soluble en metanol, su neutralización se debe a la aceptación de hidrógenos provenientes del antioxidante. Este método colorimétrico que se basa en la reducción del radical DPPH⁺ a la hidracina correspondiente al reaccionar con los antioxidantes cambiando de un color púrpura a un color amarillo, el viraje de color nos proporcionará la capacidad antioxidante presente que se mide por medio de espectrofotometría entre 515 y 228 nm. En la actualidad es considerada una de las pruebas más rápidas y precisas para la evaluación de la propiedad antioxidante presente en frutas y vegetales principalmente. Es eficiente para determinar la capacidad antioxidante de CBA como polifenoles, flavonoides. antocianinas, cumarinas, entre otros (Cervantes, 2017).

III.3.3.2. Método ABTS (2,2'-azino-bis-3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfónico)

Se trata de un radical catión que al reaccionar con el antioxidante disminuye la concentración, después de un periodo de incubación de 30 minutos.

Se determina por espectrofotometría a 734 nm y mide la actividad de compuestos de naturaleza hidrofílica y lipofílica (Cervantes, 2017).

III.3.3.3. Método ORAC (capacidad de absorción de radicales de oxígeno)

Se basa en las propiedades de los antioxidantes de inhibir la pérdida de fluorescencia de la ficoeritrina o fluoresceína causada por el generador de radicales

AAPH (2,2'-Azobis (2-amidinopropano) dihidrocloruro, en un determinado tiempo (Cervantes, 2017).

CAPÍTULO IV

MATERIALES Y MÉTODOS

IV.1. Material

IV.1.1. Equipos

- Horno de Secado/Incubadora PRO-LAB DIAGNOSTICS®.
- Horno de Secado FELISA®.
- Plancha de calentamiento Thermo Scientific™ Cimarec™.
- Balanza analítica de precisión Sartorius BL120S.
- Mufla FELISA®.
- Extractor Soxhlet de 6 unidades TAURO.
- Digestor VELP® SCIENTIFICA, DK 6 Heating Digester.
- Depurador VELP® SCIENTIFICA, SMS Scrubber.
- Recirculante de agua VELP® SCIENTIFICA, JP Recirculating Water Aspirator.
- Unidad de destilación VELP® SCIENTIFICA, UDK 129 Distillation Unit.
- Rotavapor HAHNSHIN SCIENTIFIC CO., HS-2001NS.

IV.1.2. Material vegetal

El material vegetal utilizado en la presente investigación fueron sandías de variedad *Santa Amelia* y papayas de variedad *Maradol* obtenidas en el Mercado Independencia ubicado en la avenida Lázaro Cárdenas en la ciudad de Morelia, Michoacán. Las frutas fueron trasladadas al Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Alimentos (LIDA) en la Facultad de Químico Farmacobiólogo de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Se separaron las semillas de la pulpa, se lavaron con abundante agua para eliminar el exceso de la misma pulpa y posteriormente se pusieron a secar

las semillas. Para las semillas de sandía se empleó el Horno de Secado/Incubadora PRO-LAB DIAGNOSTICS® a 50°C por 72 horas aproximadamente, verificando que quede a un grado tal que sea crujiente, mientras que para la semilla de papaya se empleó un Horno de Secado FELISA® a 60°C por 24 horas. Se trituraron con la ayuda de un procesador de alimentos marca RGA y una licuadora Osterizer®, tamizando con un tamiz del número 300 con una apertura del 0.05 mm, empacando en bolsas de plástico individualmente y almacenado a temperatura ambiente para los posteriores análisis.

IV.2. Metodología

La determinación de antioxidantes se llevó a cabo por triplicado. Los resultados fueron analizados con “t” de Student $p < 0.05$ con el programa estadístico JMP versión 6.0.

IV.2.1. Determinación de antioxidantes

La cuantificación de CBA y la evaluación de la capacidad antioxidante se realizaron por triplicado. El análisis estadístico se realizó por medio de un análisis de varianza de una sola vía (ANOVA) y con t-Student $p < 0.05$ con el programa estadístico JMP versión 6.0. Donde los resultados son expresados como la media \pm su desviación estándar.

IV.2.1.1. Preparación del extracto

Se colocaron 2 gramos de muestra previamente tratada en un tubo Falcón de 50 ml forrado con aluminio y se agregaron 20 ml de metanol dejando reposar por 24 horas en refrigeración. Posteriormente se filtró y se utilizó en las siguientes determinaciones.

IV. 2.1.2. Preparación del blanco

En cada una de las determinaciones se emplea un blanco para calibrar el equipo.

Determinación de fenoles: 250 μ l de CH₃OH, 250 μ l de reactivo Folin-Ciocalteu y 250 μ l de CaCO₃, se homogeneizó y se colocó en baño maría a 40°C por 30 minutos. Se agregaron 2 ml de agua desionizada y se homogeneizo nuevamente.

Determinación de flavonoides: 150 μ l de CH₃OH, 150 μ l de NaNO₂, 150 μ l AlCl₃ y 1 ml de NaOH 1 M, homogeneizando muy bien.

Radical DPPH: 2950 μ l de DPPH y 50 μ l de etanol.

Radical ABTS: directamente en la celda, 950 μ l de ABTS y 50 μ l de etanol.

IV.2.1.3. Determinación de fenoles totales

Previamente se realizó una curva de calibración con ácido gálico a una concentración de 0.02 mg/L, como se muestra en el apartado de anexos (tabla 18 e ilustración 11.).

Se prepararon 4 solución patrón a diferentes concentraciones completando a un volumen total de 2 ml en una serie de tubos de ensaye forrados con aluminio por triplicado. Solución 1 (extracto puro), solución 2 (concentración 1:1. 1 ml extracto puro y 1 ml de CH₃OH), solución 3 (concentración 1:5. 400 μ l de extracto puro y 1600 μ l de CH₃OH), solución 4 (concentración 1:10. 200 μ l de extracto puro y 1800 μ l de CH₃OH). Se colocaron 250 μ l de la solución patrón, 250 μ l de reactivo Folin- Ciocalteu, 250 μ l CaCO₃ en cada tubo. Se homogeneizó y se colocó en baño maría a 40°C por 30 minutos. Transcurrido el tiempo se retiró del baño y se añadieron 2 ml de H₂O

desionizada homogeneizado nuevamente. Por último, se leyó en espectrofotómetro a una longitud de onda de 750 nm **calibrando con el blanco**.

IV.2.1.4. Determinación de flavonoides totales

Previamente se realizó una curva de calibración con quercetina a una concentración de 1 mg/L, como se muestra en el apartado de anexos (tabla 19 e ilustración 12).

Se prepararon 4 solución patrón a diferentes concentraciones completando a un volumen total de 2 ml en una serie de tubos de ensaye forrados con aluminio por triplicado. Solución 1 (extracto puro), solución 2 (concentración 1:1. 1 ml extracto puro y 1 ml de CH₃OH), solución 3 (concentración 1:5. 400 µl de extracto puro y 1600 µl de CH₃OH), solución 4 (concentración 1:10. 200 µl de extracto puro y 1800 µl de CH₃OH). Se colocaron 150 µl de la solución patrón, 150 µl de NaNO₂, 150 µl AlCl₃ y 1 ml de NaOH 1 M. Se homogeneizo y se leyó en espectrofotómetro a una longitud de onda de 510 nm **calibrando con el blanco**.

IV.2.1.5. Determinación de la capacidad antioxidante con el radical DPPH

Se prepararon 5 solución patrón a diferentes concentraciones completando a un volumen total de 2 ml en una serie de tubos de ensaye forrados con aluminio por triplicado. Solución 1 (extracto puro), solución 2 (concentración 1:1. 1 ml extracto puro y 1 ml de CH₃OH), solución 3 (concentración 1:5. 400 µl de extracto puro y 1600 µl de CH₃OH), solución 4 (concentración 1:10. 200 µl de extracto puro y 1800 µl de CH₃OH), solución 5 (concentración 1:20. 100 µl de extracto puro y 1900 µl de CH₃OH). Se colocaron 50 µl de la solución patrón y 2950 µl de DPPH. Se dejó en incubación

por 30 minutos en oscuridad. Por último, se leyó en espectrofotómetro a una longitud de onda de 517 nm **calibrando con el blanco**.

IV.2.1.6. Determinación de la capacidad antioxidante con el radical ABTS

Se prepararon 5 solución patrón a diferentes concentraciones completando a un volumen total de 2 ml en una serie de tubos de ensaye forrados con aluminio por triplicado. Solución 1 (extracto puro), solución 2 (concentración 1:1. 1 ml extracto puro y 1 ml de CH₃OH), solución 3 (concentración 1:5. 400 μ l de extracto puro y 1600 μ l de CH₃OH), solución 4 (concentración 1:10. 200 μ l de extracto puro y 1800 μ l de CH₃OH), solución 5 (concentración 1:20. 100 μ l de extracto puro y 1900 μ l de CH₃OH).

Directamente en la celda se colocaron 50 μ l de solución patrón y 950 μ l de ABTS leyendo a 734 nm en espectrofotómetro previamente **calibrado con el blanco**.

IV.2.2. Caracterización fisicoquímica

La caracterización fisicoquímica y el análisis proximal se llevaron a cabo por triplicado. El análisis estadístico se realizó por medio de un análisis de varianza de una sola vía (ANOVA) y con Tukey $p < 0.05$ con el programa estadístico JMP versión 6.0. Donde los resultados son expresados como la media \pm su desviación estándar.

IV.2.2.1. Humedad

Se colocó una serie de crisoles de porcelana en el horno de secado FELISA® a 105°C por 1 hora para obtener un peso constante. Transcurrido el tiempo, se pasaron

a un desecador para atemperar a temperatura ambiente, se registró su peso utilizando una balanza analítica de precisión Sartorius BL120S.

En muestra seca: se pesaron 3 gramos de muestra previamente tratada para cada uno de los crisoles. Se llevó al horno de secado FELISA® a 105°C por 4 horas. Después de atemperarse se pesaron nuevamente.

En muestra fresca: se pesaron 5 gramos de muestra sin tratamiento para cada uno de los crisoles. Se llevó al horno de secado FELISA® a 105°C por 4 horas. Se colocaron de nuevo en el desecador y se pesaron nuevamente (AOAC 934.06, 2000).

IV.2.2.2. Cenizas

Se pesaron 3 gramos de muestra previamente tratada colocándolos en crisoles de porcelana a peso constante, se cubrió con aluminio dejando unos orificios pequeños para facilitar la salida de gases. Se llevaron a carbonizar en una plancha de calentamiento Thermo Scientific™ Cimarec™ hasta que dejó de desprender humo blanquecino. Se retiró el papel aluminio y se calcinaron en mufla FELISA® a 550°C por 3 horas. El tratamiento térmico al que es sometida la muestra expulsa el contenido de agua y otros constituyentes volátiles, la materia orgánica es transformada en dióxido de carbono y óxido de nitrógeno. Los minerales presentes permanecerán en el residuo obtenido al finalizar la metodología. Se registra su peso y se realizan los cálculos correspondientes (AACC 934.01, 2000).

IV.2.2.3. Extracto etéreo

Se colocaron 6 matraces balón a peso constante en el Horno de Secado FELISA®

a 105°C por 1 hora. Transcurrido el tiempo, se pasaron a un desecador para atemperar a temperatura ambiente y se registró su peso utilizando una balanza analítica de precisión Sartorius BL120S.

Se pesaron 3 gr de muestra tratada colocando en cartucho de papel filtro. Este método es una extracción semicontinua. El equipo de extracción Soxhlet consta de un tubo extractor provisto de un sifón y una tubuladura lateral, está conectado del extremo inferior al matraz balón en el cual se colocó éter; mientras que del extremo superior se ajusta un condensador vertical que actúa como refrigerante. En el tubo extractor se coloca el papel filtro que contiene la muestra y permite la entrada del éter. El equipo se coloca en una fuente de calor a la temperatura de ebullición del solvente (aproximadamente 37°C), el cual se evapora, asciende por la tubuladura lateral del extractor, se condensa en el refrigerante y cae sobre la muestra acumulándose en el tubo extractor haciendo contacto con la muestra y solubilizando las grasas presentes. Cuando el nivel del solvente en el tubo extractor sobrepasa el nivel del sifón, el extractor se descarga y pasa al balón el éter conteniendo la grasa extraída, para a partir de ese instante, dar comienzo nuevamente el ciclo de evaporación del solvente, condensación, caída sobre la muestra, acumulación en el aparato de extracción y descarga. Duración de 4 horas.

Por último, se extrae el éter etílico por medio de un rotavapor, recuperando la grasa extraída. Se pesó el matraz con el residuo de grasa y se calculó por diferencia de pesos (AOAC 968.20, 2000).

IV.2.2.4. Proteína

Se implementó el método de Kjeldahl-Willfart-Gunninfg considerando tres etapas fundamentales en el procedimiento que son digestión, destilación y valoración.

Digestión: se pesó la muestra previamente tratada, K_2SO_4 y $CuSO_4$. La digestión tiene la finalidad de formar sales amoniacales oxidando la materia orgánica transformando el nitrógeno proveniente de las proteínas en ión amonio.

Destilación: la muestra es tratada $NaOH$ al 35% y H_3BO_4 al 4% con la finalidad de descomponer el sulfato de amonio en amoníaco gaseoso condensando en iones solvatados de amoníaco en una mezcla de indicador bromocresol verde-rojo de metilo y solución alcohólica de ácido bórico.

Valoración: la muestra es valorada con HCl 0.2057 N a un pH ácido, el borato de amonio al reaccionar con el HCl se forma ácido bórico presentando un viraje de color a gris.

Finalmente, el contenido de nitrógeno calculado se multiplica por el factor correspondiente, para nuestra muestra se utilizó el factor 6.25 para obtener el contenido de proteína (VelpScientificaSRL.Manual de Operación UDK 152, adaptado al método oficial de la AOAC 920.152, 2000).

IV.2.2.5. Fibra dietética insoluble

Se pesó 1 gramo de muestra y se colocaron en matraces Erlenmeyer de 250 mL, de preferencia la muestra debe ser desgrasada previamente, en nuestro caso, se utilizó la muestra de la determinación de extracto etéreo. El método implica la extracción secuencial de los componentes que no forman parte de la fibra (proteínas

y carbohidratos asimilables) realizando un tratamiento ácido con H_2SO_4 1.25% dejando ebulir por 30 minutos, enjuagando con abundante H_2O destilada tibia y filtrando con una tela de poros pequeños. Se recuperó la muestra colocándola en otro matraz Erlenmeyer realizando ahora un tratamiento álcali con NaOH 1.25% dejando ebulir por 30 minutos. Nuevamente se lava con H_2O destilada tibia y se filtra con tela. Se pasa a un crisol de porcelana y se lleva al horno de secado a 105°C por 1 hora, se deja atemperar a temperatura ambiente en el desecador y se registra su peso, seguidamente se lleva a la mufla a 550°C por 30 minutos; se deja atemperar en desecador, se registra su peso de nuevo y se realizan los cálculos correspondientes (AACC, 1992).

IV.2.2.6. Carbohidratos

Se calculó por diferencia.

No se empleó una metodología como tal para la determinación de carbohidratos asimilables totales, por lo que se determina por la diferencia del 100% y la suma de los macronutrientes restantes.

$\text{Carbohidratos} = 100\% - (\% \text{humedad} + \% \text{cenizas} + \% \text{proteínas} + \% \text{grasa} + \% \text{fibra}).$

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIONES

V.1. Capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante tiene la finalidad de comprobar y cuantificar los compuestos bioactivos (CBA) presentes. Se realizó una comparación con semillas de otras frutas como melón, uva y chía como se muestra en la tabla 10.

Tabla 10. Comparación de la capacidad antioxidante con semillas de otras frutas.

Composición	Sandía	Papaya	Melón	Chía	Uva
Flavonoide (mg EQ/1g)	105.94	53.63	122.65	295	1.318
Fenoles (mg EAG/1g)	22.82	6.81	145.07	10.91	33.72

Elaboración propia obtenido de Boufadene, 2020; González, 2010; Ixtaina, 2010; Juárez *et al.*, 2017.

De acuerdo a la tabla 10 se observa que hay una cantidad considerable de flavonoides presentes en la semilla de sandía, al compararlas con las semillas de las otras frutas.

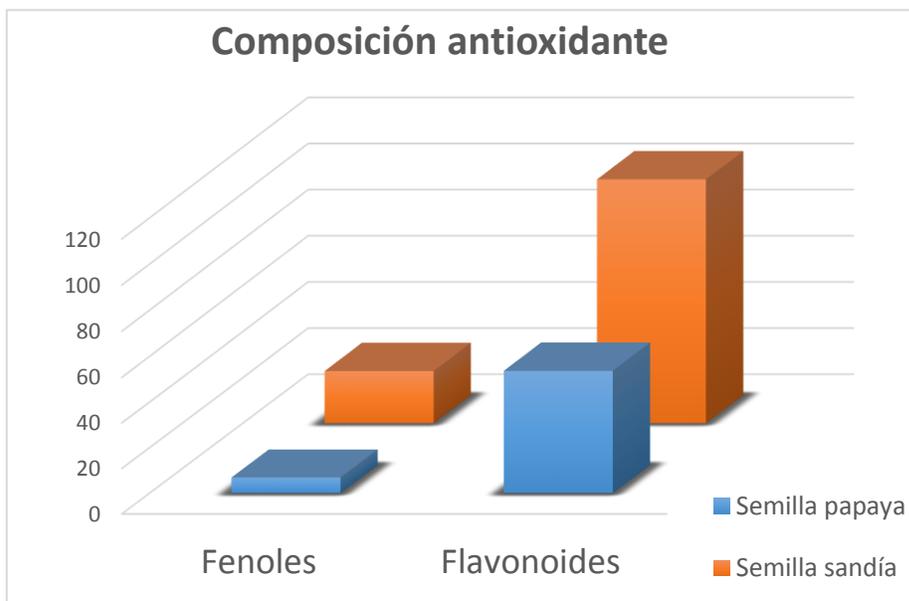
Los resultados obtenidos en esta investigación se presentan en la tabla 11 mostrando valores significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Tabla 11. Composición antioxidante de semilla de sandía y papaya.

	Sandía	Papaya
Fenoles (mg EAG / 1g)	23.60 ± 0.13 ^A	7.01 ± 0.11 ^B
Flavonoides (mg EQ / 1g)	108.54 ± 0.83 ^A	58.02 ± 3.40 ^B

Valores reportados en base seca obtenidos de tres repeticiones. Valores reportados con la misma literal no son significativamente diferentes (T student, $p < 0.05$).

Ilustración 1. Gráfica comparativa de la composición antioxidante.



La semilla de sandía presenta mayor contenido tanto para fenoles como para flavonoides, en el caso de los fenoles es 4 veces más el contenido de la semilla de sandía que la semilla de papaya, mientras que en flavonoides la semilla de sandía presenta el doble de concentración que la semilla de papaya. Esta diferencia se aprecia mejor en la ilustración 1, donde las barras azules representan el contenido de fenoles y flavonoides para semilla de papaya y las barras naranjas representan a la semilla de sandía.

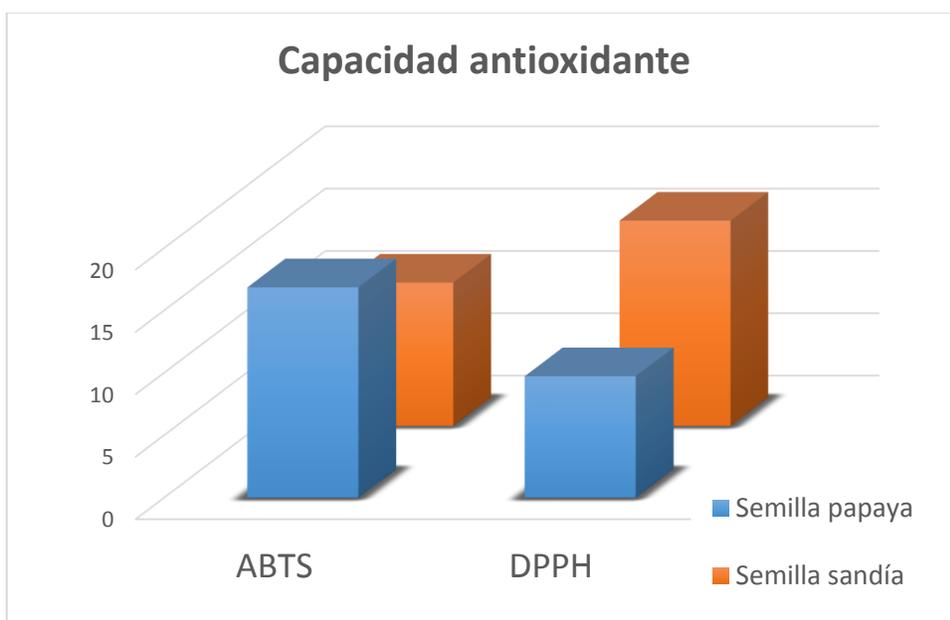
Los resultados de la tabla 12 muestran que la actividad antioxidante es mayor con relación a la inhibición del radical ABTS en la semilla de papaya aun cuando tienen menor concentración de fenoles y flavonoides. En el caso de la inhibición del radical DPPH, la semilla de sandía presenta mayor actividad antioxidante, que puede ser por la concentración de fenoles y flavonoides presentes, como se presenta en la ilustración 2.

Tabla 12. Capacidad antioxidante de semilla de sandía y papaya

	Sandía	Papaya
ABTS	13.77 ± 1.04 ^B	87.84 ± 0.47 ^A
DPPH	16.45 ± 0.12 ^A	9.72 ± 1.80 ^B

Valores reportados en base seca obtenidos de tres repeticiones. Valores reportados con la misma literal no son significativamente diferentes (T student, $p < 0.05$). Los resultados son expresados en porcentaje.

Ilustración 2. Gráfica comparativa de la capacidad antioxidante.



Al analizar puntualmente la correlación de Pearson, en la semilla de sandía existe una correlación entre ambos radicales de moderada a alta, que está dada por los flavonoides como se muestra en la tabla 13, existiendo una relación entre el radical ABTS y DPPH, es decir, si aumenta un radical aumentará el otro ya que ambos actúan de igual manera. En el caso de la semilla de papaya, tanto fenoles como flavonoides

proporcionan la capacidad antioxidante, presentando una correlación moderada para los flavonoides y medianamente alta para fenoles como se muestra en la tabla 14.

Tabla 13. Coeficiente de correlación de semilla de sandía.

	Fenoles	Flavonoides	DPPH	ABTS
Fenoles	1	-0.6933	-0.2773	0.9707
Flavonoides	-0.6933	1	-0.5	-0.5
DPPH	-0.2773	-0.5	1	-0.5
ABTS	0.9707	-0.5	-0.5	1

Tabla 14. Coeficiente de correlación de semilla de papaya.

	Fenoles	Flavonoides	DPPH	ABTS
Fenoles	1	-0.1940	0.6933	0.6933
Flavonoides	-0.1940	1	0.8610	0.5723
DPPH	0.6933	0.5723	1	0.9091
ABTS	-0.2401	-0.9056	-0.8660	1

V.2. Análisis proximal

El análisis proximal nos permite conocer la composición general de los alimentos y así determinar el contenido nutricional para un posible uso comercial. Se realizó una

comparación de las muestras con semillas de melón, uva y chía como se observa en la tabla 15.

Tabla 15. Comparación del contenido nutricional con otras semillas de frutas.

Composición	Sandía	Papaya	Melón	Chía	Uva
Extracto etéreo	43.95%	22.21%	25-35%	30-35%	17.5%
Proteína	30.47%	25.28%	20-27%	19-23%	0.23%
Fibra	5.28%	24.85%	25-30%	18-30%	4.15%
Minerales	4.43%	9.16%	4-6%	4-6%	1.43%

Elaboración propia obtenido de Boufadene, 2020; González, 2010; Ixtaina, 2010; Juárez *et al.*, 2017.

Respecto a la composición del extracto etéreo o grasa cruda, la semilla de sandía presenta la mayor cantidad de grasas con respecto a las semillas de las otras frutas, sin embargo la semilla de chía también presenta un elevado contenido.

En cuanto a las proteínas, las semillas de sandía y papaya sobresalen en su contenido, respecto a las otras semillas. La semilla de melón y chía destacan por su elevada cantidad en fibra, siendo la semilla de papaya la que más se aproxima a esos valores. Podemos destacar el elevado contenido de minerales de la semilla de papaya que es aproximadamente el doble que el resto de las semillas de las demás frutas.

Las semillas tanto de sandía como de papaya se encuentran libres de compuestos cianogénicos (tóxicos) por lo que su consumo es completamente seguro, esto de acuerdo al artículo “American Gastroenterological Association Institute Guideline on the Management of Acute Diverticulitis” (Stollman *et al.*, 2015).

En la tabla 16 se presentan los resultados obtenidos de la composición proximal de las semillas de sandía y papaya con una diferencia significativa de $p < 0.05$.

Tabla 16. Análisis proximal de semilla de sandía y papaya.

Componentes	Sandia (%)			Papaya (%)		
	BS	BH	BF	BS	BH	BF
Extracto etéreo	45.7634 ± 0.92	43.9551 ± 0.85 ^A	21.0197 ± 0.34	23.2403 ± 0.10	22.2116 ± 0.15 ^B	3.3190 ± 0.07
Proteína	31.7327 ± 0.03	30.4791 ± 0.00 ^A	14.5759 ± 0.04	26.4563 ± 0.61	25.2854 ± 0.59 ^B	3.7778 ± 0.09
Carbohidratos	12.3858 ± 1.00	12.3934 ± 0.55 ^B	5.6904 ± 0.48	14.7120 ± 1.60	14.3867 ± 1.48 ^A	2.1009 ± 0.23
Fibra cruda	5.5038 ± 0.11	5.2829 ± 0.14 ^B	2.5263 ± 0.04	26.0048 ± 0.98	24.8540 ± 1.33 ^A	3.7142 ± 0.17
Cenizas	4.6176 ± 0.04	4.4352 ± 0.05 ^B	2.1210 ± 0.02	9.5897 ± 0.04	9.1620 ± 0.03 ^A	1.3689 ± 0.02
Humedad		3.9506 ± 0.08 ^B	54.0664 ± 0.17		4.4265 ± 0.04 ^A	85.7188 ± 0.31

Valores reportados en base seca (BS), base húmeda (BH) y base fresca (BF) son obtenidos de tres repeticiones.

Filas con diferente letra son significativamente diferentes (Tukey < 0.05).

Tabla 17. Resultados del análisis proximal de semilla de sandía y su comparación con la literatura.

Componentes	% obtenido	% literatura	Autor
Extracto etéreo	43.95±0.85	41.46±0.03	(Ahmad <i>et al.</i> , 2017).
Proteína	30.47±0.00	23.40±0.20	(Ojeh <i>et al.</i> , 2008).
Carbohidratos	12.39±0.55	10.60±0.20	(Ojeh <i>et al.</i> , 2008; Tabiri <i>et al.</i> , 2016).
Fibra cruda	5.28±0.14	12.00±0.10	(Ojeh <i>et al.</i> , 2008).
Cenizas	4.43±0.05	3.0±1.00	(Tabiri <i>et al.</i> , 2016).
Humedad	3.95±0.08	4.6±0.30	(Ojeh <i>et al.</i> , 2008).

Tabla 18. Resultados del análisis proximal de semilla de papaya y su comparación con la literatura.

Componentes	% obtenido	%literatura	Autor
Extracto etéreo	22.21±0.15	28.61±0.02	(Makanjuola & Makanjuola, 2018).
Proteína	25.28±0.59	25.63±0.29	(Malacrida <i>et al.</i> , 2011).
Carbohidratos	14.38±1.48	11.67±0.0	(Marfo <i>et al.</i> , 1986a).
Fibra cruda	24.85±1.33	22.6±0.12	(Marfo <i>et al.</i> , 1986a).
Cenizas	9.16±0.03	9.0±0.02	(Makanjuola & Makanjuola, 2018; Oyeleke <i>et al.</i> , 2013).
Humedad	4.42±0.04	6.43±0.12	(Malacrida <i>et al.</i> , 2011).

El objetivo de la determinación de la humedad es conocer la proporción de agua presente y la estabilidad del alimento, permitiendo determinar las condiciones de un almacenamiento correcto (Pachecho & Esquer, 2007). La humedad se determinó tanto en muestra fresca como en muestra procesada. En fresco se destaca la humedad de papaya con un 31.6% más que la sandía (tabla 16), esta variación de humedad puede estar relacionada con el contenido de extracto etéreo y proteínas de la semilla de sandía.

En muestra procesada, los valores obtenidos de humedad en semilla de sandía se asemejan a los descritos por Ojeh y colaboradores (tabla 17), al igual que la semilla de papaya cuyos valores se aproximan a los reportados por Malacrida y colaboradores (tabla 18).

La determinación de extracto etéreo tiene la finalidad de conocer el contenido de grasa y así poder estimar el tiempo de almacenaje del alimento (Fay & Zumbado, 2019). Los resultados obtenidos del extracto etéreo mostraron un elevado contenido para semilla de sandía correspondiente al 43.95% y para semilla de papaya del 22.21%, asemejándose a los datos proporcionados por la literatura como se muestra en la tabla 17 y en la tabla 18. Están compuestos principalmente por grasas insaturadas, tales como ácido oleico del 17.84% en semilla de sandía y 71.30% en semilla de papaya, y ácido palmítico del 3.8% en semilla de sandía y 16.16% en semilla de papaya (Ahmad *et al.*, 2017; Malacrida *et al.*, 2011).

Las proteínas de la semilla de sandía están compuestas por aminoácidos esenciales como arginina, alanina, isoleucina y leucina. Las de semilla de papaya por treonina, prolina, leucina y ácido glutámico (Marfo *et al.*, 1986b; Ojeh *et al.*, 2008). Su determinación se realiza con la finalidad de conocer la calidad nutritiva del alimento (Fay Vásquez & Zumbado Fernández, 2019). Los resultados obtenidos muestran que la proteína total de la semilla de sandía es un 5.1% más que la semilla de papaya correspondiente al 30.47% y 25.28% respectivamente, sin embargo, los valores obtenidos para la semilla de sandía son más elevados que los reportados por Ojeh y colaboradores (tabla 17).

Los carbohidratos presentes en ambas semillas son azúcares simples como son la glucosa y la fructosa (Marfo *et al.*, 1986a). El contenido de carbohidratos es similar a lo consultado en la literatura (tabla 16 y 17), presentando una mayor cantidad la semilla de papaya (14.38%) respecto a la semilla de sandía (12.39%). Las grasas, las proteínas y los carbohidratos son macronutrientes en nuestra dieta, siendo la función

principal de los azúcares proporcionar energía al cuerpo (Fay Vásquez & Zumbado Fernández, 2019).

La fibra cruda tiene la función de la regulación intestinal, sufre pocos procesos fermentativos por lo que reduce el tiempo de tránsito de los alimentos y aumenta la excreción (Fay & Zumbado, 2019). La semilla de papaya contiene casi cinco veces más cantidad que la semilla de sandía, correspondiente al 24.85% y 5.28%, respectivamente. En cuanto a la semilla de sandía, los valores obtenidos fueron inferiores a los reportados por Ojeh y colaboradores (tabla 17), esto puede ser resultado de una mala técnica durante la determinación. La fibra dietética total que compone a ambas semillas es de origen soluble e insoluble. La fibra soluble representa a pectinas, gomas, mucílagos, ciertas hemicelulosas, polisacáridos de algas y celulosa modificada mientras que la fibra insoluble son celulosa, hemicelulosa y lignina (Marfo *et al.*, 1986a).

Las cenizas representan los residuos inorgánicos, es decir las sales minerales presentes en las semillas, su determinación tiene como objetivo proporcionarnos el contenido total de minerales, materia inorgánica y microelementos con funciones metabólicas importantes, así como la detección de metales pesados provenientes de contaminación (Fay Vásquez & Zumbado Fernández, 2019). En relación al contenido de cenizas en nuestras muestras, la semilla de papaya presenta el doble del contenido respecto a la semilla de sandía correspondiente al 9.16% y 4.43% respectivamente. En el caso de la semilla de papaya los minerales presentes reportados son: potasio, zinc, calcio, hierro y manganeso, por otro lado la semilla de sandía es rica en potasio,

zinc, sodio, calcio, hierro y magnesio (Alka *et al.*, 2018; Makanjuola & Makanjuola, 2018; Oyeleke *et al.*, 2013).

Conclusiones

La evaluación del contenido de fenoles totales y flavonoides totales, así como la capacidad antioxidante por los métodos empleados (DPPH y ABTS) y características fisicoquímicas, nos permiten tener un panorama general de las semillas de papaya y sandía.

Al comparar ambas semillas, se encontró que la semilla de sandía tiene mayores concentraciones de fenoles, flavonoides y una mayor capacidad antioxidante dada por estos últimos en la inhibición del radical DPPH, además, se detectó que posee un alto contenido de proteína (30.47%) y extracto etéreo (43.95%).

A pesar de que la semilla de papaya presenta bajas concentraciones de compuestos bioactivos, su capacidad antioxidante se encuentra presente en ambas inhibiciones, asimismo destaca la cantidad de fibra (24.85%) y minerales (9.16%) que posee.

Lo anterior ratifica la importancia de tomar en cuenta las semillas de dichas frutas, ya que poseen propiedades benéficas que podrían ayudar a mediano y largo plazo en la prevención de enfermedades y no considerarlas como desecho.

Recomendaciones

En el área alimenticia, implementar la harina de la semilla de ambas frutas para que el consumidor les dé un uso adecuado en su hogar similar a la harina de trigo, en el caso de la harina de semilla de papaya podría tener un uso como condimento alimenticio. Un estudio más completo sobre ácidos grasos permitiría conocer su viabilidad para su consumo como aceite de mesa, de cocina o subproductos lácteos.

En el área farmacéutica, implementar como producto nutracéutico la semilla de sandía por su elevado contenido en proteínas y grasas insaturadas. La producción de cápsulas con la harina de las semillas como tratamientos alternativos o suplementos alimenticios.

En el área cosmeceútica la implementación de la harina de las semillas en productos como cremas faciales, mascarillas faciales y productos del cuidado de la piel que, debido a su elevado contenido en compuestos bioactivos favorece la elasticidad de la piel previniendo las arrugas y retrasando el envejecimiento.

Referencias bibliográficas

- AACC. (1992). Determination of soluble, insoluble and total dietary fiber in food and food products. AACC method 32-07.
- AOAC. (2000). Official Methods Validation Program "AOAC International Official Methods of Analysis" (Vol. XXIII). 17.
- Adeyeye, S. A. O., Bolaji Olushola, T., Abegunde, T. A., Adebayo-Oyetero, A. O., Tihamiyu, H. K., & Idowu-Adebayo, F. (2020). Evaluation of nutritional composition, physico-chemical and sensory properties of 'Robo' (A Nigerian traditional snack) produced from watermelon (*Citrullus lanatus* (Thunb.) seeds. *Food Research*, 4(1), 216–223. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.4\(1\).230](https://doi.org/10.26656/fr.2017.4(1).230)
- Ahmad, M., Faruk, R., Shagari, K. A., & Umar, S. (2017). *Analysis of essential oil from watermelon seeds*. 2, 1–17.
- Alka, G., Anamika, S., & Ranu, P. (2018). A review on watermelon (*Citrullus lanatus*) medicinal seeds. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(3), 2222–2225. <http://www.globinmed.com>.
- Andresen H, M., Regueira H, T., & Leighton, F. (2006). Estrés oxidativo en el paciente crítico. *Revista Medica de Chile*, 134(5), 649–656. <https://doi.org/10.4067/s0034-98872006000500015>
- Aparicio, A., & Ortega, R. M. (2016). Efectos del consumo del beta-glucano de la avena sobre el colesterol sanguíneo: una revisión. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 20(2), 127–139. <https://doi.org/10.14306/renhyd.20.2.183>
- Ascanio, R. (2016). Homotecia. *Unoversidad de Carabobo, Facultad de Ciencias de La Educación.*, 1(7).

- Averos Hidalgo, E. B. (2020). Situación actual de la comercialización del cultivo de Sandía (*Citrullus lamatus* L.), en el cantón Babahoyo, Provincia de Los Ríos. *Universidad Técnica de Babahoyo. Facultad de Ciencias Agropecuarias.*
- Begambre Vergara, L. (2020). *Estudio monográfico sobre el uso y aplicaciones del aceite y la semilla de sandía (Citrullus lanatus)* (Issue February). <https://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstream/handle/ucordoba/3872/Monograf%C3%ADa%20Leidys%20Begambre%20Vergara.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Beltrán, B., Estévez, R., Cuadrado, C., Jiménez, S., & Alonso, B. O. (2012). Base de datos de carotenoides para valoración de la ingesta dietética de carotenos, xantofilas y de vitamina A; utilización en un estudio comparativo del estado nutricional en vitamina a de adultos jóvenes. *Nutricion Hospitalaria*, 27(4), 1334–1343. <https://doi.org/10.3305/nh.2012.27.4.5886>
- Boufadene, W. (2020). Composition chimique et activités biologiques des cucurbitacées. *Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem. Faculté Des Sciences de La Nature et de La Vie.*
- Carrasco Cruz, A. R., Gutierrez Monroy, A. Y., Palacios Allende, O. T., & Salas Davila, E. L. (2019). Instalación de una planta procesadora de compota a base de Papaya con muña endulzado con stevia. *Universidad San Ignacio de Loyola.*
- Cervantes Rubio, G. (2017). Caracterización física, química, fitoquímica y de capacidad antioxidante de partes estructurales de papaya (*Carica papaya* L.). *Universidad Autónoma de Sinaloa. Facultad de Ciencias Químico Biológicas.*
- Chan León, A. (2013). Aspectos fisicoquímicos y caracterización de polifenoles y carotenoides durante la maduración postcosecha de frutos de papaya (*Carica*

- papaya L.). *Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C.*, 37–41.
file:///C:/Users/Frans/Downloads/PCB_M_Tesis_2013_Arianna_Chan_Leon.pdf
- Chiroque Quinteros, A. C., & Sencio Sanchez, E. X. (2020). Formulación y desarrollo de una mermelada del mesocarpio de sandía (*Citrullus lanatus*) y arándano (*Vaccinium myrtillus*). *Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo*, 1–250.
<http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/3424/BC-TES-TMP-2247.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Contreras Chávez, R. (2018). Estudio comparativo de métodos de extracción de compuestos bioactivos de dos especies del género *Pleurotus* spp. y su aplicación en la síntesis de nanopartículas de plata. *Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo. Facultad de Químico Farmacobiología*.
- Coronado H., M., Vega Y León, S., Gutiérrez T., R., Vázquez F., M., & Radilla V., C. (2015). Antioxidantes: Perspectiva actual para la salud humana. *Revista Chilena de Nutrición*, 42(2), 206–212. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182015000200014>
- Crawford, H. (2017). Manual de manejo agronómico para cultivo de sandía. *Instituto de Investigaciones Agropecuarias*, 367, 1–94. <http://www.inia.cl/wp-content/uploads/ManualesdeProduccion/02 Manual Sandia.pdf>
- Dammak, M. I., Salem, Y. Ben, Belaid, A., Mansour, H. Ben, Hammami, S., Le Cerf, D., & Majdoub, H. (2019). Partial characterization and antitumor activity of a polysaccharide isolated from watermelon rinds. *International Journal of Biological Macromolecules*, 136, 632–641. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.06.110>
- Drago, M., Lopéz, M., & Sainz, T. (2006). Componentes bioactivos de alimentos funcionales de origen vegetal. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*,

37(4), 58–68.

Escamilla Jiménez, C. I., Cuevas Martínez, E. Y., & Guevara Fonseca, J. (2009).

Flavonoides y sus acciones antioxidantes. *Rev Fac Med UNAM*, 52(2), 73–75.

<http://www.medigraphic.com/pdfs/facmed/un-2009/un092g.pdf>

Fay Vásquez, F. M., & Zumbado Fernández, H. (2019). *Análisis proximal en alimentos.*

Fundamentos teóricos y técnicas experimentales.

Garcés Menéndez, E. V. (2018). Análisis de la producción y comercialización de

Sandía y su impacto en el desarrollo socioeconómico en el Cantón Jipijapa de los periodos 2015 al 2017. In *Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manta.*

<http://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.001><http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec>

[.2016.12.055](https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2019.02.006)<https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2019.02.006><https://doi.org/10.1016/j.matlet.2019.04.024>

<https://doi.org/10.1016/j.matlet.2019.127252>

<http://dx.doi.org/10.1016/j.matlet.2019.127252>

García Bernal, N. D. (2017). Evaluación del efecto de la aplicación del hongo

micorrízico *Glomus* sp. del producto Biofertmex en suspensión concentrada de minerales exclusivos S.A. sobre plantulas del cultivo de patilla (*Citrullus lanatus*)

en vivero y en campo sobre el municipio de Vi. *Journal of Chemical Information*

and Modeling, 53(9), 1689–1699. <file:///C:/Users/User/Downloads/fvm939e.pdf>

García Vázquez, A., García Salazar, J. A., Guzmán Soria, E., Portillo Vázquez, M., &

Fortis Hernández, M. (2015). El mercado de la sandía en México: un estudio de caso sobre excesos de oferta y volatilidad de precios. *Región Y Sociedad*, 23(52).

<https://doi.org/10.22198/rys.2011.52.a187>

Gonzabay Cuadrado, C. S., & Lindao Bararata, C. S. (2019). Determinación de

polifenoles totales y actividad antioxidante del extracto metanólico de la cáscara de sandía (*Citrullus lanatus*) variedad Charleston Grey. *Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Químicas*.

González, F. (2010). Caracterización de compuestos fenólicos presentes en la semilla y aceite de chía (*Salvia hispanica* L.), mediante electroforesis capilar. *Instituto Politecnico Nacional*, 0–101.

González Peña, M. A., Lozada Ramírez, J. D., Toxqui Abascal, L., & Ortega Regules, A. E. (2018). Los beneficios del consumo de carotenoides. *Revista Facultad Ciencias de La Salud: Universidad Del Cauca*, 19(2), 30–42. https://www.researchgate.net/profile/Marco-Gonzalez-Pena/publication/350639816_Los_beneficios_del_consumo_de_carotenoides/links/606b4a7e458515614d3a2b09/Los-beneficios-del-consumo-de-carotenoides.pdf

Gulcin, İ. (2020). Antioxidants and antioxidant methods: an updated overview. In *Archives of Toxicology* (Vol. 94, Issue 3). <https://doi.org/10.1007/s00204-020-02689-3>

Hamid, A. A., Aiyelaagbe, O. O., Usman, L. A., Ameen, O. M., & Lawal, A. (2010). Antioxidants: Its medicinal and pharmacological applications. *African Journal of Pure and Applied Chemistry*, 4(8), 142–151. <http://www.academicjournals.org/AJPAC>

Hernández Madrigal, J. V., Barragán Vázquez, F. J., Calvo Carrillo, M., & Aguilar Medina, E. D. (2020). *Determinación de compuestos bioactivos en papaya (Carica papaya L., CV. Maradol) en el estado de Colima en dos estados de*

madurez. 5(2018), 239–243.

Instituto Nacional De Salud Pública. (2020). *Altos porcentajes de la población mexicana consumen alimentos no recomendables*.

<https://www.insp.mx/avisos/4769-consumo-alimentos-factores-sociodemograficos.html>

Ixtaina, V. Y. (2010). Caracterización de la semilla y el aceite de chía (*Salvia hispanica* L.) obtenido mediante distintos procesos. *Universidad Nacional de La Plata*.

Izquierdo, E., & Zarain, A. (2017). Fitoestrógenos Y Su Relación Con El Cáncer. *Revista de Educación Bioquímica*, 36(4), 101–110.

<https://www.medigraphic.com/pdfs/revedubio/reb-2017/reb174b.pdf>

Juárez Trujillo, N., Jiménez Fernández, M., Guerrero Analco, J. A., Monribot Villanueva, J. L., & Jiménez Fernandez, M. (2017). Caracterización del aceite y harina obtenido de la semilla de uva silvestre (*Vitis tiliifolia*). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(5), 1113–1126. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i5.112>

Komane, B., Vermaak, I., Kamatou, G., Summers, B., & Viljoen, A. (2017). The topical efficacy and safety of *Citrullus lanatus* seed oil: A short-term clinical assessment. *South African Journal of Botany*, 112, 466–473.

<https://doi.org/10.1016/j.sajb.2017.06.028>

López Carreras, N., Miguel, M., & Aleixandre, A. (2012). Propiedades beneficiosas de los terpenos iridoides sobre la salud. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*, 32(3), 81–91.

Makanjuola, M. O., & Makanjuola, J. O. (2018). Proximate and selected Mineral Composition of Ripe Pawpaw (*Carica papaya*) Seeds and Skin. *Journal of*

Scientific and Innovative Research, 7(3), 75–77. www.jsirjournal.com

- Malacrida, C. R., Kimura, M., & Jorge, N. (2011). Characterization of a high oleic oil extracted from papaya (*Carica papaya* L.) seeds. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 31(4), 929–934. <https://doi.org/10.1590/s0101-20612011000400016>
- Mamta, K. M., Dhillon, G. S., Brar, S. K., & Verma, M. (2013). Antioxidants. In N. Springer, Nueva York (Ed.), *Biotransformation of Waste Biomass into High Value Biochemicals* (pp. 117–138). <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8005-1>
- Mardones, L. (2020). Vitamina C y Cáncer ¿amigos o enemigos? *Rev Med Chile*, 148, 1047–1048. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00809.3>.
- Marfo, E. K., Oke, O. L., & Afolabi, O. A. (1986a). Chemical composition of papaya (*Carica papaya*) seeds. *Food Chemistry*, 22(4), 259–266. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(86\)90084-1](https://doi.org/10.1016/0308-8146(86)90084-1)
- Marfo, E. K., Oke, O. L., & Afolabi, O. A. (1986b). Some studies on the proteins of *Carica papaya* seeds. *Food Chemistry*, 22(4), 267–277. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(86\)90085-3](https://doi.org/10.1016/0308-8146(86)90085-3)
- Martial-Didier, A. K., Hubert, K. K., Jean Parfait, K. E., & Kablan, T. (2017). Phytochemical properties and proximate composition of papaya (*Carica papaya* L. var solo 8) peels. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 5(6), 676. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v5i6.676-680.1154>
- Martínez, E. (2015). Compuestos bioactivos: de la evidencia científica a las alegaciones de salud en la publicidad y etiquetado. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 65(1), 42–44. <http://www.alanrevista.org/ediciones/2015/suplemento-1/art-110/>

- Moreiras, O. C. (2013). *Tablas de composición de alimentos*. 2. http://www.mapama.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/sandia_tcm7-315358.pdf
- Moreiras, O. C., Carbajal, A., Cabrera, L., & Cuadrado, C. (2013). Tablas de composición de alimentos. In *Revista de Enfermería (Barcelona, Spain)* (Vol. 6, Issue 56, pp. 14–16).
- Moya, A. (2020). Compuestos organosulfurados presentes en aliáceas y sus propiedades saludables. *Universidad de Sevilla. Facultad de Farmacia*.
- Muñoz Cachago, M. D. (2018). Evaluación de sistemas de deshidratación del fruto de dos variedades de *Carica papaya*: Solo sunrise (hawaiana) y Tainung, para la obtención de carotenoides totales considerando como fuente de colorantes naturales. *Universidad Central de Ecuador*, 1(1). <http://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.001><http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2016.12.055><https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2019.02.006><https://doi.org/10.1016/j.matlet.2019.04.024><https://doi.org/10.1016/j.matlet.2019.127252><http://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.001>
- Murcia Tomás, M. A. (2001). *Importancia de las frutas como alimentos con alta actividad antioxidante*. 33–36.
- National Geographic. (2018). La sandía y su historia secreta de 5,000 años. In *National Geographic en Español*. <https://www.ngenespanol.com/15/la-sandia-y-su-historia-secreta-5-milenios-frutos-antiguedad/amp/>
- Navarro, C. A., Rojas, Z. E., Lazcano, H. M., & Vera, L. O. (2016). Propiedades funcionales de semillas de papaya (*Carica papaya L.*). *Revista de Ciencias de La*

Salud, 3(7), 48–56.

Ojeh, G. C., Oluba, O. M., Ogunlowo, Y. R., Adebisi, K. E., Eidenbge, G. O., & Orole, R. . (2008). Compositional studies of *Citrullus lanatus* seeds. *Journal of Nutrition and Health*, 6(1), 234–256.

Organización Mundial de Salud. (2018). Dieta saludable. In *Alimentacion Sana*.
<http://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet>

Ortiz Escarza, J. M., & Medina López, M. E. (2020). Estrés oxidativo ¿un asesino silencioso? *Educación Química*, 31(1), 2.
<https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2020.1.69709>

Oyeleke, G. ., Isola, A. D., Salam, M. A., & Ajao, F. D. (2013). Evaluation of Some Chemical Composition of Pawpaw (*Carica Papaya*) Seeds under Normal Storage Ripening. *IOSR Journal Of Environmental Science, Toxicology And Food Technology*, 4(6), 18–21. <https://doi.org/10.9790/2402-0461821>

Pachecho Moreno, B., & Esquer Duarte, A. (2007). Análisis de alimentos. Manual de prácticas. *Colegio de Bachilleres Del Estado de Sonora*, 319, 1–63.
<https://doi.org/10.1016/j.neucom.2018.07.005>

Palazón-Guillamón, M., Periago, M. J., & Navarro-González, I. (2018). Estimación de la ingesta diaria de carotenoides en adolescentes españoles (10-17 años). *Rev. Esp. Nutr. Comunitaria*, 24(2).
http://www.renc.es/imagenes/auxiliar/files/RENC_2018_2_2._I_Navarro._Ingesta_carotenoides_adolescentes_.pdf

Palma, N. (2019). Implicación de los isoprenoides y la prenilación de las proteínas en la enfermedad de Alzheimer y su posible uso en la terapia de esta enfermedad.

Universidad de Sevilla. Facultad de Farmacia.

Palomino, J. M. (2020). *La importancia de incluir la papaya en la dieta.*

<https://adncuba.com/cocina/la-importancia-de-la-papaya-en-la-dieta>

SADER, S. de A. y D. R. (2017). *Planeación Agrícola Nacional de Papaya Mexicana.*

Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, I(1), 1–14.

SADER, S. de A. y D. R. (2020). *Sandía, una rebanada de sabor.*

<https://www.gob.mx/agricultura/articulos/la-sandia-fruta-que-inspira?idiom=es>

SADER, S. de A. y D. R. (2021a). *Creció producción y exportación de sandía mexicana*

en 2020. <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/crecio-produccion-y-exportacion-de-sandia-mexicana-en-2020?idiom=es>

SADER, S. de A. y D. R. (2021b). *México, principal exportador de papaya en el mundo;*

crece producción 3.2 por ciento en 2020.

<https://www.gob.mx/agricultura/prensa/mexico-principal-exportador-de-papaya-en-el-mundo-crece-produccion-3-2-por-ciento-en-2020?idiom=es>

Salceda, R. (2012). *Trazabilidad agroalimentaria: papaya (Carica papaya), en el*

distrito de desarrollo rural 007, Veracruz, Veracruz. Universidad Nacional

Autónoma De México.

http://www.geocities.com/alaro2001/espanyol/historia_cast.htm.4www.epec.com.

<http://www.ptolomeo.unam.mx>

[:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/1439/1/tesis.pdf](http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/1439/1/tesis.pdf)

Sánchez-Valle, V., & Méndez-Sánchez, N. (2013). *Estrés oxidativo, antioxidantes y*

enfermedad. Rev Invest Med Sur Mex, 20(3), 161–168.

- Sánchez, M. E. (2013). Antioxidantes: Consumo de Antioxidantes Naturales en Adultos Mayores de entre 65 y 75 años con Dislipidemia. *Universidad Abierta Interamericana Antioxidantes*.
- Sarango Flores, J. F. (2020). *Efecto de la dosis y la frecuencia de aplicación de un extracto de compost a base de neem sobre la producción de frutos en el cultivo de Papaya (Carica papaya L.) en Cienegullo sur - Sullana 2016*.
- SIAP. (2018). Resumen Nacional Intención de siembra. *Sagarpa, Siap*.
http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenDelegacion.do
- SIAP. (2020a). *Avance de Siembras y Cosechas. Resumen por cultivo*. SAGARPA, SIAP.
http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenDelegacion.do
- SIAP. (2020b). *Avance de Siembras y Cosechas. Resumen por estado*. SAGARPA, SIAP.
http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do
- Solano González, D. D., & Coello Morán, J. D. (2019). Elaboración y Análisis proximal de la harina de sandía en 2 variedades diferentes (*Citrullus lanatus*, Charleston Gray y Crimson Sweet). *Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Químicas*.
- Stollman, N., Smalley, W., & Hirano, I. (2015). American Gastroenterological Association Institute Guideline on the Management of Acute Diverticulitis. *Gastroenterology*, 149(7), 1944–1949.
<https://doi.org/10.1053/j.gastro.2015.10.003>
- Tabiri, B., Agbenorhevi, J. K., Wireko-Manu, F. D., & Ompouma, E. I. (2016).

Watermelon Seeds as Food: Nutrient Composition, Phytochemicals and Antioxidant Activity. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*, 5(2), 139–144. <https://doi.org/10.11648/j.ijnfs.20160502.18>

Vallejo Zamudio, E., Rojas Velázquez, A., & Torres Bugarín, O. (2017). Una poderosa herramienta en la medicina preventiva del cáncer: los antioxidantes. *El Residente*, 12(3), 104–111.

Venereo Gutiérrez, J. R. (2002). Daño oxidativo, radicales libres y antioxidantes. *Revista Cubana de Medicina Militar*, 31(2), 126–133.

Ware, M. (2021). *Cuáles son los beneficios de la papaya para la salud*. <https://www.medicalnewstoday.com/articles/es/fruta-de-papaya#nutricion>

ANEXOS

Imágenes de la metodología del análisis proximal.

Ilustración 3. Peso constante de crisol para determinación de cenizas.



Ilustración 4. Carbonización de las muestras.



Ilustración 5. Muestras carbonizadas (crisol superior semilla de sandía, crisol inferior semilla de papaya).



Ilustración 6. Muestras calcinadas (crisol superior semilla de sandía, crisol inferior semilla de papaya).



Ilustración 7. Equipo extractor Soxhlet



Ilustración 8. Extracción del éter etílico



Ilustración 9. Grasa extraída

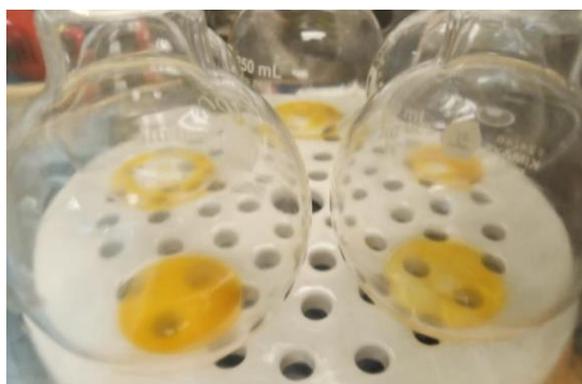


Ilustración 10. Tratamiento ácido/base para determinación de fibra cruda.



Ilustración 11. Muestras después del secado (crisol superior semilla de papaya, crisol inferior semilla de sandía).



Ilustración 12. Muestras después de calcinar (crisol superior semilla de papaya, crisol inferior semilla de sandía).

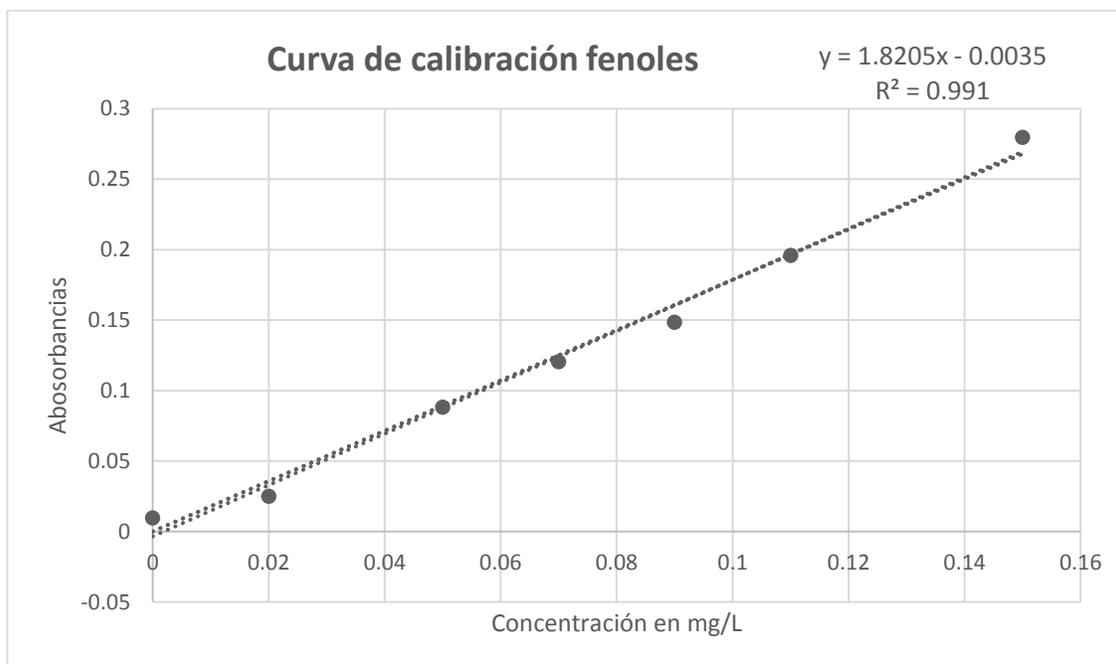


Curva de calibración.

Tabla 19. Concentraciones utilizadas en la curva de calibración para fenoles totales.

Concentración de Ácido gálico (mg/ml)	Solución stock (µL)	Agua destilada (µL)	Volumen final (µL)
0	---	1000	1000
0.1	100	900	1000
0.3	300	700	1000
0.5	500	500	1000
0.8	800	200	1000
1	1000	---	1000

Ilustración 13. Curva de calibración para fenoles totales.

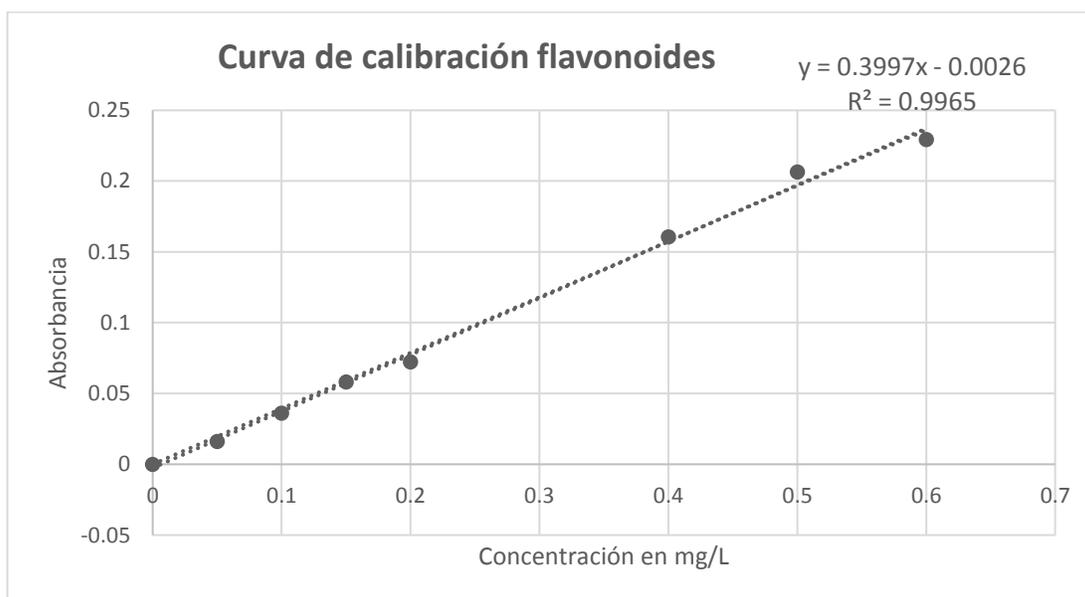


Los valores de las muestras se calcularon a partir de los promedios de las absorbancias a 750 nm obtenidas e interpoladas en la curva de calibración.

Tabla 20. Concentraciones utilizadas en la curva de calibración para flavonoides totales.

Concentración de Quercetina (mg/ml)	Solución stock (µL)	Agua destilada (µL)	Volumen final (µL)
0	---	1000	1000
0.05	50	950	1000
0.10	100	900	1000
0.15	150	850	1000
0.20	200	800	1000
0.30	300	700	1000
0.40	400	600	1000
0.50	500	500	1000
0.60	600	400	1000

Ilustración 14. Curva de calibración para flavonoides totales.



Los valores de las muestras se calcularon a partir de los promedios de las absorbancias a 510 nm obtenidas e interpoladas en la curva de calibración.

