



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
FACULTAD DE QUÍMICO FARMACOBIOLOGÍA**

**DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y
CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE CÁSCARA DE SANDÍA
(*CITRULLUS LANATUS*).**

TESIS

**Como requisito para obtener el título de:
Químico farmacobiólogo.**

Presenta:

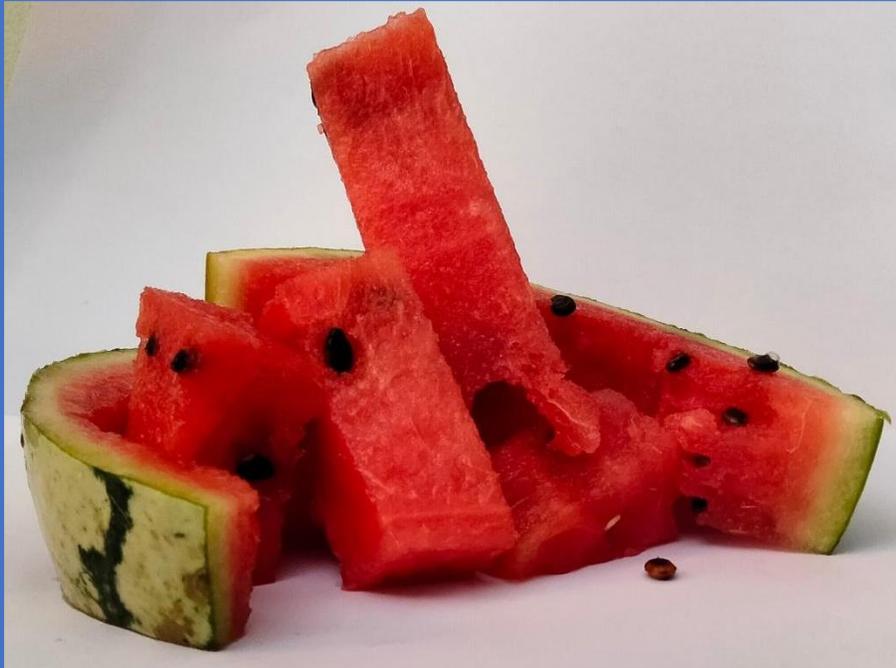
Abiu Ramírez Sánchez

Asesora: Dce. Rosalynda Sánchez Vázquez

Co-asesora: Dce. Mireya Ramos Rendón

Morelia, Michoacán, mayo 2022.





Dedicatoria

A **DIOS** Por ser el mayor soporte en mi vida,
el refugio en cada uno de los momentos vividos
y permitirme lograr ser lo que hoy en día soy.

A mi hermosa madre **Elcia Sánchez Pérez**,
que siempre me ha entregado lo mejor en la vida,
Agradecerle todo esto y mucho más,
por haber creído en mí y apoyado todos mis sueños e ideales,
por enseñarme el valor de la perseverancia y el esfuerzo,
por luchar tanto para sacarme adelante.
Gracias por ser como eres. TE AMO.

A mis queridos **hermanos y cuñadas**
por su cariño, paciencia y apoyo que me brindaron.
Por su labor diaria como hermanos-amigos
dándome ánimos en todo momento y creyendo tanto en mí.

Agradecimiento

Durante esta etapa de mi vida, quiero agradecer de todo corazón a aquellas personas e instituciones que hicieron posible que esté trabajo de Tesis que llegó a su parte final, y a quienes estuvieron en este camino, GRACIAS.

A mis asesoras: **Rosalynnda Sánchez Vázquez** y **Mireya Ramos Rendón**, por abrirme su apoyo y su confianza depositada, quienes leyeron mis numerosas revisiones y me ayudaron a dar sentido a todas mis confusiones.

Al D.C **Héctor Eduardo Martínez Flores** quien por su apoyo y por permitirme ingresar a su Laboratorio de investigación y desarrollo de Alimentos (LIDA) donde desarrolle y trabaje incansablemente para alcanzar este objetivo. Y por ser parte de mi comité de tesis.

A la **M.C María Esther Tadeo González** por su enseñanza y orientación eficaz de manejo y equipamiento en el laboratorio LIDA, y por ser parte de mi comité de tesis.

Al **M.C Rafael Contreras Chávez** por su colaboración, apoyo y su buena disposición por compartir sus experiencias en cada técnica o métodos para determinación de la actividad antioxidante, y por ser parte de mi comité de tesis.

A los profesores quienes de alguna u otra manera me apoyaron a lo largo del camino para culminar esta tesis y la vida universitaria, **M.C. Leslie Malleli Barriga Téllez** y **M.C. Diana Cecilia Maya Cortes** y por ser parte de mi comité de tesis.

A los jurados de tesis: **Héctor Eduardo Martínez Flores**, **Rafael Contreras Chávez**, **María Esther Tadeo González**, **Leslie Malleli Barriga Téllez**, **Diana Cecilia Maya Cortes** por sus críticas y consejos para hacer de este un mejor trabajo.

A mis compañeros del laboratorio **Noé, Ana Patricia y Fabiola** por sus diversas formas de apoyo, colaboración, amistad y el tiempo compartido.

A **Lucia Morales Ortiz** por sus consejos, comprensión, orientación y permanente ayuda en el desarrollo de esta tesis, además de ser una gran persona y darme la mano cuanto más lo necesitaba.

A todos mis **AMIGOS** de la UMSNH por los gratos momentos que hemos compartido, su enorme apoyo y su inigualable amistad, quienes están siempre al pendiente y me dan palabras de aliento para continuar, por compartir los altos y bajos de qué fue de la vida universitaria y por esta amistad que espero dure para toda la vida.

Finalmente, a mi querida **Facultad de Químico Farmacobiología de la UMSNH** por entregar una educación de calidad por estos 5 años, que me da la seguridad necesaria para enfrentarme a la vida y al mundo.

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Pirámide alimenticia	5
Ilustración 2. Etapas de crecimiento de la planta de sandía.....	8
Ilustración 3. Morfología de la fruta	13
Ilustración 4. Clasificación de compuestos bioactivos.....	19
Ilustración 5. Fenol simple.....	21
Ilustración 6. Estructura química básica de las principales clases de polifenoles. ...	21
Ilustración 7. Compuestos fenólicos.....	22
Ilustración 8. Flavonoides.....	23
Ilustración 9. Estructura de flavonoides.....	24
Ilustración 10. Reacción de Folin-Ciocalteu	25
Ilustración 11. Reacción entre el ácido gálico y el reactivo de Folin-Ciocalteu.....	26
Ilustración 12. Neutralización del radical libre por un oxidante.....	29
Ilustración 13. Estructura del DPPH antes y después de la reacción con el antioxidante.....	30
Ilustración 14. Estructura y espectros del radical DPPH (2-difenil-1-picril hidrazilo) (línea violeta) y de DPPH (2-difenil-1-picril hidrazilo) reducido (línea amarilla).	30
Ilustración 15. Estructura química del ABTS.	31
Ilustración 16. Mapa de ubicación de la facultad QFB.	34
Ilustración 17. Lavado y preparación de la fruta.....	35
Ilustración 18. Muestra picada.....	35
Ilustración 19. Muestra en polvo.....	36
Ilustración 20. Reactivos	38

Índice de tabla

Tabla 1. Taxonomía de la sandía.....	7
Tabla 2. Etapas y temperaturas optimas.	7
Tabla 3. Características botánicas de la planta de sandía.....	8
Tabla 4. Características importantes.	11
Tabla 5. Especies de sandía.....	12
Tabla 6. Composición química de la sandía.	15
Tabla 7. Producción mundial de sandia.....	16
Tabla 8. Rendimiento promedio de la sandía a nivel nacional.....	17
Tabla 9. Composición antioxidante de cáscara de sandía y comparación con la literatura.	45
Tabla 10 Comparación de la capacidad antioxidante con cáscara de otras frutas. ...	46
Tabla 11. Capacidad antioxidante de cáscara de sandía y comparación con la literatura.	47
Tabla 12. Coeficiente de correlación de Pearson.	47
Tabla 13. Análisis bromatológico proximal de la cáscara de sandía.....	48
Tabla 14. Resultados del análisis bromatológico proximal en base húmeda (BH) y su comparación con la literatura.	49
Tabla 15. Resultados del análisis bromatológico proximal en base seca (BS) y su comparación con la literatura.	49
Tabla 16. Comparación con cascara de otras frutas.....	51
Tabla 17. Concentraciones de la curva de calibración de ácido gálico.....	70
Tabla 18. Curva de calibración de Quercetina.....	71
Tabla 19. Resultados del análisis bromatológico proximal en base fresca (BF) y su comparación con la literatura.	72

Contenido

Dedicatoria	I
Agradecimiento	II
Índice de ilustraciones.....	IV
Índice de tabla.....	V
Contenido.....	VI
Resumen.....	X
Abstract.....	XI
1. INTRODUCCIÓN	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
3. OBJETIVOS	3
3.1 OBJETIVO GENERAL:	3
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	3
4. HIPÓTESIS	3
5. JUSTIFICACIÓN	4
6. MARCO TEÓRICO.....	5
6.1 Importancia del consumo de frutas	5
6.2 Antecedentes.....	6
6.3 Distribución geográfica.	6
6.4 Clasificación taxonómica.....	7
6.5 Condiciones climáticas para el cultivo y crecimiento de sandía.....	7
6.6 Descripción botánica.....	8
6.7 Características importantes de la fruta.	11
6.8 Tipos de sandía.....	11
6.9 Especies de sandía.....	12
6.10 Morfología de la sandía.	13
6.11 Beneficios de la sandía.	14
6.12 Composición química de la sandía.	15
6.13 Usos.....	15
6.14 Producción.	16

6.14.1 Producción mundial y nacional de la sandía.....	16
6.14.2 Producción estatal de la sandía.....	17
6.15 Compuestos bioactivos.....	18
6.15.1 Clasificación de los compuestos bioactivos.....	18
6.16 Polifenoles totales.....	20
6.16.1 Estructura química.....	20
6.16.2 Características.....	21
6.16.3 Clasificación.....	22
6.17 Flavonoides.....	23
6.17.1 Características.....	23
6.17.2 Clasificación.....	24
6.17.3 Función.....	24
6.17.4 Beneficios.....	25
6.18 Métodos para determinación de polifenoles totales.....	25
6.18.1 Ensayo Folin-Ciocalteu.....	25
6.18.1.1 Historia.....	25
6.18.1.2 Reactivo de Folin Ciocalteu.....	26
6.19. Antioxidantes.....	27
6.19.1 Clasificación.....	27
6.19.2 Reacción de oxidación y reducción.....	28
6.20 Actividad antioxidante.....	28
6.20.1 Historia.....	28
6.20.2 Función.....	29
6.21 Método para la determinación de actividad antioxidante.....	29
6.21.1 Técnica 2,2-difenil-1-pioli hidrazilo (DPPH).....	29
6.21.2 Método ABTS 2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6- ácido sulfónico).....	31
6.22 Radicales libres.....	32
6.22.1 Clasificación:.....	32
7. MATERIALES Y METODOLOGÍA.....	34
7.1 Tipo de investigación.....	34

7.2 Obtención de muestra a analizar	34
7.3 Preparación previa de la muestra	35
7.4 Criterios de inclusión	36
7.5 Criterios de exclusión	36
7.6 Equipos y Reactivos.....	37
7.6.1 Equipos.....	37
7.6.2 Reactivos	38
7.7 Método experimental.....	39
7.7.1 Determinación de antioxidantes.....	39
7.7.1.1 Determinación de fenoles	39
7.7.1.2 Determinación de flavonoides totales	39
7.7.2 Determinación de actividad antioxidante por el método ABTS.	40
7.7.3 Determinación de actividad antioxidante por el método de DPPH.....	41
7.8 Método experimental caracterización fisicoquímica	41
7.8.1 Humedad	41
7.8.2 Cenizas.....	42
7.8.3 Nitrógeno proteico.....	42
7.8.4 Extracto etéreo.....	43
7.8.5 Fibra cruda.....	44
7.8.6 Carbohidratos	44
8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	45
8.1 Cuantificación de fenoles y flavonoides	45
8.1.2 Actividad antioxidante.	46
8.1.3 Coeficiente de correlación de Pearson de la cascara de sandia.....	47
98.2 Análisis proximal.	48
9. CONCLUSIÓN	52
10. GLOSARIO	53
11. BIBLIOGRAFÍA	57
12. ANEXOS	67
12.1 Anexos de fotos de equipos.....	67

12.2 Preparación de extracto puro:.....	69
12.3 Método experimental actividad antioxidantes.....	70
12.3.1 Concentraciones para la elaboración de la curva de calibración para fenoles totales.	70
12.3.2 Curva de calibración fenoles totales	70
12.3.3 Concentraciones para la elaboración de la Curva de calibración para flavonoides totales.	71
12.3.4 Curva de calibración flavonoides	71
12.4 Tabla de análisis bromatológico proximal en base fresca (BF).....	72
13. ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA.....	73

Resumen

Las frutas son fuente importante de nutrientes como carbohidratos, minerales, lípidos, vitaminas y fibra, además presentan compuestos bioactivos entre ellos los antioxidantes. Cuando se consumen estos alimentos generalmente la corteza y la semilla se desechan sin ser conscientes del residuo orgánico que se genera y de los nutrientes que no se aprovechan.

La sandía variedad Santa amelia es una fruta cultivada y consumida en México, contiene nutrientes esenciales que son beneficiosos para la salud. En el presente estudio de cáscara de sandía deshidratada y pulverizada se cuantificó el contenido de fenoles y flavonoides en extracto metanólico, implementando los métodos Folin Ciocalteu y triclورو de aluminio respectivamente. Para la determinación de su actividad antioxidante se realizaron dos métodos; método de DPPH (2,2-difenil-1-picril hidrazilo) y ABTS (Ácido 2,2-azino-bis 3 etilbenzotiazolin-6-sulfónico ácido-2NH₄), además de la caracterización fisicoquímica de la misma.

Los resultados obtenidos en fenoles fueron de 0.90 ± 0.03 mg EAG/g de muestra seca y en flavonoides de 4.51 ± 0.10 mg EQ/g de muestra seca, con una actividad antioxidante para el método del DPPH de 17.14% y para ABTS de 121.69%, siendo este último con mayor actividad. Se realizaron diluciones con extracto puro, dilución 1:1, 1:5, 1:10). Dentro del análisis proximal se obtuvieron los siguientes resultados: carbohidratos 61.498%, cenizas 13.23%, fibra cruda 8.21%, proteína 7.17%, humedad 7.03%, y extracto etéreo 2.91%.

Palabras claves: polifenoles totales, actividad antioxidante, análisis proximal.

Abstract

Fruits are an important source of nutrients such as carbohydrates, minerals, lipids, vitamins and fiber, they also have bioactive compounds including antioxidants. When these foods are consumed, the bark and the seed are generally discarded without being aware of the organic residue that is generated and the nutrients that are not used.

The Santa Amelia variety watermelon is a fruit grown and consumed in Mexico; it contains essential nutrients that are beneficial to health. In the present study of dehydrated and pulverized watermelon peel, the content of phenols and flavonoids in methanolic extract was quantified, implementing the Folin Ciocalteu and aluminum trichloride methods, respectively. For the determination of its antioxidant activity, two methods were carried out; DPPH method (2,2-diphenyl-1-picryl hydrazyl) and ABTS (2,2-azino-bis 3 ethylbenzothiazolin-6-sulfonic acid-2NH₄), in addition to its physicochemical characterization.

The results obtained in phenols were 0.90 ± 0.03 mg EAG/g of dry sample and in flavonoids 4.51 ± 0.10 mg EQ/g of dry sample, with an antioxidant activity for the DPPH method of 17.14% and for ABTS of 121.69%, the latter being the most active. Dilutions were made with pure extract, dilution 1:1, 1:5, 1:10). Within the proximal analysis, the following results were obtained: carbohydrates 61.498%, ashes 13.23%, crude fiber 8.21%, protein 7.17%, moisture 7.03%, and ether extract 2.91%.

Keywords: total polyphenols, antioxidant activity, proximal analysis.

1. INTRODUCCIÓN

México ocupa el 10º lugar a nivel mundial en producción de sandía (*Citrullus lanatus*) con 1.199.648 toneladas anuales y una Tasa Media Anual de Crecimiento (TMAC) del 7.2%. Es el principal proveedor de sandía a Estados Unidos, con ventas por más de 149 millones 758 mil dólares en 2020. (Axayácatl, 2021; Gob.mx, 2020; Atlas Big, 2018-2020; Seminis, 2018; Pesquera, 2017). Se cultiva en la mayor parte del país, siendo Sonora, Chihuahua y Jalisco los estados de mayor producción.

El consumo de frutas y verduras guarda una estrecha relación con el estilo de vida, definido por la OMS (Organización Mundial de la Salud) como una forma de vida saludable, en México solo el 34.4 % de los niños entre 6 y 12 años, cumplen con las recomendaciones diarias del consumo de frutas y verduras. (Rodríguez Leyton, 2019).

La sandía es una fruta con una composición de interés en la pulpa, desafortunadamente la cáscara es desechada sin tomar en cuenta que aporta antioxidantes como flavonoides, polifenoles, vitamina A, C, y licopeno, dichos compuestos bioactivos ayudan a prevenir la aparición de enfermedades degenerativas y envejecimiento de células como los diferentes tipos de cáncer, algunos de ellos provocados por los radicales libres. (Bernacer, 2020; Fernández, 2020; Roa, 2019).

La presente investigación tiene la finalidad de conocer la presencia de fenoles y flavonoides, y determinar su capacidad antioxidante, además su contenido nutricional a través de un análisis proximal de una muestra de cáscara de sandía deshidratada y pulverizada.

2.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El consumo de frutas provee un estilo de vida saludable dado su aporte de agua, vitaminas, minerales y compuestos bioactivos benéficos para el organismo como los antioxidantes.

Los fenoles, flavonoides y carotenoides son antioxidantes de mucha relevancia debido a su aplicación en la salud y prevención de enfermedades crónicas degenerativas como enfermedades cardiovasculares, desórdenes neurológicos y diferentes tipos de cáncer, entre otras. Los radicales libres oxidan el ADN, los lípidos y las proteínas afectando su función, dando lugar a un envejecimiento prematuro caracterizado por el deterioro progresivo de los mecanismos de reparación y regeneración celular.

Generalmente es la pulpa de sandía la que se consume, desechándose la cáscara sin considerar que ésta es portadora de nutrientes, que pueden prevenir la aparición de las enfermedades anteriormente mencionadas y ayudan a la disminución del impacto ambiental.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL:

Evaluar, cuantificar y diferenciar la capacidad antioxidante en la cáscara de sandía (*Citrullus lanatus*), así como el análisis químico proximal de la misma.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Cuantificar fenoles totales, flavonoides en la cáscara de sandía (*Citrullus lanatus*).
- Determinar la capacidad antioxidante con el ácido 2,2-azino-bis(3-etilbenzotiazolin)-6-sulfónico, A-1888 (ABTS), y el 2,2-difenil-1-picril hidrazilo, d-9132 (DPPH).
- Caracterización general químico proximal de la cáscara de sandía (*Citrullus lanatus*).

4. HIPÓTESIS

La cáscara de la sandía (*Citrullus lanatus*) puede poseer compuestos bioactivos con capacidad antioxidante provenientes de fenoles y flavonoides.

5. JUSTIFICACIÓN

Actualmente la presencia de antioxidantes naturales en los alimentos es importante ya que su ingesta reduce el riesgo de desarrollar enfermedades crónicas no transmisibles que limitan la calidad y expectativa de vida de la población mundial. Cuando se consume sandía (*Citrullus lanatus*), la cáscara y semilla son descartadas generando desechos orgánicos, sin embargo, éstas poseen una riqueza nutricional debido a la presencia de moléculas bioactivas como polifenoles, vitamina C, E, pro vitamina A, licopeno y citrulina que presentan actividad antioxidante y ayudan a preservar la salud de los individuos que lo consumen, combatiendo la degeneración y muerte de las células que provocan los radicales libres causantes del estrés oxidativo.

A partir de la presente investigación se podrá valorar la cáscara de sandía como una oportunidad para la obtención de algunos compuestos bioactivos con capacidad antioxidante, actualmente la industria alimentaria los incluye dentro de la formulación de productos funcionales, aprovechando así sus beneficios para la salud y de paso disminuir el impacto ambiental generado por estos.

6. MARCO TEÓRICO

6.1 Importancia del consumo de frutas

Las frutas son importantes en la ingesta diaria, ya que son alimentos esenciales en la dieta del ser humano aportando gran cantidad de nutrientes fundamentales para el organismo, hay una gran diversidad de frutas y verduras con alto contenido en agua que ayudan al organismo a estar hidratado, estos alimentos son ricos en vitaminas A, C, E, K, y del complejo B. Su contenido de antioxidantes protege al organismo de los radicales libres, evitan enfermedades degenerativas y el envejecimiento prematuro, aporta la fibra esencial para el sistema digestivo ayudando a regular la función intestinal, no contienen grasa. (Padilla Samaniego, Morocho Yambay, & Reinoso Brito, 2017).

La OMS, las define al consumo de frutas como la interacción entre las condiciones y los patrones individuales de conducta, incorpora un conjunto de valores, normas, actitudes y hábitos entre ellos la alimentación saludable, permitiendo alcanzar el buen crecimiento, mantenimiento de la salud, supervivencia y bienestar de las personas mayores. (Rodríguez Leyton, 2019)

En la pirámide alimentaria se encuentran en el tercer nivel las frutas, verduras y hortalizas. (Arriza Balaga & Fernández, 2019). La sandía es una fruta tropical altamente refrescante, con un gran contenido de nutrientes benéficos para la salud.



Ilustración 1. Pirámide alimenticia

Fuente: <https://www.esneca.com>.

6.2 Antecedentes

La sandía (*Citrullus lanatus*) es una planta herbácea monóica de origen africano, que fue introducida por los musulmanes durante el período de dominación árabe de la península Ibérica entre los siglos VIII y XV. Su nombre proviene del árabe hispánico *sandíyya*, de Sind una región del actual Pakistán (Abarca, 2017).

Es conocida también con el nombre de melón de agua, era un fruto amargo de pulpa dura y color verde claro. Fueron necesarias varias germinaciones de cruce selectiva en varios países y culturas para producir el fruto rojo y dulce que hoy disfrutamos. Los egipcios comenzaron a desarrollar cultivos de esta fruta hace unos 4000 años, en Nigeria se encontraba esta fruta en forma salvaje en los desiertos de Egipto y Sudán, la humanidad ha comido sandia hace milenios, arqueólogos encontraron semillas de esta fruta y restos de otras. La sandía representada en las pinturas no eran redondas como los frutos silvestres, sino que tenían la forma ovalada y eso apuntaba a que era una variedad cultivada. (Paris, 2016).

6.3 Distribución geográfica.

Hoy en día el continente asiático es el mayor productor de sandía, con más del 80% de la producción mundial encabezado por China (Crawford, 2017). África, Europa y Norteamérica también tienen producciones destacables.

En México se siembra en 28 estados, si consideramos la producción de este cultivo de manera regional, la del pacífico produce el 45% del total nacional, 29% corresponde a la norte-centro, 19% a la del golfo, 6% proviene de la península de Yucatán, y el restante a la zona centro. (Axayácatl, 2021; Gob.mx, 2020; Atlas Big, 2018-2020; Seminis, 2018; Pesquera, 2017).

6.4 Clasificación taxonómica.

La sandía se clasifica de la siguiente manera:

Tabla 1. *Taxonomía de la sandía*

<i>Reino:</i>	<i>Plantae</i>
<i>División:</i>	<i>Magnoliophyta</i>
<i>Clase:</i>	<i>Magnoliopsida, dilleniidae</i>
<i>Orden:</i>	<i>Cucurbitales</i>
<i>Familia:</i>	<i>Cucurbitaceae, cucurbitoidea</i>
<i>Tribu:</i>	<i>Benincaseae</i>
<i>Género:</i>	<i>Citrullus</i>
<i>Especie:</i>	<i>C. lanatu</i>

Fuente: (Camacho & Rodriguez, 2000).

6.5 Condiciones climáticas para el cultivo y crecimiento de sandía.

Tabla 2. *Etapas y temperaturas optimas.*

Etapa	Nombres	Temperaturas
Primera	Germinación	15-45, óptima de 25 °C.
Segunda	Floración	18-20 °C.
Tercera	Crecimiento del fruto	23 -28 °C.
Cuarta	Maduración del fruto	23-24 °C.

Fuente: (Barros sierra, 2017).

La mejor época para sembrar y cultivar es de febrero a abril con un periodo de tiempo de cultivo de 3 a 6 meses.



Ilustración 2. Etapas de crecimiento de la planta de sandía.
 Fuente: <https://www.shutterstock.com>

6.6 Descripción botánica

En la tabla 3, se presentan las características anatómicas de la planta:

Tabla 3. Características botánicas de la planta de sandía.

Anatomía	Características	Ilustración
Planta	Herbácea rastrera de cultivo anual.	 <p>Fuente: https://es.123rf.com</p>
Hojas	Grandes, redondas divididas en 3 a 5 lóbulos, con una textura suave al tacto y debajo de ella muy ásperas.	 <p>Fuente: https://www.agroes.es</p>

Raíz

Su raíz principal crece de mayor tamaño que las secundarias.



Fuente: <https://www.shutterstock.com>

Flores

Aparecen en las axilas de las hojas, pueden ser masculinas (8 estambres formando 4 grupos) o femeninas (posee estambres y un ovario ínfero veloso), formadas por 5 pétalos unidas en su base, la coloración es amarillenta y son polinización entomófila.



Fuente: Foto de Kim Siever;
<https://www.agromatica.com>

Sistema radicular

Sus tallos se desarrollan de manera rastrera, son largas, delgadas, cubiertos de vellosidades y un tallo se conforma de 5 a 8 hojas, del tallo principal pueden brotar segundos orden a partir de las axilas de las hojas, esto puede pasar sucesivamente hasta cubrir 3 a 6 metros cuadrados de longitud.

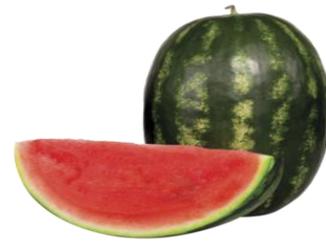


Fuente:

<https://www.istockphoto.com>

Fruto

Es una baya globosa u ovalada, con una corteza de color variable (verde oscuro, verde claro o amarillo) con o sin franjas de color amarillo, gris, o verde claro. La pulpa es de color roja y en algunos casos pueden ser de color rosado o amarillos.



Fuente:
<http://seminismexico.s3.amazonaws.com>

Semillas

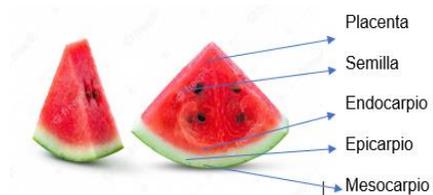
Se encuentran dentro de la pulpa con una variedad de color que van de negro, marrón o blancas, tienen capacidad germinativa.



Fuente:
<https://www.alimente.elconfidencial.com>

Cascara

La corteza del fruto puede ser lisa o con bandas más claras y su color varía entre el verde oscuro y el verde claro.



Fuente: autor.

Fuente: (Valero, Rodriguez, Ruiz, Avila, & Varela, 2018)

6.7 Características importantes de la fruta.

En la tabla 4 se dan a conocer las características particulares internas y externas de la fruta:

Tabla 4. Características importantes.

Características	Descripción
Forma	Redonda, ovalada, cilíndrica.
Tamaño y peso	Puede mide hasta 30 cm de diámetro y peso hasta 20 kg. Interior: un rojizo llamativo, amarillos, con semillas negras, blancas, marrón, o purpuras.
Color y textura	Exterior: verde claro a verde oscuros y en algunas con manchas o franjas amarillas a blancas. Textura: corteza lisa, dura de 2 a 4 cm de grosor.
Sabor	Dulce, jugosa, refrescante.

Fuente: (Roa , 2019)

6.8 Tipos de sandia

Existen gran variedad de sandías que se cultivan en diversas regiones del mundo, estas pueden agruparse en dos: con o sin semilla.

- Con semilla también son conocidas como sandías diploides y abarcan variedades como Santa Amelia, Sugar Baby, Charleston Gray, Crimsom Sweet y Early Star, entre otras.
- Sin semillas conocidas también como triploides, ya que por su aspecto blanca y blanda, suelen pasar desapercibidas, entre las variedades de este tipo se pueden mencionar: Apirena y Reina de Corazones, entre otras. (Lopez, 2020).

6.9 Especies de sandía

Existen diversas especies según la localidad en donde se cultiva el fruto, dependiendo las condiciones de cultivo todas ellas tienen características similares sin que una sea mejor que otra:

Tabla 5. Especies de sandía.

Sandía de tipo	Descripción
<i>Chilean black seedes</i>	Originario de Chile, posee un peso de 4 a 5 kg, se caracteriza por contener una cascara frágil con una tonalidad que va de verde oscuro a negra, pulpa de rojo intenso, semillas negras, siendo un fruto redondo.
<i>Charleston gray</i>	Inició en Estados Unidos en 1954, puede llegar a pesar de 12 a 18 kg cada una, de forma ovalada, con una tonalidad de cascara verde claro y pulpa roja fuerte con semillas de color marrón.
<i>Crimson sweet</i>	Se cosecha en diferentes lugares, más importantes en Estados Unidos y en Chile, puede llegar a pesar 10 a 15 kg, contiene una cascara casi redonda con una tonalidad verde claro a verde oscuro y pulpa de rojo intenso con semillas de color leñosa.
<i>Ice-box</i>	Es la más conocida en Japón y más consumida, se les conocen como sandías enanas, redondas y llegan a pesar de 1 a 5 kg de peso, son desconocidas en otros países.
<i>Klondike</i>	Puede llegar a pasar de 10 a 15 kg, tiene una forma ovalada desde la punta a punta con cascara con franjas de tono verde claro a verde oscuro y su pulpa es roja con semillas leñosa.
<i>Sugar baby</i>	Conocida como la más azucarada por su alto contenido de azúcares en su pulpa, es un fruto redondo, con tamaño pequeño, su peso es de 4 a 5 kg y su cascara tiene una tonalidad oscura.

<i>Pulpa amarilla</i>	Se consume principalmente en Asia, se puede encontrar en el mundo occidental, sus características son similares a la sandía común, solo cambia el color de la pulpa que rojo a amarillo.
<i>Dumara</i>	Son las más alargadas pueden llegar a pesar 15 kg, su pulpa contiene un alto contenido de azúcares

Fuente: (Orlando Orduz et al.,2002)

6.10 Morfología de la sandía.

Es una planta trepadora anual, dicotiledónea, herbácea, áspera, con tallo rastrero piloso provisto de zarcillos y hojas, flores, unisexuales (femenina o masculino). (Valero, Rodriguez, Ruiz, Avila, & Varela, 2018)

Sus características particulares del fruto y planta (tablas 2-3).

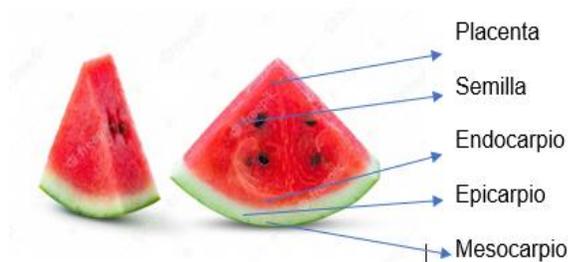


Ilustración 3. Morfología de la fruta

Fuente: Creada por el autor.

6.11 Beneficios de la sandía.

Algunos de los beneficios que se pueden encontrar en la sandía son descrito por (Bernacer, 2020; Fernández, 2020; Roa, 2019).

- Hidratante: en la pulpa se encuentra un (93%) de agua.
- Diurético: por su alto contenido de agua impide la formación y acumulación de grasa, favoreciendo la eliminación, así como otros desechos que el cuerpo no necesita, limpia las vías urinarias y disminuye el peso corporal.
- Cuidado de la piel: contiene vitamina A y C, ayuda a la formación de colágeno, impidiendo el envejecimiento a temprana edad.
- Favorece la circulación sanguínea y cardiovascular: ayuda a conservar el buen estado y funcionamientos de venas y arterias, impidiendo enfermedades cardiovasculares, contiene beneficios en la vida sexual por el contenido de potasio y licopeno.
- Exfoliante: la cáscara tiene una la propiedad de remover las impurezas de la piel, células muertas, limpia los poros, reduce las líneas de expresión y aclara la tonalidad.
- Antioxidantes: se da por su contenido de vitaminas A, C y licopeno. El licopeno es un pigmento antioxidante que le da el color rojo característico de la fruta.
- Sistema oftálmico: la sandía cuenta con vitamina A, protege a los ojos de los rayos solares, previene problemas oculares, cuidando la retina y reduciendo la aparición de enfermedades degenerativas como las cataratas.
- Sistema óseo: la sandía cuenta con nutrientes como el potasio, calcio, magnesio. constituye a que los huesos se mantengan fuertes, además previene problemas articulares.

6.12 Composición química de la sandía.

Existe gran variedad de sustancias químicas presentes en la sandía, a continuación, se mencionan en la tabla 6 algunas de ellas.

Tabla 6. Composición química de la sandía.

Compuesto	Concentración/ unidad
B- caroteno	4.82 mg/g
Lycopeno	45.4-102.4 mg/kg
Acido ascórbico	105.2-239.8 mg/kg
Luteína	10357-16287 µg/100 g
2-propanona	2.5-4.8 %
Ácido acético	0-6.7 %
Quercetina	4.7 %
Cumarina	3.9 %
Acetato de etilo	2.93 %
Acetato de isoamilo	7.00 %
Melanina	0.2 mg/g

Fuente: (Lopusiewicz, 2018; Hena, Andala, Nyambaka, & Nawiri, 2016; Guler, Candir, Yetisir, Karaca, & Solmaz, 2014).

6.13 Usos.

La sandía (*Citrullus lanatus*) es una fruta muy consumida por todo el mundo con ella se realizan preparaciones de jugos, mermeladas, postres, dulces, helados, entre otras. El mesocarpio (ilustración 3) es usado para la preparación de frutas confitadas. Las semillas pueden usarse para preparar bocadillos, molerse en harina y usarse para salsas; el aceite de las semillas se utiliza en la cocina y se incorpora en la industria cosmética como ejemplo exfoliante natural (López, 2020; Lopusiewicz, 2018).

6.14 Producción.

6.14.1 Producción mundial y nacional de la sandía.

A nivel mundial se producen 117.204.081 toneladas de sandía por año, los datos estadísticos de la tabla 7 muestran los 20 países de mayor producción, México ocupa el décimo lugar siendo el principal proveedor de este fruto a Estados Unidos, con ventas por más de 149 millones 758 mil dólares en 2020, Canadá, Cuba y Japón, también compran el producto nacional.

Tabla 7. Producción mundial de sandía

Posición	País	Producción (toneladas)	Posición	País	Producción (toneladas)
1	República popular china	79244271	11	Kazajistán	1172839
2	Turquía	3928892	12	Vietnam	1102657
3	Irán	3813850	13	España	969327
4	Brasil	2090432	14	Afganistán	862341
5	Uzbekistán	1976373	15	Corea del sur	652030
6	Argelia	1877069	16	tayikita	594170
7	Estados unidos de América	1823160	17	Grecia	553230
8	Federación rusa	1757972	18	Malí	551648
9	Egipto	1757972	19	Túnez	541000
10	México	1199648	20	Italia	534001

Fuente: (Axayocatl, 2021; Gob.mx, 2020; Atlas big, 2018-2020)

Los estados que lideran el rendimiento de sandía en México se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 8. Rendimiento promedio de la sandía a nivel nacional.

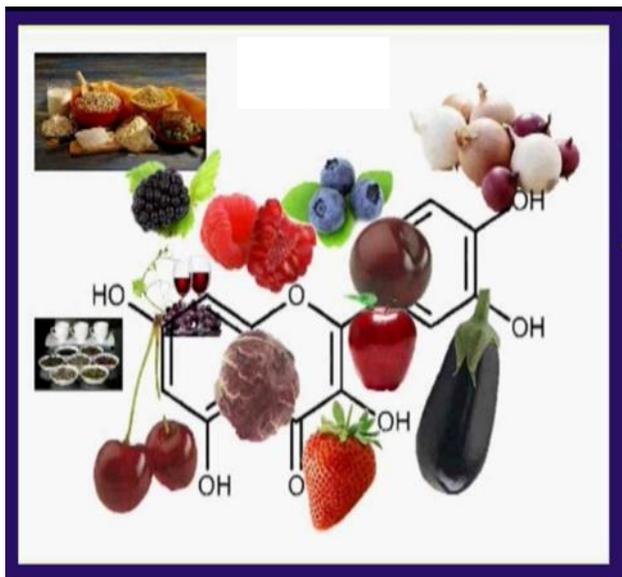
Posición	Estados	Rendimiento		Posición	Estados	Rendimiento	
		promedio (Ton/Ha)				promedio (Ton//Ha)	
1	Jalisco	53.7		6	Baja california	40.1	
2	Chihuahua	49.9		7	San Luis potosí	37.4	
3	Colima	48.0		8	Coahuila	34.3	
4	Sonora	46.4		9	Campeche	33.2	
5	Durango	43.4		10	Michoacán	31.0	

Fuente: (Olmo , 2019).

6.14.2 Producción estatal de la sandía.

Michoacán produce 31 toneladas anuales de sandía y se coloca en 10 ° lugar nacional en producción, informado por el secretario de Desarrollo Rural y Agroalimentario (SEDRUA). En 16 municipios del estado se dedican al cultivo de este fruto, entre los que destacan: la Huacana, Carácuaro, Tuzantla, Tiquicheo, San Lucas, Nocupétaro, Briseñas, Tumbiscatio y Venustiano carranza (Medina Niño, 2021).

6.15 Compuestos bioactivos



Los compuestos bioactivos se definen como los componentes de los alimentos que influyen en las actividades celulares y fisiológicas, obteniendo tras su ingesta un efecto benéfico para la salud, se entienden que no son nutrientes, se encuentran en cantidades muy pequeñas en los alimentos que consumimos como parte de nuestra dieta habitual de los vegetales. Desde el punto de vista químico estos compuestos son de origen diverso y actúan a través de mecanismos de acción diferentes. Así, existen carotenoides, polifenoles, terpenos, lignanos, compuestos organosulfurados, glucosinolatos, saponinas, etcétera, sus efectos saludables se centran en la prevención de las enfermedades. (Martínez de Victoria Muñoz, 2015).

6.15.1 Clasificación de los compuestos bioactivos

Los compuestos bioactivos se pueden clasificar en:

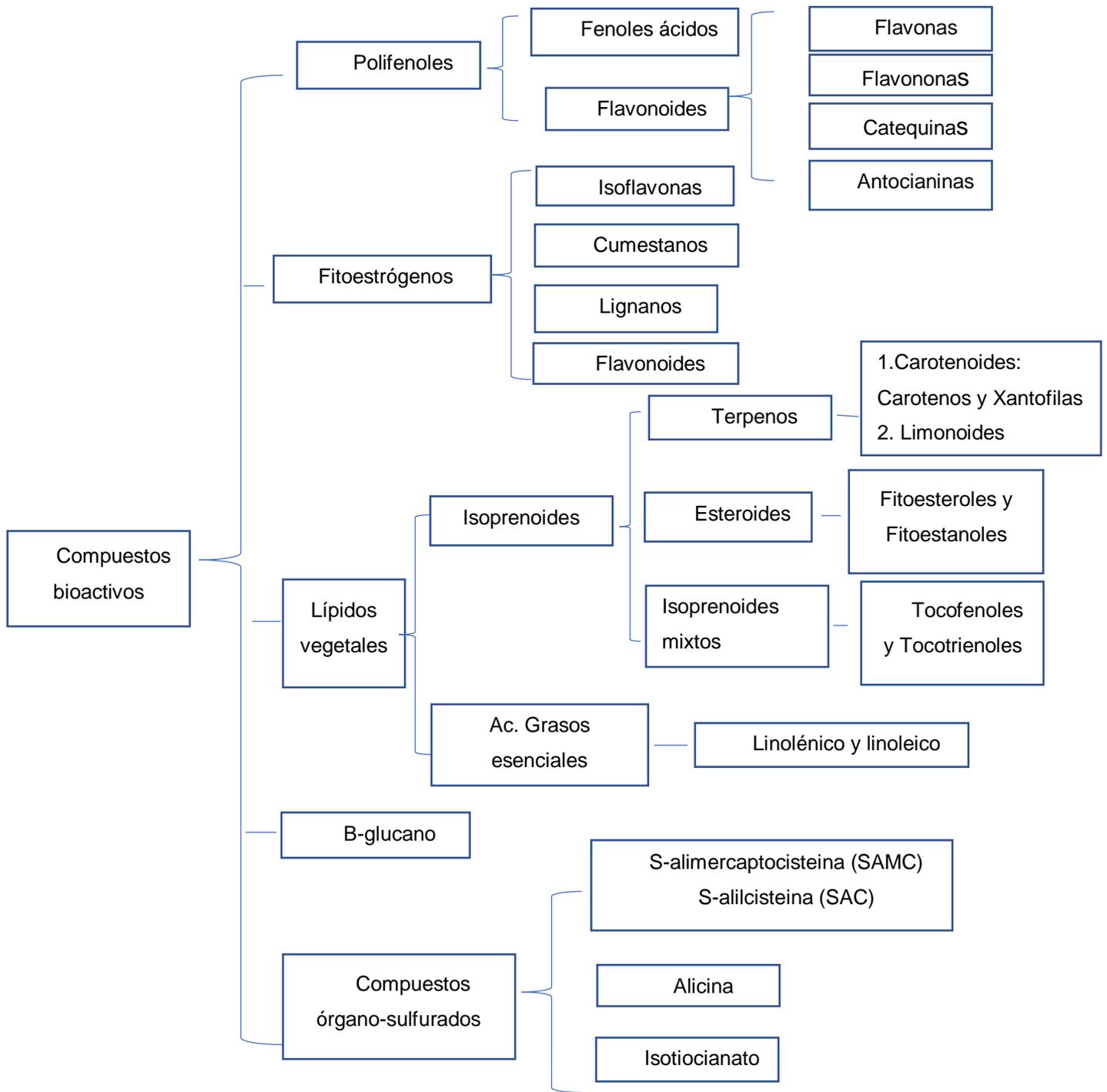


Ilustración 4. Clasificación de compuestos bioactivos.

Fuente: elaborado por el autor basado; (Drago Serrano, Lopez Lopez , & Saninz Espuñes, 2006)

6.16 Polifenoles totales

Los polifenoles son un grupo grande y heterogéneo de moléculas que contienen anillos fenólicos, existen más de 100 de polifenoles diferentes se encuentran en alimentos de origen vegetal (brócoli, cebolla y repollo), frutas (uvas, peras, manzanas, cerezas y varios. (Kim, B, Keogh, & M, 2016).

Los polifenoles son moléculas naturales del metabolismo secundario de las plantas que derivan de las vías de shiquimato y de los fenilpropanoides. En el reino vegetal se encuentran ampliamente distribuidos y se sintetizan miles de compuestos fenólicos diferentes. El contenido de polifenoles en las plantas y frutos tiene variaciones que dependen del genotipo, especie, condiciones ambientales, grado de madurez, composición del suelo, ubicación geográfica y condiciones de almacenamiento. Además de participar en la función fisiológica de los vegetales, también son componentes importantes de la dieta humana, aunque no se consideran como nutrientes. Son objeto frecuente de investigación debido a sus diversas funciones como lo es la asimilación de nutrientes, síntesis proteica, actividad enzimática, fotosíntesis, formación de componentes estructurales y la defensa ante los factores adversos del ambiente como la agresión por patógenos e insectos. (Valencia Avilés, y otros, 2017).

6.16.1 Estructura química

Son compuestos orgánicos aromáticos que contiene un grupo hidroxilo (OH-) como grupo funcional, unidas a estructuras aromáticas o alifáticas (ilustración 5), se pueden establecer en grandes grupos (ilustración 6). (Alcaide Molina, 2015).

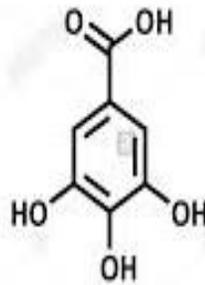


Ilustración 5. Fenol simple

Fuente: <https://www.alamy.es/>

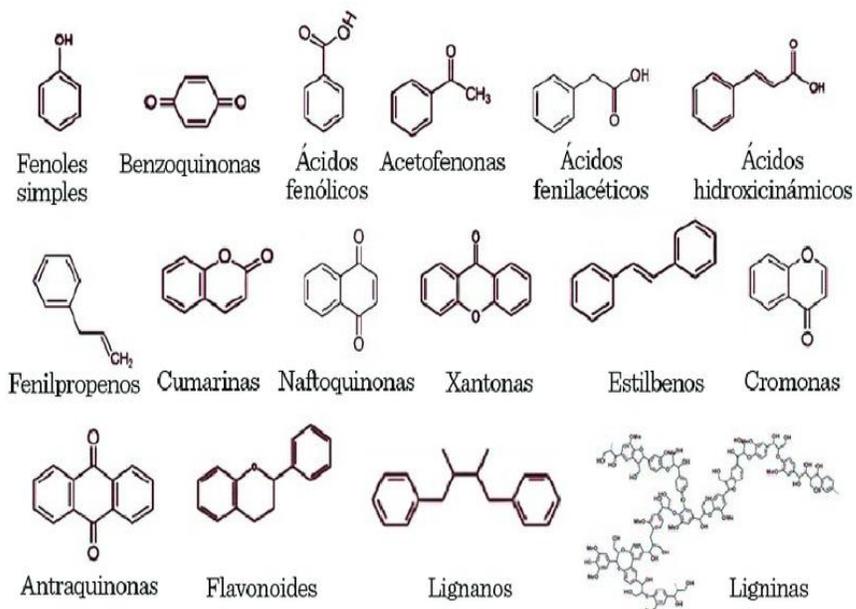


Ilustración 6. Estructura química básica de las principales clases de polifenoles.

Fuente: <https://www.researchgate.net>

6.16.2 Características

Algunas características que se pueden encontrar son descritas por (Gottau, 2021).

- Pertenecen al grupo de los derivados fenólicos.
- Compuestos que no tienen funciones nutritivas, no aportan calorías.
- Constituyen sustancias bioactivas.
- Poder antioxidantes.

6.16.3 Clasificación

Los polifenoles pueden clasificarse en función del número de anillos de fenol que contienen y sobre la base de elementos estructurales que unen estos anillos entre sí, las clases principales incluyen ácidos fenólicos, flavonoides, entre otras. (Martin Gordo, 2018).

Según su estructura química se pueden clasificar en dos grupos:

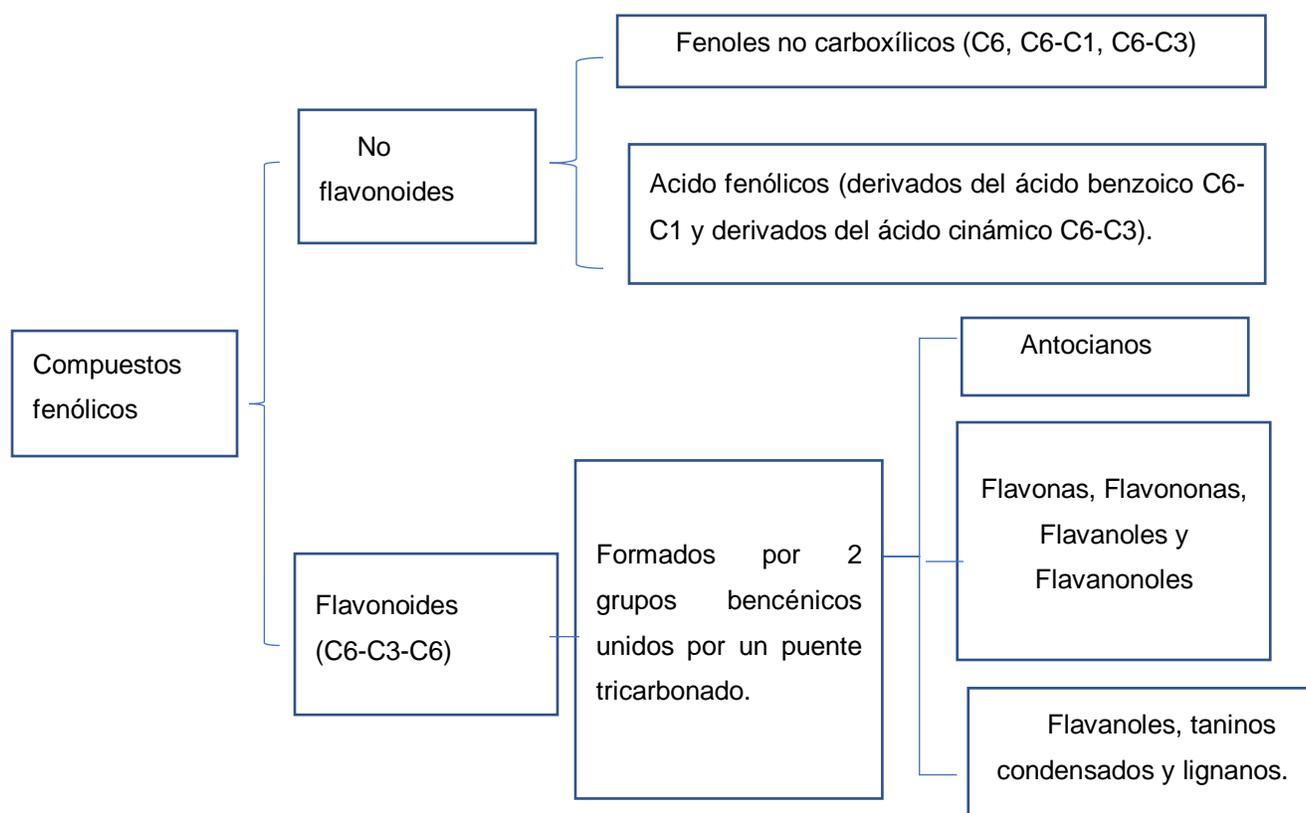


Ilustración 7. *Compuestos fenólicos*

Fuente: Elaborado por el autor basado en (Almonacid Gaston, 2016)

6.17 Flavonoides

Los flavonoides son el subtipo de polifenoles más abundante. La palabra flavo proviene del latín *flavus* y significa de color “amarillo”. Son pigmentos heterocíclicos que contienen el elemento oxígeno ampliamente, constituye la mayoría de los colores de las plantas y frutos como el amarillo, naranja, rojo y azul. (Gessner G, Sax N, & Lewis J, 1993).

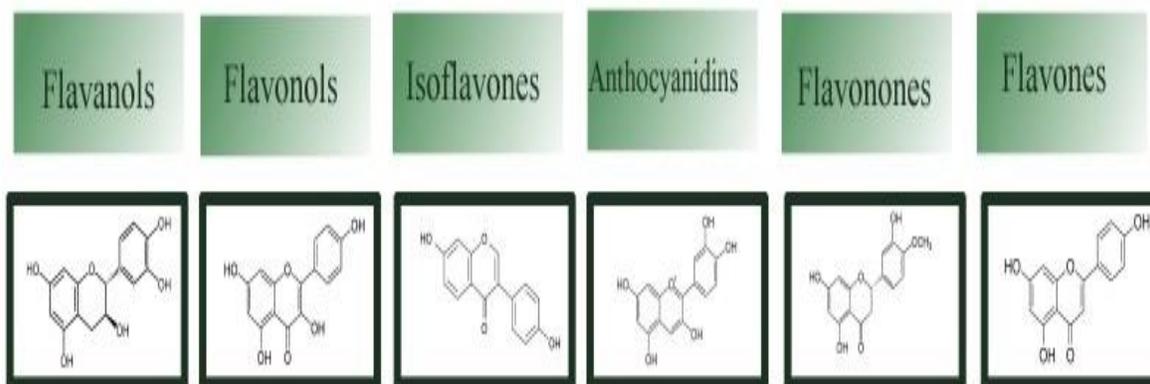


Ilustración 8. Flavonoides

Fuente: <https://g-se.com>

6.17.1 Características

Estos compuestos actúan como antioxidantes (capacidad de atrapar y neutralizar radicales libres previniendo daños oxidativos a diferentes tejidos). Son (más 5000) compuestos de polifenoles. Los flavonoides en su estructura cuentan con un esqueleto común de 15 carbonos distribuidos como (C₆-C₃-C₆), con dos anillos aromáticos que se unen por una cadena de 3 carbonos, que pueden o no formar un tercer anillo (ilustración 9). La forma estructural de los flavonoides está condicionada por las variaciones del anillo heterocíclico C y por la posición de los sustitutos. Estos están normalmente hidroxilados en las posiciones 3, 5, 3", 4 y 5", también aparecen frecuentemente glicosilada en las posiciones 3 y 7" (Gómez Alcaraz, 2015).

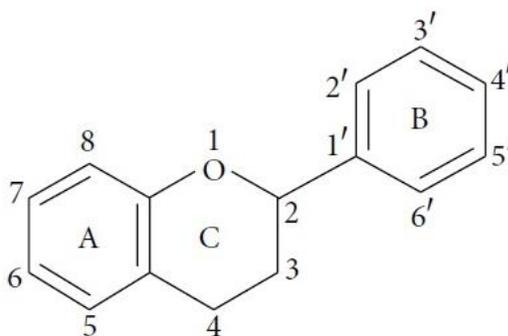


Ilustración 9. Estructura de flavonoides

Fuente: <https://g-se.com>

6.17.2 Clasificación

De acuerdo con su estructura, se clasifica en antocianidinas, flavonoles, flavanonas, flavonoles, flavonas, isoflavonas ya que tienen relación entre el anillo B y C, el estado de oxidación y los grupos funcionales del anillo C, y son los siguientes: (Gómez Alcaraz, 2015).

6.17.3 Función

En la actualidad se encuentran en investigación científica debido a sus propiedades biológicas, biodisponibilidad, así como a sus efectos en la prevención de enfermedades crónicas.

Como antioxidantes, tienen distinta especificidad por las diferentes especies oxidantes que se generan en el organismo. En forma indirecta, actúan como agentes quelantes de iones metales, es decir, uniéndose y reduciendo la capacidad de estos metales pesados de generar radicales libres, permiten luchar contra el envejecimiento celular, preservando las moléculas en el organismo (Almonacid Gastón, 2016).

6.17.4 Beneficios

En los últimos años se ha demostrado que una dieta rica en polifenoles puede mejorar la salud y disminuir la incidencia de enfermedades crónicas como la diabetes, existen mecanismos que contribuyen al aumento del estrés oxidativo, el uso terapéutico de antioxidantes es importante para la prevención o tratamiento de esta enfermedad. También se ha evidenciado la acción antioxidante de los polifenoles en desórdenes del sistema nervioso central (SNC), capaces de inhibir la peroxidación de lípidos, proceso que induce la disfunción y muerte neuronal y disminución del riesgo de padecer alguna enfermedad neurodegenerativa, como el Alzheimer y Parkinson. (González Jiménez et al., 2015).

6.18 Métodos para determinación de polifenoles totales

6.18.1 Ensayo Folin-Ciocalteu

6.18.1.1 Historia

El ensayo Folin-Ciocalteu ha sido utilizado desde hace muchos años como medida del contenido en compuestos fenólicos totales en productos naturales propuesto por Folin en 1927 y modificado por (Singleton & Rossi, 1965) (Torres Molina, 2017).

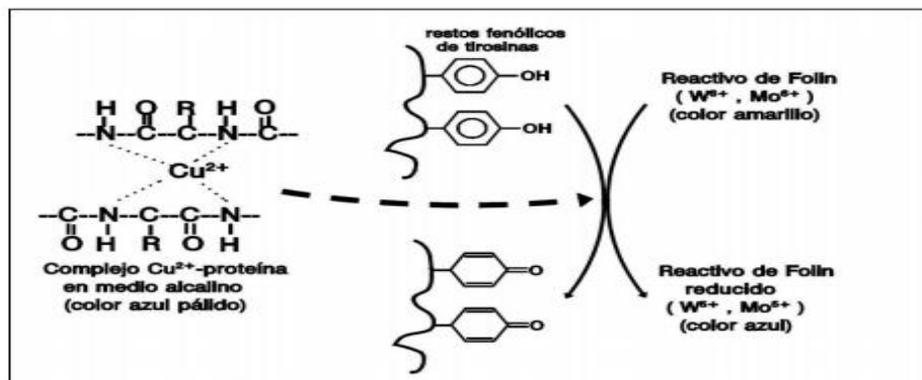


Ilustración 10. Reacción de Folin-Ciocalteu

Fuente: www.iib.unsam.edu.ar

6.18.1.2 Reactivo de Folin Ciocalteu

El método se fundamenta en la oxidación de los compuestos fenólicos presentes en una muestra, consiste en una mezcla de ácidos fosfomolibdico y fosfotúngstico de color amarillo denominado “reactivo de Folin-Ciocalteu” a partir de la mezcla de ambos ácidos se producen iones de molibdato y tungsteno con un máximo de absorción a 765 nm. Una de las modificaciones al método propuesta por Singleton implica el uso de ácido gálico como compuesto fenólico de referencia, expresándose los resultados en equivalentes de ácido gálico (EGA). (Muñoz Bernal, y otros, 2017; L. Prior, Wu, Schaich, 2005).

Actualmente se sabe que existe una mayor cantidad de iones de molibdato y éstos funcionan mejor como agentes reductores. La reacción se lleva a cabo en condiciones básicas (pH 10), con la finalidad de que se genere un ion fenolato que reduce mediante una reacción de tipo óxido/reducción y genera la formación de un complejo con una coloración azul cuya absorbancia se mide a una longitud de onda de 765 nm (Muñoz Bernal, y otros, 2017).

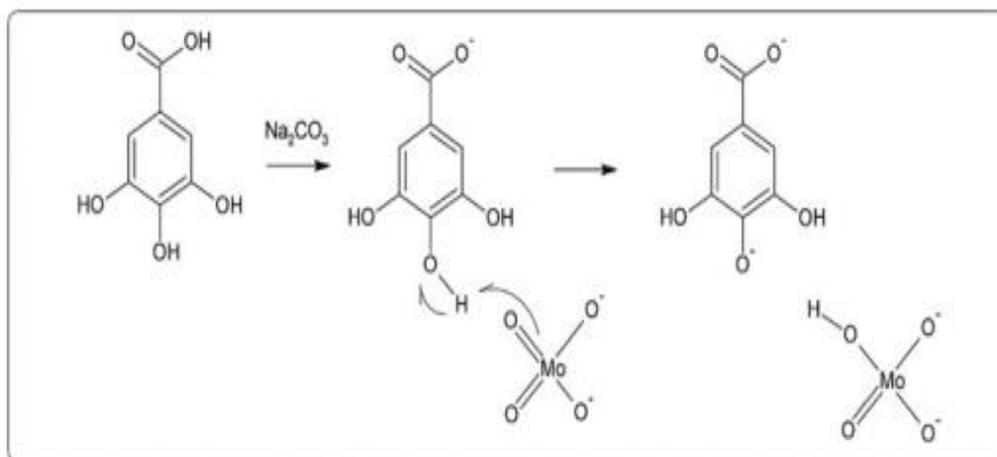


Ilustración 11. Reacción entre el ácido gálico y el reactivo de Folin-Ciocalteu

Fuente: (Muñoz Bernal, y otros, 2017)

6.19. Antioxidantes

Los antioxidantes son compuestos químicos que el cuerpo humano utiliza para eliminar radicales libres, son sustancias muy reactivas que introducen oxígeno en las células y producen la oxidación de sus diferentes partes, alteraciones en el ADN y cambios diversos en el cuerpo. En cuestión se debe a que el oxígeno siendo importante para la vida, es también un elemento químico muy reactivo (Ramírez Hernández, y otros, 2012).

Un antioxidante es una sustancia capaz de neutralizar la acción oxidante de los radicales libres mediante la liberación de electrones en nuestra sangre, los que son captados por los radicales libres. (Avello & Suwalsky, 2006).

6.19.1 Clasificación

Los antioxidantes se pueden clasificar de acuerdo por (Ramírez Hernández, y otros, 2012):

- Antioxidantes no enzimáticos: vitaminas A, C y E, y algunas otras moléculas como licopeno (tomate, sandía y algunas frutas) y flavonoides (Ginkgo biloba).
- Antioxidantes enzimáticos: son los que el organismo produce y contrarrestan los efectos de los radicales libres en cierto grado. Ejemplo el glutatión, se encuentra en el interior de la célula (citosol).

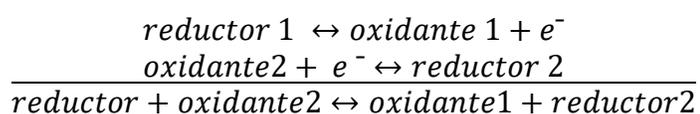
Según el mecanismo de acción de acuerdo por (Almonacid Gastón, 2016):

- Primarios: son los que actúan reduciendo o evitando la formación de radicales libres.
- Secundarios: aquellos que neutralizan la acción de los radicales libres evitando su propagación en cadena o eliminando los productos nocivos formados a partir de ellos.
- Terciarios: reparan el daño causado a las moléculas biológicas o lo eliminan. Este nivel es importante en las lesiones que pueden producirse en el ADN, como mutaciones, supresión de genes, oxidación de las bases nitrogenadas, e interrupciones en la cadena.

6.19.2 Reacción de oxidación y reducción

Una reacción de oxidación-reducción, o reacción redox, es un proceso en el que se produce una transferencia de electrones. En la oxidación se genera pérdida de electrones, y en la reducción una ganancia de electrones, de tal manera que cuando una especie se oxida, los electrones liberados son captados por otra, que se reduce:

Un sistema redox o par redox está formado por un oxidante y un reductor conjugado la reacción se representa de la siguiente manera:



En una reacción redox la especie que se oxida reduce a la otra, y se denomina reductor; la que se reduce oxida a la otra y se denomina oxidante (Chang & Kenneth A, 2013; Atkins & Jones, 2012; Petrucci, Herring, Madura, & Bissonnette, 2011).

6.20 Actividad antioxidante

La actividad antioxidante es la capacidad de una sustancia para inhibir o retardar la degradación oxidativa, recibiendo el nombre de antioxidante terminador de cadena mediados por radicales libres. (Landoño, 2012).

6.20.1 Historia

Los antioxidantes fueron estudiados en la industria química y de alimentos durante los siglos XIX y XX D.C, en esta se encontraron un grupo de compuestos caracterizados por su capacidad de oxidarse en lugar de otras sustancias presentes en el medio de reacción. En la industria alimentaria se utilizan como conservadores de alimentos. En los años 60 cuando algunos estudios revelaron la importancia de los antioxidantes en la salud, con

publicaciones acerca del efecto de los flavonoides, el ácido ascórbico, en la prevención de enfermedades degenerativas (Landoño, 2012).

6.20.2 Función

La función química de los antioxidantes es ceder potencial reductor a los compuestos oxidantes capaces de dañar a los componentes celulares, y la capacidad antioxidante celular está dada por mecanismos a través de los cuales la célula anula la reactividad o inhibe la generación de radicales libres (Reyes Araujo, 2018).

Su función principal es prevenir la formación de radicales libres e interceptar los que ya han generado oxidación a otras moléculas; tienen diferentes mecanismos de acción; como impedir la formación de radicales libres, inhibir la acción de los radicales libres o favorecen la reparación y la reconstitución de las estructuras biológicas dañadas (Pardo Jumbo, 2015).

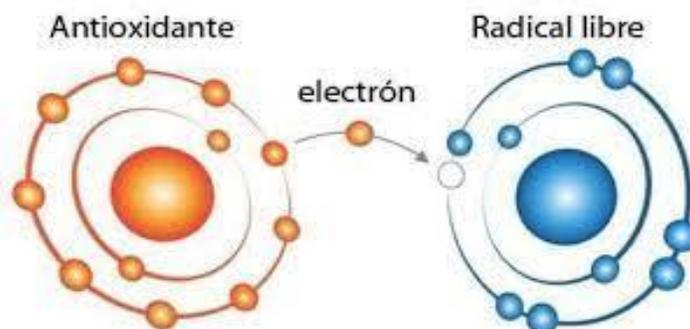


Ilustración 12. Neutralización del radical libre por un oxidante.

Fuente: unisima.com

6.21 Método para la determinación de actividad antioxidante

6.21.1 Técnica 2,2-difenil-1-picil hidrazilo (DPPH)

El DPPH es un radical nitrogenado orgánico y estable, la técnica descrita por (Brand-Williams, Cuvelier, y Berset, 1995) utiliza el radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) de color violeta y con una absorción de 515-517 nm. La reacción consiste en la captación de un átomo de hidrógeno proveniente de un donador (antioxidante) por el radical libre DPPH, desarrollando un cambio del color violeta a amarillo, el grado de este

descoloramiento indica la habilidad del antioxidante de secuestrar al radical libre; determinado mediante espectrofotómetro después de veinte a treinta minutos de reacción (Coavoy Sanchez, 2015; Rodríguez Aguirre, Andrade Barreiro, & Díaz López, 2015).

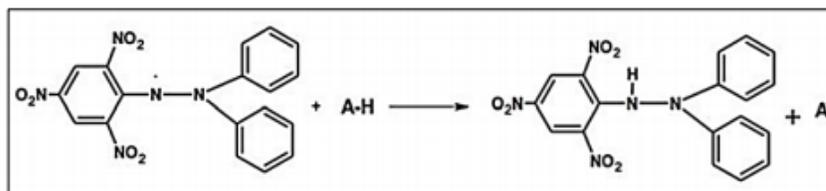


Ilustración 13. Estructura del DPPH antes y después de la reacción con el antioxidante.
Fuente: researchgate.net

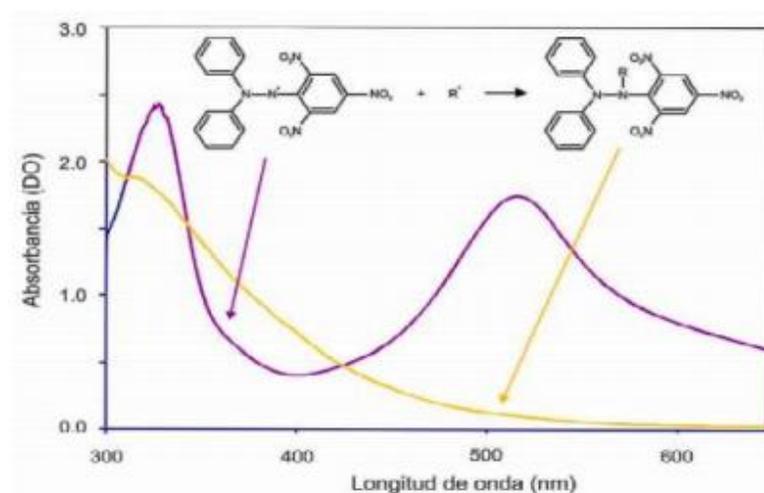
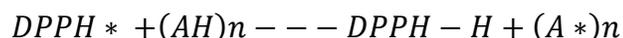


Ilustración 14. Estructura y espectros del radical DPPH (2-difenil-1-picril hidrazilo) (línea violeta) y de DPPH (2-difeeni-1 picril hidrazilo) reducido (línea amarilla).
Fuente: repositorio.utmachala.edu.

La desaparición del DPPH proporciona un índice para estimar la capacidad del compuesto de prueba para atrapar radicales. El modelo que explica la actividad de un compuesto como antirradical se ejemplifica con la siguiente ecuación:



Donde AH es un antioxidante que actúa como antirradical donando átomos de hidrógeno, dando como resultados radicales con estructuras moleculares estables que detendrán la reacción en cadena, tal es el caso de los fenoles. El nuevo radical formado (A) puede interactuar con otro radical para formar moléculas estables (DPPH-A, A-A), (Pardo Jumbo, 2015).

6.21.2 Método ABTS 2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6- ácido sulfónico)

Este método se basa en la capacidad antioxidante del ABTS (2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6- ácido sulfónico)) para capturar aniones radicales de larga vida fue propuesto por (Miller, 1993). En el ensayo el radical ABTS es oxidado por radicales peróxidos, hasta formar el catión radical ABTS; presentando un intenso color verde-azul y en la medición los compuestos con capacidad antioxidante reaccionan directamente disminuyendo el color del catión radical ABTS, evaluados a una longitud de onda de 754 nm. El radical posee solubilidad en medios polares y apolares, no es afectado por la fuerza iónica, evalúa antioxidantes hidrofílicos y lipofílicos de extractos de plantas y fluidos biológicos. (Rodríguez Aguirre, Andrade Barreiro, & Diaz López, 2015).

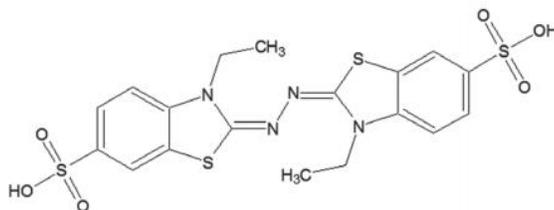


Ilustración 15. Estructura química del ABTS.

Fuente: repository.lasallista.edu.com

6.22 Radicales libres

Los radicales libres (RL) son aquellas moléculas que poseen un electrón desapareado en su último orbital molecular, brindando una alta inestabilidad y reactividad, además de la capacidad para interactuar con diversas moléculas biológicas como los lípidos, las proteínas y el ADN, provocan daño celular. Los (RL) pueden donar un electrón o aceptar una de otras moléculas para estabilizarse; actúan como agentes oxidantes o reductores. Los (RL) son los que afectan a los sistemas biológicos (Rubio Cortes et al., 2017).

Una vez que el radical libre ha conseguido sustraer el electrón que necesita, la molécula estable que se lo cede se convierte a su vez en un radical libre quedando con un electrón desapareado, iniciando una reacción en cadena que destruye células. La vida media biológica del radical libre es de microsegundos, pero tiene la capacidad de reaccionar con todo lo que esté a su alrededor provocando daño a moléculas, membranas celulares y tejidos (Avello & Suwalsky, 2006).

6.22.1 Clasificación:

Los radicales libres se clasifican de acuerdo por (Gutiérrez, 2002):

1. Radicales libres orgánicos o primarios. Se originan por transferencia de electrones sobre el átomo de oxígeno, representan distintos estados en la reducción con una vida media muy corta, estos son el anión superóxido, el radical hidroxilo y el óxido nítrico.
2. Radicales libres orgánicos o secundarios. Se pueden originar por la transferencia de un electrón de un radical primario a un átomo de una molécula orgánica o por la reacción de 2 radicales primarios entre sí, poseen una vida media un tanto más largo que los primarios.
3. Intermediarios estables relacionados con los radicales libres del oxígeno. Aquí se incluye un grupo de especies químicas que sin ser radicales libres, son generadoras de estas sustancias o resultan de la reducción o metabolismo de

ellas, entre las que están el oxígeno singlete, el peróxido de hidrógeno, el ácido hipocloroso y los hidroperóxidos orgánicos.

Las principales especies reactivas del oxígeno de acuerdo por (Gutiérrez, 2002) son:

- Radical hidroxilo (OH⁻).
- Peróxido de hidrógeno (H₂O₂).
- Anión superóxido (O₂⁻).
- Óxido de nitrógeno (NO).
- Peróxido (ROO⁻).
- Semiquinona (Q).
- Ozono (O₃).

6.22.2 Acción de los radicales libres

Un radical libre puede afectar 1 millón de moléculas durante la reacción en cadena, estos se liberan durante el metabolismo, se producen por contaminantes ambientales, radiaciones, el consumo de alcohol, tabaco y exposición a fertilizantes o pesticidas (Coronado et al., 2015).

7. MATERIALES Y METODOLOGÍA

7.1 Tipo de investigación

El presente trabajo de investigación es de tipo explicativo, experimental cualitativo–cuantitativo.

7.2 Obtención de muestra a analizar.

La sandía de variedad *Santa amelia* se adquirieron en el supermercado (Regalo de Dios), con ubicación: Calle Bucareli 1014, vasco de Quiroga, 58230, Morelia, Michoacán. El estudio se realizó en el laboratorio de investigaciones y desarrollo de alimentos (LIDA), de la Facultad de Químico Farmacobiología de la Universidad Michoacana de San Nicolás en Morelia Michoacán.



Ilustración 16. Mapa de ubicación de la facultad QFB.

Fuente: autor a partir de los mapas de Google maps.

7.3 Preparación previa de la muestra

Para la obtención de la muestra (cáscara) se procedió a lavar la fruta con abundante agua destilada y jabón para eliminar polvo y contaminantes, luego se retiró la pulpa y el mesocarpio, para cortarlo en un tamaño homogéneo cercano a 1 cm³. Se colocaron en bandejas de aluminio y se acomodaron separados para evitar el contacto entre ellos. Se programo el equipo (Horno de Secado ECOSHELL 9053 A) A 50°C por 24 horas. Las muestras se molieron con una licuadora y se tamizaron en una malla del número 60 de 240 nm.



Ilustración 17. Lavado y preparación de la fruta.
Fuente: autor



Ilustración 18. Muestra picada.
Fuente: autor



Ilustración 19. *Muestra en polvo.*

Fuente: autor

7.4 Criterios de inclusión

Sandías frescas, con buena apariencia externa e interna, color y forma característicos de la variedad, no deben tener defectos, salvo defectos superficiales muy leves de la cáscara siempre y cuando no afecten al aspecto general del producto.

7.5 Criterios de exclusión

Sandías que presenten daños en su forma, aspecto, con magulladuras, defectos en la coloración (color pálido en el sector de contacto con el suelo durante el crecimiento de la fruta, no se considera defecto), ligeras cicatrices o fisuras profundas que afecten la pulpa de la fruta y se encuentren secas, piel rugosa.

7.6 Equipos y Reactivos.

7.6.1 Equipos

- Parrilla eléctrica Thermo Scientific™ Cimarec™.
- Procesador de alimentos marca RGA®.
- Licuadora Oster®.
- Equipo de tamiz malla del número 60 de 240 nm.
- Balanzas analíticas de precisión Sartorius BL120S®.
- Micropipetas Science MED ®.
- Desecador.
- Agitador Vortex.
- Termo-baño FELISA ®.
- Equipo de espectrofotometría 1100 SPECTROPHOTOMETER®.
- Horno de secado FELISA®.
- Horno de secado/ incubadora PRO-LAB DIAGNOSTICS®.
- Mufla FELISA®.
- Evaporador giratorio. VELP® SCIENTIFICA, JP Recirculating Water Aspirator.
- Equipo de extracción soxhlet 6 uniddaes TAURO®.
- Equipo Kjeldahl digestor VELP® SCIENTIFICS, DK 6 Heating Digester y Depurador VELP® SCIENTIFICA, SMS Scrubber.

8.6.2 Reactivos

- 2,2azino-bis-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid-2NH₄ (ABTS) 7 millimolar
- 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) 60 micromolar
- Ácido bórico (H₃BO₃) 4%
- Ácido clorhídrico (HCl) 0.2057 N
- Ácido gálico (C₇H₆O₅) 200ppm
- Ácido sulfúrico (H₂SO₄) 0.1 N, Con, 1.25%
- Agua desionizada H₂O
- Agua destilada H₂O
- Carbonato de sodio (Na₂CO₃) 75 g/L
- Cloruro de aluminio (AlCl₃) 10%
- Etanol (C₂H₅OH)
- Éter etílico (C₂H₅)₂O
- Hidróxido de sodio (NaOH) 20%, 1.25%, 45%, 0.1 N, 1 M.
- Metanol (CH₃OH)
- Nitrito de sodio (NaNO₂) 5%
- Óxido de mercurio (HgO)
- Persulfato de potasio (K₂S₂O₈) 0.2057 mM
- Reactivo de Folin-Ciocalteu
- Rojo de metilo 1% en etanol
- Sulfato de cobre (CuSO₄)
- Sulfato de potasio (K₂SO₄)
- Tiosulfato de sodio (Na₂S₂O₃) 8%



Ilustración 20. Reactivos

Fuente: autor

7.7 Método experimental

El diseño experimental de este trabajo fue detectar la presencia de fenoles y flavonoides, así como la determinación de la capacidad antioxidante y caracterización fisicoquímica de la cáscara deshidratada de la sandía Santa amelia.

7.7.1 Determinación de antioxidantes.

7.7.1.1 Determinación de fenoles

La determinación de Fenoles se realizó de acuerdo con el método de Folin-Ciocalteu (Gutfinger, 1981), con modificaciones de (Brighente, Diaz, Verdi, & Pizzolatti, 2008).

Procedimiento: Se prepararon 4 soluciones a diferentes concentraciones en tubos de ensayo forrados con aluminio: 1) extracto puro 2 ml, 2) dilución 1:1 (1 ml extracto puro y 1 ml de metanol), 3) dilución 1:5 (400 μ L de extracto puro y 1600 μ L de metanol), 4) dilución 1:10 (200 μ L de extracto puro y 1800 μ L de metanol).

Por triplicado se colocaron 250 μ L de la dilución del extracto con 250 μ L de reactivo Folin-Ciocalteu, 250 μ L de Na_2CO_3 . Se preparó blanco con 250 μ L de H_2O desionizada, 250 μ L de reactivo Folin-Ciocalteu y 250 μ L de Na_2CO_3 . Se homogeneizaron y se colocaron en baño maría por 30 minutos. Al transcurrir el tiempo se retiró del baño y se añadieron 2 ml de H_2O desionizada homogeneizado nuevamente a cada tubo y se leyeron a una longitud de onda de 750 nm en espectrofotómetro.

7.7.1.2 Determinación de flavonoides totales

La determinación de los flavonoides totales se realizó de acuerdo con el método descrito por Liu. (2002). El método fue planteado por Brand-Williams, con modificaciones de (Contreras Chávez, 2018).

Procedimiento: Se prepararon 4 soluciones a diferentes concentraciones en tubos de ensayo forrados con aluminio: 1) extracto puro 2 ml, 2) dilución 1:1 (1 ml extracto puro y 1 ml de metanol), 3) dilución 1:5 (400 µL de extracto puro y 1600 µL de metanol), 4) dilución 1:10 (200 µL de extracto puro y 1800 µL de metanol).

Por triplicado se colocaron 150 µL de la dilución del extracto con 150 µL de NaNO₂, 150 µL de ALCL₃ y 1 ml de NaOH. Se preparó blanco con 150 µL de H₂O desionizada, 150 µL de NaNO₂, 150 µL de ALCL₃ y 1 ml de NaOH. Se homogeneizaron, se leyeron a una longitud de onda de 510 nm en espectrofotómetro.

7.7.2 Determinación de actividad antioxidante por el método ABTS.

La prueba de captación de radical ABTS se realizó de acuerdo con la metodología propuesta por (Re, y otros, 1999). Con modificaciones de (Contreras Chávez, 2018).

Procedimiento: se prepara la solución de ABTS, (K₂S₂O₈), en dilución 2:1 (v/v) y se deja en reposo por 12 h a temperatura ambiente, se realizaron diluciones de la mezcla de ABTS con etanol hasta alcanzar una absorbancia de 0.700 ± 0.002 nm, se tomaron 100 µl de muestra, 1900 µl del reactivo ABTS para obtener la absorbancia control.

Se realizaron diluciones de extracto puro, dilución 1:1, 1:5, 1:10. Por triplicado se colocaron 50 µL de dilución con 950 µl del reactivo ABTS ajustado, medir en espectrofotómetro a 734 nm.

Para calcular el porcentaje de inhibición se calcula por medio de la siguiente ecuación descrita por (Rodríguez Aguirre, Andrade Barreiro, & Diaz López, 2015):

$$\% \text{ de inhibición} = \frac{\text{abs. control} - \text{abs. muestra}}{\text{abs. control}} \times 100$$

7.7.3 Determinación de actividad antioxidante por el método de DPPH

Este método fue desarrollado por Brand-Williams (W Brand & and C. Berset, 1994). La prueba de captación de radicales DPPH se determinó por la metodología descrita por Randhir y Shetty con modificaciones de (Contreras Chávez, 2018).

Procedimiento: se preparó el reactivo DPPH, (matraz forados en papel de aluminio se mide 80 ml de DPPH, con 20 ml de etanol) se ajustó absorbancia de 0.700 ± 0.002 nm. Se realizaron diluciones con extracto puro, dilución 1:1, 1:5, 1:10). Por triplicado se colocaron 50 μ L de dilución con 2950 μ L del reactivo DPPH ajustado se dejó incubación por 15 min en oscuridad midiendo en espectrofotómetro a 517nm.

Para calcular el porcentaje de inhibición se calcula de la siguiente ecuación descrita por (Rodríguez Aguirre, Andrade Barreiro, & Diaz López, 2015):

$$\% \text{ de inhibición} = \frac{\text{abs. control} - \text{abs. muestra}}{\text{abs. control}} \times 100$$

7.8 Método experimental caracterización fisicoquímica

El análisis proximal se realizó por triplicado midiéndose humedad, cenizas, proteína, grasa, fibra cruda y carbohidratos de acuerdo con las siguientes metodologías:

7.8.1 Humedad

El contenido en agua de la muestra se calcula por diferencia de peso y se expresa en % de humedad (g/100 g de muestra), con la técnica de Kolar K. (1992).

Procedimiento: En una cápsula de porcelana a peso constante se pesó la muestra distribuyendo uniformemente. Se colocó en el horno de secado a 105°C durante 3 horas, se atemperó, se pesó y se realizaron los cálculos.

$$\% \text{ de humedad} = \frac{(\text{Peso de la cápsula y la muestra húmeda en gr} - \text{Peso de la cápsula y la muestra seca en gr.})}{\text{Peso en gramos de la muestra huumeda}} \times 100$$

7.8.2 Cenizas

El contenido de cenizas (material inorgánico) se determinó por el método gravimétrico descrito por Kolar K. (1992). Los minerales se obtienen mediante la transformación de la materia orgánica, eliminación de agua y otros componentes volátiles presentes en la muestra por calcinación. Se expresa en porcentaje (g/100 g de muestra).

Procedimientos: Se Pesaron 3 gr de muestra en crisol a peso constante, se llevaron a carbonizar en una parrilla eléctrica hasta desprender humo blanco, se colocaron en la mufla de 550 °C por 3 horas, se atempero, se pesaron y se realizaron los cálculos.

$$\% \text{ de cenizas} = \frac{(\text{Peso en gramos de las cenizas} - \text{Peso constante})}{\text{Peso en gramos de la muestra}} \times 100$$

7.8.3 Nitrógeno proteico.

La determinación de proteína se realizó con el método Kjeldahl el cual determina la materia nitrogenada total, incluyendo las no proteicas como las proteínas verdaderas. De acuerdo con la AOAC 2001.11.

Se realiza en tres etapas:

Digestión: se pesó la muestra con K_2SO_4 y $CuSO_4$ concentrado. Se colocó en un tubo calentando en el digestor Kjeldahl hasta que se aclaró la solución manteniéndose en ebullición por 30 minutos.

Destilación: en un matraz se dosifica el H_3BO_3 a 4 % conectando al equipo con el tubo del digestor a este se agrega H_2O , $NaOH$ e inicia la destilación.

Valoración: el matraz con amoniaco, se agregó indicador rojo de bromocresol se titula con HCl , se hace corrección con blanco y se realizan los cálculos.

$$\% \text{ de N} = \frac{\text{Volumen gastado de NaOH 0.1N en la titulación} \times \text{Normalidad de la solución alcalina utilizada en la titulación} \times 0.01401}{\text{Peso en gramos de la muestra}} \times 100$$

$$\% \text{ de proteína} = \% \text{ de N} \times 6.25 \text{ (factor).}$$

7.8.4 Extracto etéreo

El contenido de “grasa” (también llamadas extracto etéreo o grasa cruda) se puede considerar como compuestos de lípidos “libre”, es decir que pueden ser extraídos por disolventes menos polares como el éter, mientras que los lípidos “combinados” necesitan disolventes más polares como alcoholes para su extracción.

La metodología se realizó de acuerdo con las Normas técnicas generales de métodos físicos y químicos para análisis de alimentos. Normas sanitarias de alimentos. Tomo 1. O.M.S 1967.

Procedimiento: la muestra se pesó en un papel filtro y cierra. Se monto en el equipo de extracción Soxhlet, el cual consta de un condensador de reflujo que actúa como refrigerante con agua circulando; columna de extracción donde se coloca el papel filtro con la muestra, esta tiene un sifón por donde cae el disolvente (éter) y matraz de fondo plano donde se coloca el éter. Se inicia el calentamiento hasta ebullición en el matraz de forma que la velocidad de evaporación del éter no supere las 2 gotas por segundo este se evapora ascendiendo por la columna de extracción hasta el condensador y cae sobre el cartucho comenzando la extracción, cuando el disolvente sobrepasa el nivel de sifón de la columna, baja y pasa al matraz y de nuevo comienza el ciclo repitiendo por 5 horas.

Ya transcurriendo el tiempo, se desacopla el equipo y se hace una recuperación de disolvente en un rotavapor para la extracción de grasa obtenida. Se pesa el matraz con los residuos de grasa y se realizan los cálculos.

$$\% \text{ de Extracto etéreo} = \frac{(\text{peso en gramos del matraz con grasa} - \text{peso en gramos del matraz sin grasa})}{\text{Peso en gramos de la muestra}} \times 100$$



7.8.5 Fibra cruda

Este método se realizó con la norma técnica general de métodos y químicos para el análisis de los alimentos. Normas sanitarias de alimentos. OMS, la cual permite determinar el contenido de fibra en la muestra, después de ser digerida con soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido de sodio y calcinado el residuo. La diferencia de pesos después de la calcinación nos indica la cantidad de fibra presente.

Procedimiento: Para la determinación de fibra cruda Se pesó 1 gramo de la muestra (reducida en grasa), en un matraz se añadió H₂SO₄ a 1.25% calentándose durante 30 minutos, agitándose ocasionalmente se filtró con una tela, se enjuago con agua destilada hirviendo, luego se agrega NaOH al 1.25%, dejando calentar por 30 minutos se lavó nuevamente con agua destilada hirviendo. Se paso la muestra a un crisol a peso constante y se llevó al horno de secado a 105°C por 1 hora, atempero, y se registró el peso obtenido, luego se incinero a 550° C durante 30 minutos, se atempero y se volvió a pesar. Se realizan los cálculos.

$$\% \text{ de fibra cruda} = \frac{\text{Gramos del residuo una vez eliminado, el peso de las cenizas (diferencias de peso)}}{\text{Peso en gramos de la muestra}} \times 100$$

7.8.6 Carbohidratos

La determinación de carbohidratos se realizó por diferencia del 100% calculando con la sumatoria de húmeda, ceniza, fibra cruda, proteína y extracto etéreo.

$$\% \text{ de carbohidratos} = \text{humedad} + \text{cenizas} + \text{fibra cruda} + \text{proteína} + \text{extracto etéreo}.$$

$$\% \text{ determinacion de carbohidratos} = 100\% - \% \text{ de carbohidratos}$$

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8.1 Cuantificación de fenoles y flavonoides

Los antioxidantes como los fenoles y flavonoides contienen grupos hidroxilo en su estructura química, estos son capaces de secuestrar a los radicales libres por la transferencia de electrones o átomos de hidrógeno (Gómez Alcaraz, 2015). La tabla 9 muestra las concentraciones de compuestos bioactivos contenidos en la cáscara de sandía, se utilizó una curva de calibración para su determinación (Anexo 12.3), la curva se trazó para diferentes concentraciones frente a sus respectivas absorbancias usando una longitud de onda de (750 nm para fenoles) y (510 nm de flavonoides), se extrapoló en la curva para determinar la concentración de dichos compuestos.

Tabla 9. Composición antioxidante de cáscara de sandía y comparación con la literatura.

Composición	Datos obtenidos	Literatura	Autor
FENOLES			(Valle Vargas, Duran
(mg EAG/g de muestra seca)	0.90±0.03	0.761±5.21	Barón, Quintero Gamero, & Valera, 2020)
FLAVONOIDES			
(mg EQ/g de muestra seca)	4.51±0.10	X	X

Los valores reportados son en base de muestra seca obtenidos en triplicados en fenoles y flavonoides. Los resultados para fenoles (mg EAG/g) y flavonoide (mg EQ/g) se reportan gramos de muestra seca.

El contenido de fenoles y flavonoides en las muestras estudiadas se muestran en la tabla 9, estos indican que el contenido de fenoles es 0.90±0.03 expresados como mg EAG/g, superan a los reportados por (Valle Vargas, Duran Barón, Quintero Gamero, Valera, 2020) puede deberse a las modificaciones del método utilizado por dicho autor y condiciones del laboratorio. En el caso de flavonoides cuyo valor fue de 4.51±0.10

expresados como (mg EQ/g) no se pudieron comparar al no existir dicho dato en la bibliografía.

Al comparar la cantidad de dichos compuestos en cáscara con la de otras frutas (Tabla 10) se observa que, a pesar del poco contenido de fenoles, la cantidad de flavonoides es considerablemente mayor en la cáscara de sandía a la de otras frutas. Cabe destacar que los compuestos fenólicos en la cáscara de las frutas mencionadas son mayores que los encontrados en la pulpa, esto puede ser consecuencia de su exposición a la luz solar, etapa de maduración (color, sabor, aroma, astringencia), que lleva a una síntesis más abundante y diversa de estos compuestos (Tapia Vásquez, 2020; Muñoz C, y otros, 2015).

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

Composición	Sandía	Papaya	Mango	Manzana	Uva
Flavonoides mg EQ/g	4.51	1.06	1.75	1.22	0.82
Fenoles mg EAG/g	0.90	3.13	27.51	10.82	27.22

Elaboración propia obtenido de (Suleria, Barrow, & Dunshea, 2020)

8.1.2 Actividad antioxidante.

Se realizó el análisis de la capacidad antioxidante, mediante los ensayos ABTS Y DPPH, ambos métodos fueron utilizados ya que son sensibles para detectar dichos compuestos aún en bajas concentraciones. Los resultados mostraron que la cáscara de sandía tiene una actividad de captación de radicales ABTS en un 89.72 ± 1.96 %, un valor muy similar al obtenido por (Neglo, y otros, 2021) cuya actividad fue reportada de 91.46 ± 3.45 %. El potencial de captación de radicales DPPH para la cáscara fue de 17.14 ± 5.14 % que es un valor muy por debajo del reportado por (Neglo, y otros, 2021) que obtuvo un 55.75 ± 2.44 % de captación de dicho radical como se muestra en la tabla 11, esta diferencia puede deberse a que el tiempo de incubación fue diferente, además

que el autor mantuvo en agitación por 24 horas. Estos resultados muestran que la cáscara de sandía tiene una actividad significativa de eliminación de radicales libres.

Tabla 11. Capacidad antioxidante de cáscara de sandía y comparación con la literatura.

Radical	Datos obtenidos (% de inhibición)	(Neglo, y otros, 2021) (% de inhibición)
ABTS	89.72±1.96	91.46±3.45
DPPH	17.14±5.14	55.75±2.44

Los valores reportados son en base de muestra seca obtenidos en triplicado para ABTS Y DPPH. Los valores se reportan en porcentaje de inhibición del radical.

Los resultados obtenidos y los de otros investigadores presentan diferencias, esto se puede deber a diversos factores, se debe considerar que la capacidad antioxidante de un alimento vegetal no viene dada solo por la suma de las capacidades antioxidantes de cada uno de sus componentes; también depende del microambiente en que se encuentra el compuesto, algunos de ellos interactúan entre si pudiendo producirse efectos sinérgicos o inhibitorios, de igual forma hay que considerar que la cantidad de fenoles y flavonoides presentes puede ser influido por la altitud y la radiación de la región de origen (Neglo, y otros, 2021).

8.1.3 Coeficiente de correlación de Pearson de la cáscara de sandía.

Tabla 12. Coeficiente de correlación de Pearson.

	FENOLES	FLAVONOIDES	DPPH	ABTS
FENOLES	1	0.98	0.62	0.56
FLAVONOIDES	0.98	1	0.46	0.39
DPPH	0.62	0.46	1	0.99
ABTS	0.56	0.39	0.99	1

Datos obtenidos conforme a las tablas anteriores.

El objetivo de esta correlación es indicar cuán asociada se encuentra la presencia de flavonoides y fenoles con la capacidad antioxidante, se observa una correlación entre la determinación de fenoles y la actividad antioxidante por los métodos ABTS y DPPH, a pesar de que existe una mayor cantidad de flavonoides 4.51 mg QE/g la actividad antioxidante está dada mayormente por los fenoles aun cuando su presencia es menor 0.90 mg EAG/g.

98.2 Análisis proximal.

La composición general de los alimentos se puede conocer mediante el análisis proximal para un posible uso en una matriz alimentaria. Se realizó una comparación de la cáscara de sandía con otras frutas.

Tabla 13. Análisis bromatológico proximal de la cáscara de sandía.

Análisis	BH	BS	BF
Carbohidratos	61.49	66.1554	4.1286
Cenizas	13.2306±0.000542	14.2321	0.8882
Fibra cruda	8.21±0.007597	8.8278	0.5509
Proteína	7.1745±0.000245	7.6497	0.4774
Humedad	7.0372±0.001867	X	93.75±0.07
Extracto eterio	2.9154±0.010718	3.1359	0.1957
Total	100	100	99.9999

Valores reportados en base seca (BS), base húmeda (BH) y base fresca (BF). Obtenidos en triplicado de cada una de ellas.

Tabla 14. Resultados del análisis bromatológico proximal en base húmeda (BH) libre de humedad y su comparación con la literatura.

Análisis	Base húmeda (BH)	Literatura	Autor
Carbohidratos	61.4989	46.77±1.82	(Valle Vargas, Duran Barón, Quintero Gamero, & Valera, 2020)
Cenizas	13.2306±0.000542	18.35±0.05	
Fibra cruda	8.21±0.007597	18.82±9.48	
Proteína	7.1745±0.000245	36.23±9.17	
Humedad	7.0372±0.001867	(BF)	
Extracto etéreo	2.9154±0.010718	5.44±0.72	

Obtenidos en triplicado de cada una de ellas.

Tabla 15. Resultados del análisis bromatológico proximal en base seca (BS) y su comparación con la literatura.

Análisis	Base seca (BS)	literatura (g/100g)	Autor
Carbohidratos	66.1554	61.336	(Duran Barón, Villegas, & Nieves, 2017)
Cenizas	14.2321	13.028	
Fibra cruda	8.8278	13.155	
Proteína	7.6497	10.123	
Humedad	X	2.078	
Extracto etéreo	3.1359	0.278	

Obtenidos en triplicado de cada una de ellas.

Los carbohidratos presentes en la cáscara de sandía son azúcares como celulosa, pectina, lignina, entre otros, su contenido en base seca es muy similar al consultado en la literatura (Tabla 15) con un valor de 66.15 g/100 g (Duran Barón, Villegas, & Nieves, 2017).

Las proteínas de la cáscara de sandía están compuestas por aminoácidos esenciales como citrulina, arginina (López, González, & Embriz, 2016; Sambataro, 2016), su determinación se realiza con la finalidad de conocer la calidad nutritiva del alimento. Los

resultados obtenidos muestran que la proteína total de la cáscara de sandía tiene aproximadamente un 2% menos que el reportado en la bibliografía como se puede observar en la tabla 15.

La determinación de extracto etéreo tiene la finalidad de conocer el contenido de grasa y así poder estimar el tiempo de almacenaje del alimento (Navarro Vázquez, 2007). Los resultados obtenidos del extracto etéreo mostraron un elevado contenido para la cáscara de sandía correspondiente al 3.13% no siendo parecido a los datos proporcionados por la literatura como se muestra en la tabla 15, puede deberse por factores del laboratorio, solventes utilizados, gramos de muestra.

Las cenizas representan los residuos inorgánicos, es decir las sales minerales presentes en la cáscara, su determinación tiene como objetivo proporcionar el contenido total de minerales, materia orgánica y microelementos con funciones metabólicas importantes, así como la detección de metales pesados provenientes de contaminación (Fon Fay Vázquez & Zumbado Fernández, 2019). En relación con el contenido de cenizas en la muestra la cáscara de sandía representa el 14%, la cual es rica en sodio, potasio, magnesio, calcio, cobre, hierro, zinc y fósforo (Feizy y col 2020).

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 (Fon Fay Vázquez & Zumbado Fernández, 2019). La cáscara de sandía presenta 8.82%, siendo un valor menor que el reportado por la bibliografía como se muestra en la tabla 15.

La determinación de la humedad nos da conocer la proporción de agua presente y la estabilidad del alimento, permitiendo determinar las condiciones de un almacenamiento correcto (Ruiz, 2019). En muestras frescas los valores obtenidos de humedad de cáscara de sandía se asemejan a los descritos por (Duran Barón, Villegas, & Nieves, 2017), (tabla 19 anexo.)

Estas pequeñas diferencias podrían ser por varios factores, condiciones que presenta el laboratorio y equipos utilizados, peso en gramos de muestras, los disolventes utilizados en cada análisis, condiciones climáticas, entre otras.

Tabla 16. Comparación con cascara de otras frutas

Análisis	Humedad	Cenizas	Proteína	Grasa	Fibra	Carbohidratos
Sandía	7.03	13.23	7.17	2.91	8.20	61.49
Clon cacao	8.71	8.59	4.59	0.6	32.05	45.42
Papaya	21.27	10.45	2.23	3.09	0.643	62.69

Elaboración propia y autores: (Castillo y colaboradores 2018) clon de cacao. (Vargas Vargas, Figueroa Brito, Tamoyo Cortez, Toledo Lopez, & Moo Huchin, 2019) papaya.

En la tabla anterior se muestra los resultados del análisis proximal de la cascara de sandía y se compara con otras frutas, la humedad de cáscara deshidratada de sandía es el que presenta el menor porcentaje (7.03%) acercando su valor a la fruta de clon de cacao, el contenido de humedad depende del grosor de la cascara, así como el tiempo y secado de la misma (De Michelis & Ohaco, 2015).

Destacan el contenido de cenizas que son fuentes ricas en minerales, así como la cantidad de proteína, carbohidratos en dicha cascara.

9. CONCLUSIÓN

Los datos presentados en esta investigación demuestran que la cáscara de sandía (*Citrullus lanatus*) posee compuestos bioactivos (fenoles 0.90 ± 0.03 mg EAG/g de muestra seca, flavonoides 4.51 ± 0.10 mg EQ/g de muestra seca, entre otras) con capacidad antioxidante por lo que puede ser utilizada como una fuente natural de dichos compuestos, que son efectivos frente a algunas enfermedades degenerativas.

Los resultados de actividad antioxidantes mostraron que la cáscara de sandía tiene una actividad de captación de radicales ABTS en un 89.72 ± 1.96 y el potencial de captación de radicales DPPH para la cáscara fue de 17.14 ± 5.14 (ambos se reportaron en % de inhibición).

La composición general de los alimentos se puede conocer mediante el análisis proximal para un posible uso en una matriz alimentaria, a la muestra analizada (*Citrullus lanatus*) cascara presenta un alto contenido de carbohidratos 61.49% y cenizas 13.23% las cuales representan una fuente importante de minerales como sodio, potasio, magnesio, calcio, cobre, hierro, zinc y fósforo.

La cáscara de sandía que normalmente es tratada como desecho puede ser recomendada para su consumo como un alimento saludable o ser añadida en forma de polvo a otros alimentos para aumentar su calidad nutritiva y de esta forma mejorar la calidad de vida.

10. GLOSARIO

Actividad antioxidante: Es la capacidad de una sustancia para inhibir la degradación oxidativa.

Actividad de agua: Es la humedad en equilibrio de un producto, determinada por la presión parcial del vapor de agua en su superficie.

Agente oxidante: Es un compuesto químico que oxida a otra sustancia en reacciones electroquímicas o de reducción-oxidación.

Agente reductor: Es aquel que cede electrones a un agente oxidante.

Análisis bromatológico: Son la evaluación química de la materia que compone a los nutrientes, pues etimológicamente se puede definir a la Bromatología como Broma, 'alimento', y logos, 'tratado o estudio', es decir, que la Bromatología es la ciencia que estudia los alimentos, sus características, valor nutricional y adulteraciones.

Análisis fisicoquímico: Se encarga de medir diversas propiedades como temperaturas, conductividad, densidad, viscosidad o dureza con el objetivo de garantizar la calidad alimentaria de tus productos.

Análisis proximal: Comprende la determinación de los porcentajes de humedad, grasa, fibra, cenizas, carbohidratos solubles y proteína en los alimentos.

Antioxidante: Sustancia que protege las células de los daños que causan los radicales libres (moléculas inestables elaboradas por el proceso de oxidación durante el metabolismo normal).

Botánica: Es la rama de la biología que estudia las plantas bajo todos sus aspectos, lo cual incluye: descripción, clasificación, distribución, identificación, el estudio de su reproducción, fisiología, morfología, relaciones recíprocas, relaciones con los otros seres vivos y efectos provocados sobre el medio en el que se encuentran.

Cenizas: La ceniza es el producto de la combustión de algún material, compuesto por sustancias inorgánicas no combustibles, como sales minerales.

Colorímetro: Es cualquier herramienta que identifica espacio de color y el matiz para medir el color de manera objetiva, basado en el paso de luz a través de filtros que simulan la sensibilidad del ojo humano ante la luz.

Compuestos bioactivos: A aquel que aporta un beneficio a la salud más allá de los considerados como nutrición básica siendo sustancia química que se encuentra en pequeñas cantidades en las plantas y ciertos alimentos (como frutas, verduras, nueces, aceites y granos integrales).

Electrón: Partícula que se encuentra alrededor del núcleo del átomo y que tiene carga eléctrica negativa.

Enfermedad crónico-degenerativa: Son aquéllas que van degradando física o mentalmente a quienes las padecen, provocan un desequilibrio y afectan a los órganos y tejidos. Pueden ser congénitas o hereditarias.

Espectrofotometría: Es una técnica analítica utilizada para medir cuánta luz absorbe una sustancia química, midiendo la intensidad de la luz cuando un haz luminoso pasa a través de la solución muestra, con base en la ley de Beer-Lambert.

Estrés oxidativo: Es causado por un desequilibrio entre la producción de especies reactivas del oxígeno y la capacidad de un sistema biológico de decodificar rápidamente los reactivos intermedios o reparar el daño resultante.

Extracto etéreo: Es el contenido de "grasa" (algunas veces llamado también como grasa cruda) se puede considerar como compuesto de lípidos "libres", o sea aquéllos que pueden ser extraídos por disolventes menos polares.

Extracto puro: Sustancia muy concentrada que se obtiene de una planta, semilla u otra cosa por diversos procedimientos obtenida por extracción, a menudo usando un solvente como etanol o agua.

Fibra cruda: Aquellas sustancias orgánicas no nitrogenadas, que no se disuelven tras hidrólisis sucesivas; una en medio ácido y otra en medio alcalino.

Fitoquímico: Son compuestos químicos producidos por las plantas, estos generalmente juegan un papel en el crecimiento de la planta o en su defensa contra competidor, patógeno o depredadores.

Frutas confitadas: Es a la que se sumerge y se cocina posteriormente en almíbar para que pierda su humedad interior, de manera que pueda conservarse sin riesgo de putrefacción.

Hormesis: Es un fenómeno de respuesta a dosis, caracterizado por una estimulación en dosis bajas y una inhibición para dosis altas, que resulta en una curva de respuesta.

Humedad: Se denomina "humedad o vapor de agua" al agua que impregna en la superficie o el interior de un cuerpo

Lóbulos: Son zonas salientes que poseen las hojas de algunas especies.

Metabolitos: Es cualquier sustancia producida durante el metabolismo (digestión u otros procesos químicos corporales).

Método: Modo ordenado y sistemático de proceder para llegar a un resultado o fin determinado.

Molécula: Agrupación definida y ordenada de átomos que constituye la porción más pequeña de una sustancia pura y conserva todas sus propiedades.

Nutrientes: Son compuestos químicos contenidos en los alimentos que aportan a las células todo lo que necesitan para realizar sus funciones vitales.

Organismo: Conjunto de los órganos que constituyen un ser vivo.

Peso constante: Se considera peso constante cuando la diferencia de dos pesadas sucesivas no exceda de 0.0003 g.

Pirámide alimentaria: Es una referencia gráfica de la cantidad de los diferentes grupos de alimentos recomendados para consumir diariamente por las autoridades sanitarias para mantenernos saludables.

Planta bienal: Es aquella que tarda en completar su ciclo biológico 24 meses.

Planta herbácea: Son plantas vasculares que no tienen tallos leñosos persistentes sobre el suelo, incluidas muchas plantas perennes, y casi todas las anuales y bienales.

Planta perenne: es una planta que vive durante más de dos años.

Producto pulverulento: Es aquel producto que se presenta en forma de polvo.

Proteína: Son macromoléculas formadas por cadenas lineales de aminoácidos.

Reacción redox: Se denomina reacción de reducción-oxidación, óxido-reducción, o simplemente reacción redox, a toda reacción química en la que uno o más electrones se transfieren entre los reactivos, provocando un cambio en sus estados de oxidación.

Radical libre: Es una especie química, caracterizada por poseer uno o más electrones desaparecidos.

Sandia: Planta herbácea de tallo tendido, hojas de color verde oscuro, flores amarillas y fruto esférico de gran tamaño, esférico, con corteza verde muy dura, comestible, pulpa roja, dulce y jugosa, y llena de pepitas negras.

Síndrome metabólico: Conjunto de trastornos que aumentan el riesgo de padecer enfermedades cardíacas, un derrame cerebral y diabetes.

Suplemento vitamínico: Es un preparado que contiene vitaminas.

Zarcillos: Órgano largo, delgado y voluble que tienen algunas plantas y que les sirve para asirse y trepar.

11. BIBLIOGRAFÍA

(s.f.).

Alcaide Molina, A. J. (2015). Caracterización de polifenoles y su acción sobre Sirtuinas en modelos de inflamación intestinal y cáncer. (*Tesis Doctoral Inédita*). Universidad de Sevilla, Sevilla., <https://idus.us.es/handle/11441/68135>.

Almonacid Gastón, F. (febrero de 2016). *Evaluación de la variación del contenido de polifenoles en alimentos vegetales, en función del método de conservación empleado*. Obtenido de Bdigital.uncu.edu.ar: https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/7350/tesis-brom.-almonacid-gastn-federico-2016.pdf

Arriza Balaga, A., & Fernández, H. (11 de 02 de 2019). *La pirámide nutricional: educación en nutrición*. Obtenido de Efesalud: <https://www.efesalud.com/la-piramide-nutricional-educacion-en-nutricion/>.

Atkins, P., & Jones, L. (2012). *Principios de química. los caminos del descubrimiento*. Buenos Aires: Panamericana.

Atlas Big. (2018-2020). Obtenido de Atlas Big: <https://www.atlasbig.com/es-mx/paises-por-produccion-de-sandia>

Avello, M., & Suwalsky, M. (2006). Radicales libres, antioxidantes naturales y mecanismos de protección. *SciELO*, Pag 161-172 DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-04622006000200010>.

Axayácatl, O. (13 de 03 de 2021). *Blog agricultura*. Obtenido de Blog agricultura: <https://blogagricultura.com/paises-productores-sandia-2019/>

Barros Sierra, j. (07 de febrero de 2017). *Seminis*. Obtenido de seminis: <https://www.seminis.mx/blog-tecnicas-y-recomendaciones-para-la-siembra-de-sandia/>.

Bernacer, R. (12 de 08 de 2020). *Web consultas revista de salud y bienestar*. Obtenido de Web consultas revista de salud y bienestar: <https://www.webconsultas.com/dieta-y-nutricion/alimentos-saludables/valor-nutricional-y-dietetico-de-la-sandia>

- Brighente, I., Diaz, M., Verdi, L., & Pizzolatti, M. (2008). Actividad antioxidante y contenido fenólico total de algunas especies brasileñas. *Biología farmacéutica*, Vol. 42, Núm. 2 <https://doi.org/10.1080/13880200601113131>.
- Camacho, F., & Rodríguez, F. (2000). *El cultivo de sandía apirena injertada, bajo invernadero*. España: mediterráneo.
- Castillo, E., Álvarez, C., & Contreras, Y. (2018). Caracterización fisicoquímica de la cascara del fruto de un clon de cacao (*Theobroma cacao* L.) cosechados en Caucagua estado Miranda. Venezuela. revista de investigación, Vol. 42, núm. 95, pp. 154-175.
- Chang, R., & Kenneth A, G. (2013). *Química*. México: McGraw-Hill.
- Coavoy Sánchez, I. A. (diciembre de 2015). *Evaluación de la capacidad antioxidante de los compuestos fenólicos de la tuna morada (opuntia ficus-indica) del distrito de San Bartolomé, Huarochirí, Lima*. Obtenido de library.com: <https://1library.co/document/zpn83gry-evaluacion-capacidad-antioxidante-compuestos-fenolicos-distrito-bartolome-huarochiri.html>
- 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. Morelia, Michoacán.
- Coronado H, M., Vega y León, S., Gutiérrez T, R., Vázquez F, M., Radilla V, C. (2015). Antioxidantes: perspectiva actual para la salud humana. *Scielo revista chilena de nutrición*, Vol.42 Núm. 2 DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182015000200014>.
- Crawford, H. (2017). *Manual de manejo agronómico para cultivo de sandía*. Santiago Chile: Boletín INIA.
- De Michelis, A., & Ohaco, E. (2015). Deshidratación y desecado de frutas, hortalizas y hongos. procedimiento hogareños y comerciales de pequeña escala. Comahue. Argentina: INTA.
- Drago Serrano, M. E., López López, M., Sainz Espuñes, T. (2006). Componentes bioactivos de alimentos funcionales de origen vegetal. *Revista Mexicana de*

- Duran Barón, R., Villegas, E., Nieves, I. (2017). Caracterización y extracción de citrulina de la corteza de la sandía (*Citrullus lanatus* "thunb) consumida en Valledupar. *temas agrarios* vol. 22(1) página 62-69 recuperado de: <https://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstream/handle/ucordoba/341/916-2428-3-PB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Fernández, S. (08 de 05 de 2020). *aliméntate*. Obtenido de aliméntate más: https://www.alimente.elconfidencial.com/nutricion/2020-05-08/pepitas-sandia-tesoro-nutricional_2039834/
- Fon Fay Vázquez, F. M., & Zumbado Fernández, H. (2019). SCRIBD. Obtenido de Análisis proximal en alimentos. Fundamentos teóricos y técnicas experimentales.: <https://es.scribd.com/document/465652893/43-148-1-PB-1-pdf>
- Gessner G, H., Sax N, I., & Lewis J, R. (1993). *Haw ley diccionario de química y de productos químicos*. Barcelona: Ediciones Omega.
- Gob.mx. (2020). Obtenido de Gob.mx: <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/crecio-produccion-y-exportacion-de-sandia-mexicana-en-2020?idiom=es>
- Gómez Alcaraz, L. (2015). *Estudio comparativo in vitro de los polifenoles vegetales flavan-3-oles, flavanonas y flavonas y la relación de su estructura molecular con el efecto sobre la viabilidad celular*. Obtenido de tesisenred.net: <https://www.tesisenred.net/handle/10803/371731#page=3>
- Gonzabay Cuadrado, C. S., Lindao Bararata, C. S. (2019). "Determinación de polifenoles totales y actividad antioxidante del extracto metanolico de la cascara de sandia (*Citrullus lanatus*) variedad Charleston grey. *universidad de guayaquil facultad de ciencias químicas.*, <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/43616/1/BCIEQ-T-0420%20Gonzabay%20Cuadrado%20Carla%20Stephanie%3b%20Lindao%20Bararata%20Cindy%20Stefan%c3%ada.pdf>.
- González Jiménez, F. E., Hernández Espinoza, N., Cooper Bribiesca, B. L., Núñez Breton, L. C., & Reyes Reyes, M. (2015). Empleo de antioxidantes en el

- tratamiento de diversas enfermedades crónico- degenerativas. *Vertientes revistas especializada en ciencias de la salud.*, 18(1):16-21. <https://www.medigraphic.com/pdfs/vertientes/vre-2015/vre151c.pdf>.
- Gottau, G. (2021). Polifenoles: qué son, cuáles son sus beneficios, y cómo incorporarlos a la mesa habitual. *Directo al paladar*, <https://www.directoalpaladar.com/salud/polifenoles-que-cuales-sus-beneficios-como-incorporarlos-a-mesa-habitual>.
- Guler, Z., Candir, E., Yetisir, H., Karaca, H., & Solmaz, I. (2014). Volatile organic compounds in watermelon (*citrullus lanatus*) grafted onto 21 local and two commercial bottle gourd (*lagenaria siceraria*) rootstocks. *the journal of horticultural Science and biotechnology*, 89 (4), 448-452.
- Gutiérrez, V. (2002). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0138-65572002000200009. *Scielo revista cubana de medicina militar*, Vol.31 Num.2 http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0138-65572002000200009.
- Hena, J., Andala, D., Nyambaka, H., & Nawiri, M. (2016). Carotenoid Levels, total phenolic content and antioxidant activity variations in varieties of *citrullus lanatus* under storage at room temperature. *International journal of biochemistry research*, 9 (3), 2-5.
- Heras, R. d. (2016). Fitoquímicos. *Web consultas. Revista de salud y bienestar*, <https://www.webconsultas.com/dieta-y-nutricion/nutrientes/que-son-las-sustancias-fitoquimicas-funciones-y-beneficios>.
- J Miller, N., Rice Evans, C., J Davies, M., Gopinathan, V., & Milner, A. (1993). Un nuevo método para medir la capacidad antioxidante y su aplicación para monitorear el estado antioxidante en neonatos prematuros. *Clínica Science*, Vol.84 Núm. 4 Doi: <https://doi.org/10.1042/cs0840407>.
- Kim, D.-o., Lee, K., Lee, H., Lee, C. (2002). Capacidad antioxidante equivalente a la vitamina C (VCEAC) de los fitoquímicos fenólicos. *acs publications most trusted, most citud, must read*, <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf020071c>.

- Kim, Y., B, J., Keogh, P., & M, C. (2016). polifenoles y control glucémico. *Nutrientes*. *Nutrientes*, doi:10.3390/nu8010017.
- kuskoski, E. M., Asuero, G. A., Troncoso, M. A., Mancini Filho, J., & Fett, R. (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *SciELO Brasil*, <https://doi.org/10.1590/S0101-20612005000400016>.
- L. Prior, R., Wu, X., & Schaich, K. (2005). Métodos estandarizados para la determinación de la capacidad antioxidante y fenólicos en alimentos y suplementos dietéticos. *J Agric Food Chem*, DOI: 10.1021 / jf0502698.
- LABORATORIO, A. D. (s.f.). *Análisis Humedad y Cenizas*. Obtenido de Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria: <https://inta.gob.ar/servicios/analisis-humedad-y-cenizas>
- Landoño Landoño, J. (2012). Antioxidantes: importancia biológica y métodos para medir su actividad. *repository, lasallista.edu.co*, parte 3. Capítulo 9. <http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/133/3/9.%20129-162.pdf>.
- Lirola, A. (2018). Fitoquímicos. *Conasi*, <https://www.conasi.eu/blog/consejos-de-salud/consejos-de-salud-consejos-de-salud/fitoquimicos-moleculas-protectoras/>.
- López, B. (13 de 06 de 2020). *naturaleza. paradis*. Obtenido de naturaleza. paradis: <https://naturaleza.paradais-sphynx.com/plantas/tipos-de-frutas/sandia-citrullus-lanatus.htm#características-de-la-planta-citrullus-lanatus>
- López, L., González, M., & Embriz, F. (20 de julio de 2016). EFEMEX. Obtenido de Estudiantes del politécnico elaboran cereal nutritivo con cascara de sandia: <https://www.efe.com/efe/america/tecnologia/estudiantes-del-politecnico-elaboran-cereal-nutritivo-con-cascara-de-sandia/20000036-2991107#:~:text=Explicaron%20que%20la%20c%C3%A1scara%20de,que%20contienen%20hasta%20100%20kilocalor%C3%ADas%22>.
- Lopusiewicz, L. (2018). antioxidant, antibacterial properties and the light barrier assessment of raw and purified melanins isolated from *citrullus lanatus*. *Herba*

Polonica, 25-36, doi:10.2478/hepo2018-0008. Obtenido de doi:10.2478/hepo2018-0008

- Martin Gordo, D. A. (2018). Los compuestos fenólicos, un acercamiento a su biosíntesis, síntesis y actividad biológica. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, Vol. 9. Núm. 1. Doi: <https://doi.org/10.22490/21456453.1968>.
- Martínez de Victoria Muñoz, E. (2015). Compuestos bioactivos y salud: mitos y realidades. *Alan Archivos latinoamericanos de nutrición*, vol.65 suplemento:1. <https://www.alanrevista.org/ediciones/2015/suplemento-1/art-47/>.
- Medina Niño, R. (22 de 06 de 2021). red113.com. (A. R. 113, Entrevistador) Obtenido de red113.com: red113mx.com/2021/06/produce-michoacan-casi-21-mil-toneladas.html?m=1
- Moreiras, O., Carbajal, A., Cabrera, L., Cuadrado, C. (2018). *cátedra alimentación institucional*. Madrid: pirámide. Obtenido de https://catedraalimentacioninstitucional.files.wordpress.com/2014/09/3-l-tablas_de_composicion_de_alimentos.pdf
- Muñoz Bernal, O., Torres Aguirre, G. A., Núñez Gastelum, J. A., De la rosa, L. A., Rodrigo García, J., Ayala Zavala, J. F., & Álvarez Parilla, E. (2017). nuevo acercamiento a la interacción del reactivo de Folin-ciocalteu con azúcares durante la cuantificación de polifenoles totales. *TIP revista especializada en ciencias químicas biológicas*, Núm.2 DOI: 10.1016/j.recqb.2017.04.003.
- Muñoz C, W., Chavez R, W., Pabon C, L., Rendon F, M. R., Chaparro, M. P., & Otalvaro Alvarez, A. M. (2015). Extracción de compuestos fenólicos con actividad antioxidante a partir de Champa (*Campomanesia lineatifolia*). *CENIC Ciencias químicas*, Vol: 46, paginas: 38-46.
- Navarro Márquez, M. A. (2007). *Análisis de alimentos 1. manual de prácticas*. Hermosillo sonora: colegio de bachilleres del estado de sonora.
- Neglo, D., Sayanika, W., Devi, Okraku Tettey, C., Ken Essumanc, E., Korley Kortei, N., . . . Kwashie, P. (2021). Actividades antioxidantes y antimicrobianas comparativas de las cascarras, la cascara, la pulpa y las semillas del fruto de la sandía (*Citrullus*

<https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00582Get>.

Nutrición y salud. (2021). *frutas y hortalizas frescas 5 al día*, 1.

Olmo, A. (2019). *blogagricultura.com*. Obtenido de Estados de México productores de sandía en 2019: <https://blogagricultura.com/estados-productores-sandia-2019/amp/>

Orlando Orduz, J., Adolfo León, G., Chacón Díaz, A., Linares B, V., & Rey T, C. (2002). *El cultivo de la sandía o patilla*. Colombia: Libertad.

Padilla Samaniego, M., Morocho Yambay, T., & Reinoso Brito, S. (09 de 2017). *Importancia del consumo de frutas y verduras en la alimentación humana*. Obtenido de Repositorio digital. Biblioteca Paul Ponce Rivadeneira: <http://repositorio.unemi.edu.ec/handle/123456789/3747>

Pardo Jumbo, A. N. (2015). *Evaluación de la capacidad antioxidantes y compuestos fenólicos en la pulpa del maracuyá (Passiflora Edulis)*. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec>:

<http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/2879/1/CD000015-TRABAJO%20COMPLETO-pdf>

Paris, H. (26 de agosto de 2016). *la historia secreta de la sandía*. Obtenido de abc.com (gastronomía): <https://www.abc.com.py/edicion-impresa/suplementos/gastronomia/la-historia-secreta-de-la-sandia-1512409.html>

Pesquera, S. d. (04 de 10 de 2017). *Gob.mx*. Obtenido de Gog.mx: <https://www.gob.mx/siap/articulos/sandia-producto-destacado-donde-sonora-es-lider>

Petrucci, R., Herring, G., Madura, J., & Bissonnette, C. (2011). *Química general*. Madrid: Pearson Educación.

Ramírez Hernández, J., García Flores, C. F., Vizcano Reséndiz, J. A., Mariel Cárdenas, J., Gutiérrez Canto, F. J., Mariel Marga, H., & Villagrán Rueda, S. (2012). ¿Qué son y para qué sirven los antioxidantes? *Revista de divulgación científica y tecnológica de la universidad veracruzana*, volumen XXV número 2.

- Re, R., Pellegrini, N., Protegerte, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice Evans, C. (1999). Actividad antioxidante aplicando un ensayo mejorado de decoloración de cationes radicales ABTS. *Science direct*, Vol.26 Núm: 9 a 10 Doi: [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3).
- Reyes Araujo, D. Y. (noviembre de 2018). *Actividad antioxidante y productividad en Ocimum basilicum L. y Solanum tuberosum L. acondicionadas con vermicomposta*. Obtenido de [ri.uaemex.mx/handle:20.500.11799/98855](http://ri.uaemex.mx/handle:ri.uaemex.mx/handle:20.500.11799/98855)
- Roa, Y. (2019). 3+4 Pasos Y Características Del Cultivo De Sandía. *Agronomaster*, 5.
- Rodríguez Aguirre, O. E., Andrade Barreiro, W. E., & Díaz López, F. E. (2015). Actividad antioxidante de extractos de hojas de *Bocconia frutescens* L. (Papaveraceae). *Revista de tecnología*, Vol.14 Núm.2. Pág. 21-36. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6041492>.
- Rodríguez Leyton, M. (2019). Desafíos para el consumo de frutas y verduras. *Revista de la Facultad de Medicina Humana*, 2. Obtenido de SciELO Analytics: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2308-05312019000200012&script=sci_arttext
- Rojas, T., Fuentes Campos, M. E., Contreras López, E., Gómez, S., & Muñoz Jauregui, A. M. (2019). Extracción asistida por ultrasonido de compuestos fenólicos de la cascara de sanky (*Corryocactus brevistylus*). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, Vol. 85, núm. 2. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-634X2019000200012&script=sci_arttext&tlng=pt.
- Rubio Cortes, J. E., López Martínez, J. C., Vázquez Guevara, M. A., & Alcaraz Contreras, Y. (2017). EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE ANÁLOGOS DEL BHT. *Jóvenes en la ciencia. Revista de divulgación científica*, Vol. 2, Núm. 1, pag.352.
- Ruiz, G. (2019). Net INTERLAB s.a. Obtenido de Que es determinación de humedad en alimentos: <https://net-interlab.es/determinacion-de-humedad-en-alimentos/#:~:text=La%20determinaci%C3%B3n%20de%20humedad%20en%20>

alimentos%20generalmente%20se%20realiza%20mediante,tiempo%20y%20aumenta%20la%20temperatura.

- Sambataro, J. C. (08 de agosto de 2016). *Piramide informativa*. Obtenido de cascara de sandia: <https://piramideinformativa.com/2016/08/cascara-de-sandia/>.
- Seminis. (05 de 06 de 2018). *seminis.mx*. Obtenido de El Mercado De La Sandía Y Su Importancia Para México: <https://www.seminis.mx/el-mercado-de-la-sandia-y-su-importancia-para-mexico/>
- Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetría de fenólicos totales con reactivos de ácido fosfomolibdico-fosfotúngstico. *SOY JENOL VITIC*, Vol. 16. Pag:144-158.
- Suleria, H., Barrow, C. J., & Dunshea, F. R. (2020). Cribado y Caracterización de Compuestos Fenólicos y su Capacidad Antioxidante en Diferentes Cáscaras de Frutas. *MDPI*, Volumen 9 Número 9 Doi:10.3390/alimentos9091206.
- Tapia Vásquez, L. I. (2020). Efecto de la inhibición de la radiación solar sobre la pigmentación, compuestos fenólicos y capacidad antioxidantes en frutos de manzano cvs. cripps pink y rosy glow. obtenido de universidad de Talca, facultad de ciencias agrarias, escuela de agronomía: <http://dspace.otalca.cl/bitstream/1950/12255/3/2020A000014.pdf>
- Toledo Nauto, M. (2015). Estudio fitoquímico, evaluación de la actividad antioxidantes y antimicrobiana de la corteza de "triumfetta semitriloba" jacq (motecepo) y análisis de parámetros reológicos del mucílago. *Cybertesis repositorio de tesis digital UNMSM*, <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/4615>.
- Torres Molina, J. A. (2017). *Obtención de callo in vitro a partir de explantes de hoja del aire (Kalanchoe pinnata) y su posterior determinación del contenido de fenoles y capacidad antioxidante*. Obtenido del Repositorio Institucional de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/13375>
- Valencia Avilés, E., Ignacio Figueroa, I., Sosa Martínez, E., Bartolomé Camacho, M., Martínez Flores, H., & García Pérez, M. (2017). Polifenoles: propiedades antioxidantes y toxicológicas. *Facultad de ciencias químicas*, 15-29.

- Valero, T., Rodríguez, P., Ruiz, E., Ávila, J., & Varela, G. (2018). *La sandía en la alimentación española, características nutricionales de los principales alimentos de nuestra dieta*. España: fundación española.
- Valle Vargas, M. F., Duran Barón, R., Quintero Gamero, G., & Valera, R. (2020). Caracterización fisicoquímica, químico proximal, compuestos bioactivos y capacidad antioxidantes de pulpa y corteza de sandía (*Citrullus lanatus*). *Información tecnológica Scielo.*, Vol. 31 (1), 21-28. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642020000100021>.
- Vargas Vargas, M. d., Figueroa Brito, H., Tamoyo Cortez, J., Toledo López, V., & Moo Huchin, V. M. (2019). Aprovechamiento de cascara de frutas: análisis nutricional y compuestos bioactivos. *CIENCIA ergo-sum*, Vol.26, num.2, DOI: <https://doi.org/10.30878/ces.v26n2a6>.
- W Brand, W., & and C. Berset, M. (1994). use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *lebensm wiss technol.*, capitulo: 28 pág.: 25-30. http://radio.cuci.udg.mx/bch/EN/Manuals/Techniques/DPPH-original_LebensWissTechnol_1995-v28-p25.pdf.

12. ANEXOS

12.1 Anexos de fotos de equipos.



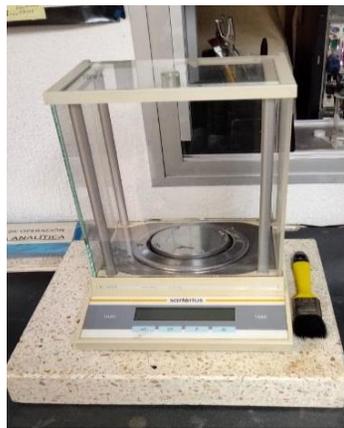
Parrillas eléctricas



Licuada.



Equipo de tamiz.



Balanzas analíticas.



Balanza de precisión.



Micropipetas y equipo.



Desecador.



Agitador Vortex.



Termos baños.



Equipos de espectrofotometría



Horno de secado.



Horno Felisa.



Mufla.



Evaporador giratorio.



Equipo de extracción soxhlet.



Equipo de destilador Kjeldahl.



Equipo de digestor Kjeldahl

12.2 Preparación de extracto puro:

Procedimiento:

Se pesan 2 gramos de muestra en un tubo de ensayo forado en papel de aluminio, se agrega 20 ml de metanol, dejando en reposo por 24 horas, se filtra, y se guarda en un lugar fresco (refrigeración), con esto se utilizará para realizar cada análisis de metodología.

12.3 Método experimental actividad antioxidantes

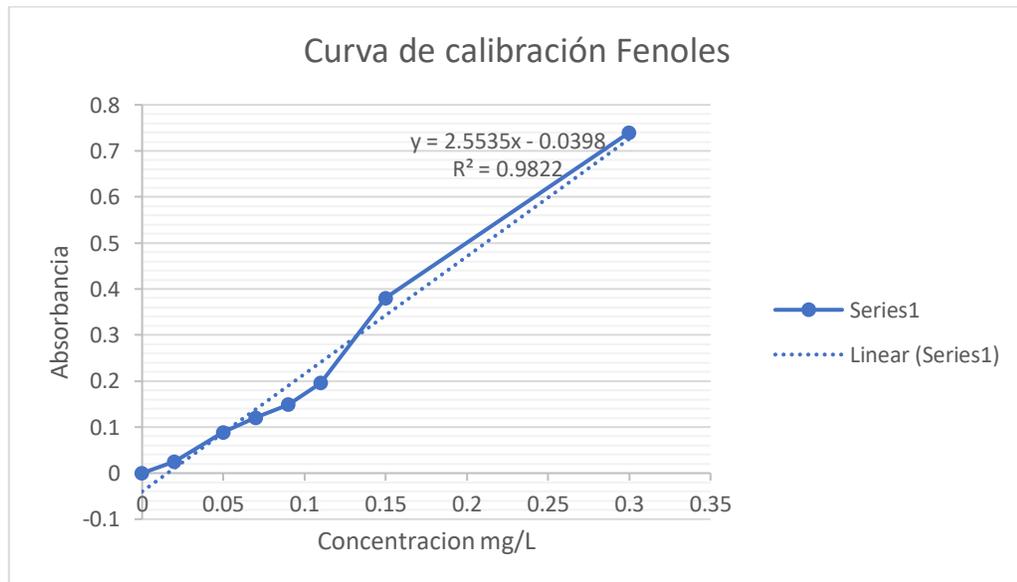
12.3.1 Concentraciones para la elaboración de la curva de calibración para fenoles totales.

Tabla 17. Concentraciones de la curva de calibración de ácido gálico.

Tubo	Concentración de $C_7H_6O_5$ mg/ml	μ L de solución stock	μ L de H_2O	Volumen final
1	0	0	1000	1 ml
2	0.02	100	950	1 ml
3	0.05	250	750	1 ml
4	0.07	350	650	1 ml
5	0.09	450	550	1 ml
6	0.11	550	450	1 ml
7	0.15	750	250	1 ml

Fuente: elaborado por el autor.

12.3.2 Curva de calibración fenoles totales



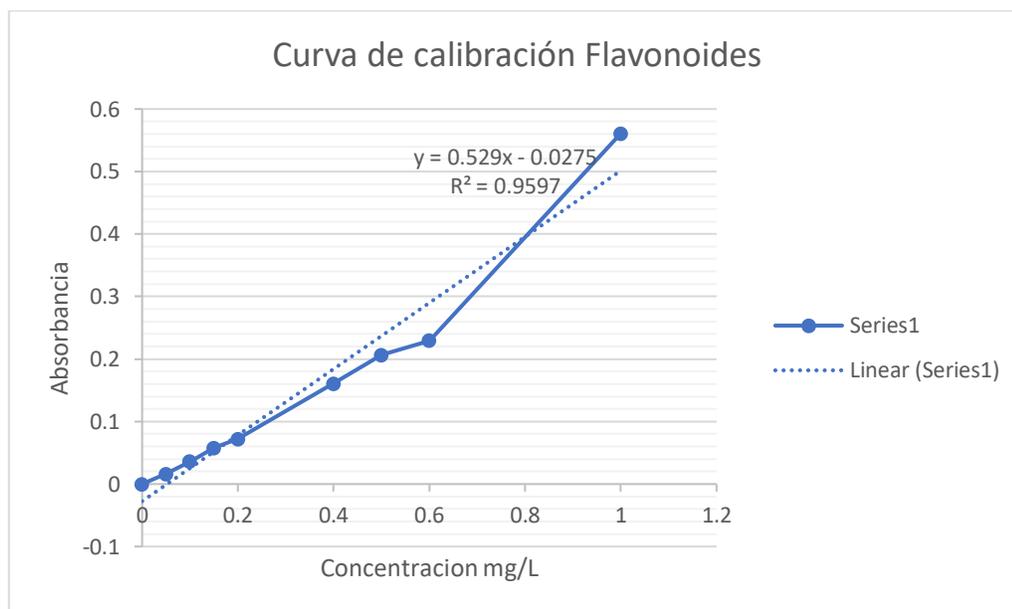
12.3.3 Concentraciones para la elaboración de la Curva de calibración para flavonoides totales.

Tabla 18. Curva de calibración de Quercetina.

Tubo	Concentración de Quercetina mg/ml	μL de solución stock	μL de H ₂ O	Volumen final
1	0	0	1000	1 ml
2	0.05	50	950	1 ml
3	0.1	100	900	1 ml
4	0.15	150	850	1 ml
5	0.2	200	800	1 ml
6	0.3	300	700	1 ml
7	0.4	400	600	1 ml
8	0.5	500	500	1 ml
9	0.6	600	400	1 ml

Fuente: autor

12.3.4 Curva de calibración flavonoides



12.4 Tabla de análisis bromatológico proximal en base fresca (BF).

Tabla 19. Resultados del análisis bromatológico proximal en base fresca (BF) y su comparación con la literatura.

Análisis proximal	Base fresca (BF)	Literatura.	Autor
Carbohidratos	4.1286	3.043	
Cenizas	0.8882	0.651	(Duran Barón,
Fibra cruda	0.5509	0.657	Villegas, & Nieves,
Proteína	0.4774	0.506	2017)
Humedad	93.75±0.07	95.707	
Extracto etéreo	0.1957	0.013	

Obtenidos en triplicado de cada una de ellas.

13. ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA

ABS: Absorbancia.

ABTS: Ácido 2,2-azino-bis 3 etilbenzotiazolin-6-sulfónico ácido-2NH₄.

AG: Ácido gálico.

AlCl₃: Cloruro de aluminio.

AOAC: Asociación de químicos analíticos oficiales.

BH: Base húmeda.

BF: Base fresca.

BS: Base seca.

C: Carbono.

cm: Centímetros.

conc: Concentración.

ETOH: Etanol.

C₇H₆O₅: Ácido gálico.

CH₃OH: Metanol.

(C₂H₅)₂₀: Etanol.

CuSO₄: Sulfato de cobre.

DPPH: 2,2-difenil-1-picril hidrazilo.

EQ: Equivalente de quercetina

EGA: Equivalente al ácido gálico.

ENSANUT: Encuesta nacional de salud y nutrición.

Eq: Equivalente.

Gr: Gramos.

Hrs: Horas.

Ha: Hectárea.

H: Ácido clorhídrico.

HgO: Oxido de mercurio.

H₂O: Agua.

H₂O₂: Peróxido de hidrógeno.

H₂SO₄: Ácido sulfúrico.

H₃BO₃: Ácido bórico.
Kcal: Kilocalorías.
K₂SO₄: Sulfato de potasio.
K₂S₂O₈: Persulfato de potasio.
L: Litros.
Iida: Laboratorio de investigación y desarrollo de alimentos.
mg: Miligramos.
min: Minutos.
ml: Mililitros.
mM: Milimolar.
N: Nitrógeno.
NaOH: Hidróxido de sodio.
Na₂CO₃: Carbonato de sodio.
Na₂S₂O₃: Tiosulfato de sodio.
NaNO₂: Nitrato de sodio.
nm: Nanómetro.
NO: Oxígeno nítrico.
O: Oxígeno.
O₂: Anión superóxido.
(OH)[•]: Radical hidroxilo.
OMS: Organización mundial de la salud.
RL: Radical libre.
S: Azufre.
SEDER: Secretaría de agricultura y desarrollo rural.
SNC: Sistema nervioso central.
TMAC: Tasa media anual de crecimiento.
T°: Temperatura.
Ton: Tonelada.
Vol: Volumen.
µg: Microgramo.

μ l: Microlitro.

$^{\circ}$ C: Grado Celsius.

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Abiu Ramirez Sanchez', written in a cursive style with a long horizontal stroke at the end.