



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE QUÍMICA**

***PANORAMA GENERAL DE LOS COMPUESTOS BIOACTIVOS DE LA MANZANA  
(Malus domestica) Y SU IMPACTO EN LA SALUD HUMANA***

***TRABAJO MONOGRÁFICO DE ACTUALIZACIÓN***

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
QUÍMICA DE ALIMENTOS**

**PRESENTA**

**CLAUDIA NICTÉ LÓPEZ GALINDO**



**CD.MX.**

**AÑO 2017**

---



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**JURADO ASIGNADO:**

**PRESIDENTE:** Profesora: LUCIA CORNEJO BARRERA

**VOCAL:** Profesor: JUAN DIEGO ORTIZ PALMA

**SECRETARIO:** Profesora: ARGELIA SANCHEZ CHINCHILLAS

**1er. SUPLENTE:** Profesora: SANDRA TERESITA RIOS DIAZ

**2° SUPLENTE:** Profesora: TANIA GOMEZ SIERRA

**SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA: CENTROS DE INFORMACIÓN  
BIBLIOGRÁFICA DE CIUDAD UNIVERSITARIA**

**ASESOR DEL TEMA: M. EN C. LUCIA CORNEJO BARRERA**

**SUSTENTANTE: CLAUDIA NICTÉ LÓPEZ GALINDO**

---



## Contenido

	Página
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. OBJETIVO GENERAL .....	2
3. DESARROLLO DEL TEMA .....	3
3.1 Descripción y origen .....	3
3.2. Clasificación.....	4
3.3. Producción .....	7
Mundial.....	7
Nacional .....	8
3.4. Química .....	12
3.4.1 Composición nutricional.....	12
3.4.2 Compuestos bioactivos.....	14
3.4.2.1 <i>Compuestos fenólicos</i> .....	16
<i>Ácido Cafeíco</i> .....	24
<i>Ácido p-cumarico</i> .....	24
<i>Ácido Clorogénico</i> .....	25
<i>Ácido Ferúlico</i> .....	26
<i>Flavonoides</i> .....	27
<i>Flavonoides que se encuentran en la manzana</i> .....	29
<i>Quercetina</i> .....	31
Procianidina.....	32
Catequina.....	33
Epigallocatequina galato (EGCG).....	34
3.4.2.2 Terpenos .....	35
Carotenos .....	35
Ácido Ursólico .....	37
3.4.2.3 Ácidos orgánicos.....	38
Cítrico .....	38
Málico .....	39
3.5 Estudios de la importancia del consumo en la salud .....	40

---

3.6 Usos de la manzana.....	41
4. TRABAJOS CIENTÍFICOS .....	42
5. DISCUSIÓN.....	46
6. CONCLUSIONES.....	49
7. BIBLIOGRAFÍA.....	51

---

## 1. INTRODUCCIÓN

El manzano (*Malus domestica*) pertenece a la familia Rosácea, la cual incluye más de 2000 especies de plantas herbáceas, arbustos y árboles distribuidos en regiones templadas de todo el mundo. Originario de las zonas frías de Europa y Asia. Su fisiología consta de; estambres, sépalos, pedúnculo, piel, pulpa, corazón y semilla.

Desde el punto de vista de su composición la manzana aporta 85% de agua, 2% de fibra dietética (celulosa y pectinas), 11% de azúcares principalmente fructosa y en menor proporción glucosa y sacarosa. Es fuente de vitamina C, E,  $\beta$ -carotenos, así como potasio y magnesio. En la piel de la manzana están presentes compuestos bioactivos como: polifenoles, (quercetina, flavonoides, epicatequina, ácido clorogénico, floretina, catequinas, procianidinas, ácido ferúlico, ácido gálico, ácido elágico, entre otros). Hoy se sabe la importancia que tienen estos compuestos bioactivos en la salud humana. Se ha demostrado que los compuestos fenólicos tiene una alta actividad antioxidante y disminuyen el daño en el ADN que está asociado con la iniciación tumoral. Se ha demostrado que el consumo de manzanas puede prevenir el desarrollo de infarto, ayuda al miocardio y enfermedades cerebro vascular y ciertos tipos de cáncer disminuyendo las lipoproteínas de baja densidad, y esto está directamente correlacionado con el contenido de fenoles, catequinas y procianidinas. La fibra dietética en el sistema digestivo tiene la capacidad de retener agua dentro de la matriz formando heces más sólidas, al aumentar la viscosidad, disminuye la absorción de glucosa y colesterol, se comporta como probiótico y evita el cáncer de colón.

En este trabajo se presenta una revisión bibliográfica de algunos estudios que se han realizado con respecto a la manzana y sus principales componentes bioactivos que aportan un beneficio a la salud humana.

## 2. OBJETIVO GENERAL

Realizar una revisión bibliográfica de la información científica que avala la relevancia del consumo de manzana por su contenido de compuestos bioactivos y los efectos en la salud.



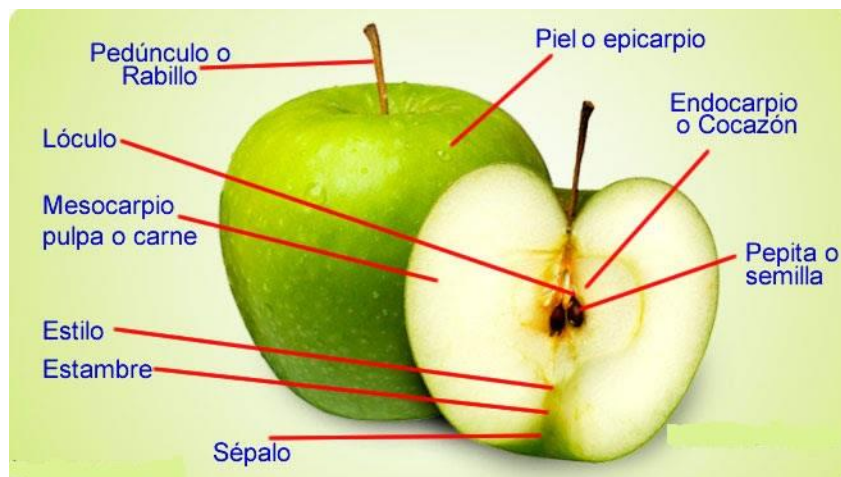
### 3. DESARROLLO DEL TEMA

#### 3.1 Descripción y origen

La manzana se considera como una fruta perteneciente a la familia *Rosaceae* y subfamilia pomácea comestible obtenida del manzano doméstico (*Malus domestica* Bork), de forma, tamaño, color y olor característicos de acuerdo con la variedad (NMX-FF-061-SCFI-2003).

Este fruto, es un “pomo”, un fruto carnosos que contiene varias semillas llamadas pepitas, las que se hallan en el interior de un endocarpio membranoso

**ILUSTRACIÓN 1.** La zona externa del fruto, la que ocupa el mayor volumen y constituye la parte comestible proviene del desarrollo del receptáculo. La parte interna del fruto junto con las semillas a la que se llama corazón constituye el fruto propiamente dicho, ya que se deriva de las paredes del ovario (Calderón 1997). El color de la epidermis del fruto es variable (verde, amarilla, roja, atigrada, entre otros.) siendo casi siempre brillante y lisa (Domínguez, 2008).



**Ilustración 1. MORFOLOGÍA DE LA MANZANA** (<http://lamanzana.xyz>; 2017)

Es una fruta que crece del árbol del “Manzano” **ILUSTRACIÓN.2**, los cuales se adaptan bien en climas con temperaturas cercanas a la de congelación. Es un

árbol caducifolio distribuido sobre todo por las regiones templadas (Hui y col. 2006).



**Ilustración 2. ÁRBOL DE MANZANA** (<http://arbolesfrutales.org/manzano>, 2017)

El manzano es originario de las zonas frías de Europa y Asia, fue cultivado desde tiempos muy remotos, posiblemente mucho antes de la era cristiana. Este frutal se cultiva en todas las regiones templadas y en las partes más altas y frías de los trópicos y subtropicos (Barahona 1998).

### **3.2. Clasificación**

Los criterios de clasificación de las frutas se basan de acuerdo a la naturaleza, perecibilidad, fisiología y categoría comercial (Rodríguez y Simón 2008). A partir de esta clasificación, encontramos que:

**Botánica:** se considera una fruta carnosa o también conocida como drupa, como la cereza, pera, durazno.

**Perecibilidad:** están en la categoría de semi-perecederos, que son aquellos que mediante un manejo adecuado pueden conservarse durante algunas semanas sin

mostrar deterioro apreciable como: ciruelas, coco, durazno, guayaba, piña, frutas cítricas (Parra y Hernandez, 2008).

Fisiología: (respiración durante la maduración) se les considera como frutos climatéricos, ya que presentan un incremento respiratorio temporal, el cual ocurre cuando la fruta alcanza su pleno desarrollo y tamaño y comienza la etapa de madurez. La maduración y senescencia están asociadas con el coincidente incremento de la producción de etileno. En este grupo se encuentran también: chabacano, guayaba, higo, kiwi, mango, melón, papaya, pera, plátano, zarzamora (Ulloa 2007).

Categoría comercial: en función de la norma de calidad o de comercialización. Por ejemplo la Norma Mexicana para los productos agrícolas no industrializados para consumo humano-fruta fresca- manzana, establece las categorías: “Extra”, “I” y “II” con base a los criterios como: la forma, el desarrollo, color, alteraciones de la pulpa o defectos en la epidermis (NMX.FF-061-SCFI-2003; Rodríguez y Simón, 2008).

Características físicas: las variedades de manzanas se agruparon según sus características generales en cinco grupos como se muestra en la tabla 1.

<p>Manzanas bicolors: presentan una coloración roja dominante sobre un fondo verde o amarillo.</p>	<p>Manzanas Amarillas del tipo Golden Delicious: El color de las manzanas va desde el amarillo verdoso al amarillo dorado y son de tamaño medio grande y alargadas.</p>	<p>Manzanas Rojas del tipo Red Delicious: Es de un color rojo oscuro, forma alargada y de tamaño medio a grande. Tiene cinco pequeñas protuberancias en la parte inferior de la manzana.</p>	<p>Manzanas verdes del tipo Granny Smith: son de color verde luminoso, aunque algunas pueden tener una piel rosada. Son crujientes, jugosas y ácidas.</p>	<p>Otras variedades</p>
<p>Ejemplos: Delbardestivale® Delcof, Sansa, Elstar, Gala, Jonagold, Braeburn, Fuji, Pink Lady® Cripp's Pink</p>	<p>Ejemplos: Golden Delicious, Ozark Gold</p>	<p>Ejemplos: Red Delicious, Clones de Delicious</p>	<p>Ejemplos: Granny Smith</p>	<p>Ejemplos: Rome Beauty, Yellow Newton Pippin</p>

Tabla 1. VARIEDADES DE MANZANA (INTA, 2017)

### 3.3. Producción

#### Mundial

La manzana es uno de los frutos más consumidos en el mundo. La gran cantidad de variedades existentes hacen que se encuentren al alcance del consumidor durante todo el año. Estas variedades representan la inmensa mayoría del comercio mundial de manzanas. A nivel mundial se producen aproximadamente 60 millones de toneladas de manzana al año en una superficie de 5.6 millones de hectáreas, siendo China el principal productor con más de 30 millones de toneladas, seguido de Estados Unidos de América con 4.5 millones **ILUSTRACIÓN 3** (FAO, 2017). Estos países aportan el 45% de la producción mundial, mientras que México aportó 589, 216 toneladas en el año 2010 (SIAP 2010). En la **Tabla 2. Producción Mundial de manzana**, se observa el desarrollo de la producción de manzana desde el 2007 al 2014 en los 15 principales países productores de manzana en el mundo.

El principal exportador de manzanas a México es EEUU con más de 10 millones de cajas.

**Cuadro.-** Principales 15 países productores de manzanas.

<b>País</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>
<b>China</b>	27,865,889	29,850,772	31,684,433	33,265,186	35,986,667	38,492,519	39,684,118	40,923,200
<b>EEUU</b>	4,122,880	4,369,591.00	4,402,069	4,214,599	4,275,113	4,110,051	4,081,608	5,185,078
<b>Polonia</b>	1,039,967	2,830,658	2,626,273	1,877,906	2,493,078	2,877,336	3,085,074	3,195,299
<b>India</b>	1,624,000	2,001,000	1,985,000	1,777,200	2,891,000	2,203,400	1,915,000	2,497,680
<b>Turquía</b>	2,457,845	2,504,490	2,782,365	2,600,000	2,680,075	2,889,000	3,128,450	2,480,444
<b>Italia</b>	2,230,191	2,210,100	2,325,653	2,204,972	2,411,201	1,991,312	2,216,963	2,473,608
<b>Chile</b>	1,400,000	1,504,101	1,330,617	1,624,242	1,588,347	1,625,000	1,709,589	1,757,225
<b>Irán</b>	2,660,000	2,718,775	2,000,000	1,662,430	1,842,972	1,700,000	1,693,370	1,572,844
<b>Rusia</b>	2,342,000	1,122,400	1,441,200	992	1,200,000	1,403,000	1,572,000	
<b>Francia</b>	2,143,670	1,701,752	1,803,370	1,788,433	1,857,349	1,384,852	1,737,482	1,531,625
<b>Brasil</b>	1,115,379	1,124,155	1,222,885	1,279,124	1,338,995	1,339,771	1,231,472	1,378,617
<b>Ucrania</b>	7,549	7,193	8,534	897	9,541	1,126,800	1,211,400	1,085,350
<b>Argentina</b>	1,000,000	950	950	1,050,000	1,043,512	947,486	1,245,018	1,012,390
<b>Uzbekistán</b>	5,025	585	635	712	769,363	855	937	965,000
<b>México</b>	505,078	511,988	561,493	584,655	630,533	375,045	858,608	716,865

**Tabla 2. PRODUCCIÓN MUNDIAL DE MANZANA (FAO, 2017)**

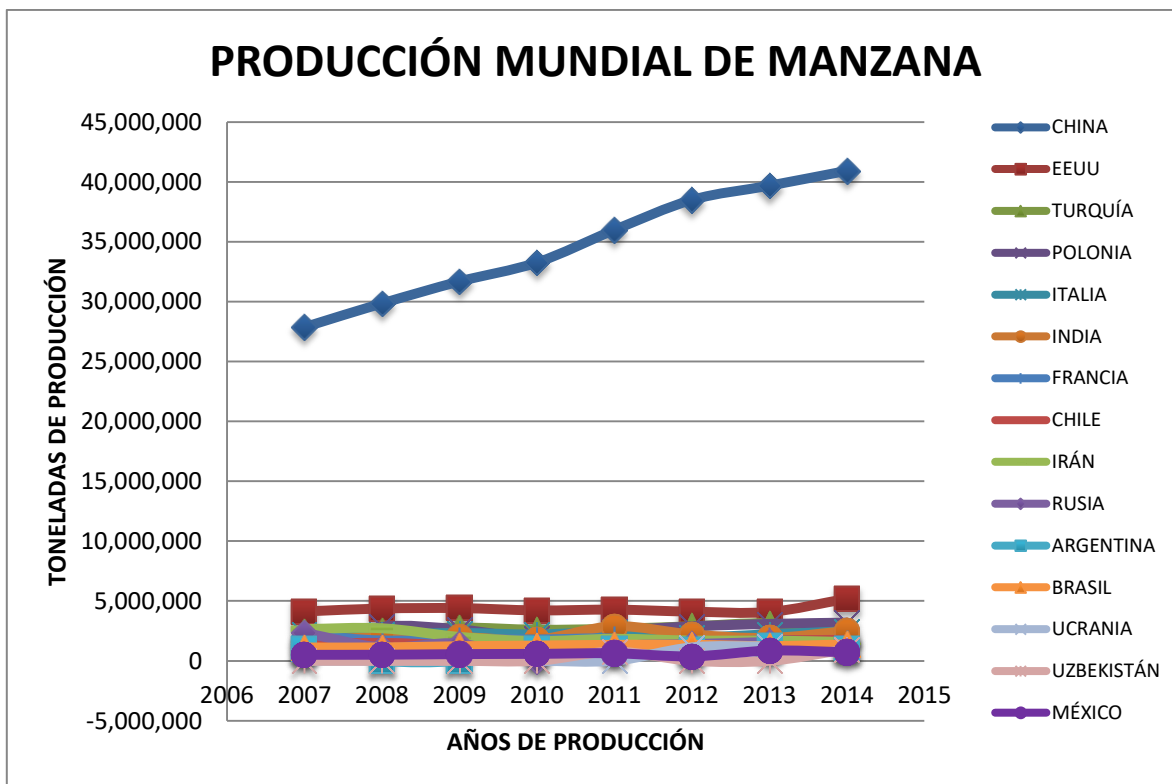


Ilustración 3. PRODUCCIÓN MUNDIAL DE MANZANA (FAO, 2017)

## Nacional

### VARIETADES CULTIVADAS EN MÉXICO

A nivel mundial existen más de 7,500 variedades de manzanas. Las diferentes variedades se distribuyen en climas templados o subtropicales ya que los manzanos no florecen en las zonas tropicales, pues es una de las especies frutales que requiere acumular mayor cantidad de horas de frío (temperaturas < 7° C) durante el reposo invernal.

Las variedades comerciales de manzana producidas en México se dividen en cuatro grupos de acuerdo a coloración:

1. Variedades rojas
2. Mixtas o parcialmente rojas

3. Amarillas

4. Verdes

Dentro de las que se pueden encontrar en estos cuatro grupos señalados a la Golden Delicious, Red Delicious, y las mutaciones de esta última, de las que destacan la Starking y la Starkinson (Diario Oficial de la Federación, 2010).

La producción de manzanas en este país es importante aunque generalmente las plantaciones presentan a veces problemas de disponibilidad de agua (INTA 2016).

En la producción agrícola de manzana se emplean dos modalidades:: el sistema de riego y sistema de temporal. La producción agrícola de manzana con base al sistema de riego en México es el más rentable, según datos recopilados por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP-SAGARPA, 2011).

En la **Tabla 3.México - Zonas productoras y superficie (ha)**. Se muestran los estados principales en la producción de manzana nacional observando que Chihuahua es el número uno con 26,666 hectáreas para la producción.

<b>ESTADO</b>	<b>SUPERFICIE (ha)</b>
<b>Chihuahua</b>	26,666
<b>Durango</b>	10,890
<b>Puebla</b>	8,500
<b>Coahuila</b>	7,028
<b>Nuevo León</b>	1,959
<b>Chiapas</b>	1,241
<b>Zacatecas</b>	1,206
<b>Hidalgo</b>	1,003
<b>Veracruz</b>	875
<b>Oaxaca</b>	703
<b>Resto</b>	1480

**Tabla 3.MÉXICO – ZONAS PRODUCTORAS DE MANZANA Y SUPERFICIE DE COSECHA (SIAP-SAGARPA, 2011)**



**Ilustración 4. PRODUCCIÓN NACIONAL DE MANZANA 2016 (SIAP-SAGARPA 2016)**

La manzana se produce en la región norte- centro del país; el estado de Chihuahua produce la mejor manzana a nivel nacional, **ILUSTRACIÓN4**, incluso se le ha llegado a considerar como la mejor en sabor a nivel mundial; ocupa el primer lugar en estados productores de manzana en México, en las variedades de Golden Delicious, Red Delicious; Rome Beauty y el restante de Oregonspur, Starking, Starkinson y criollas.

La producción de manzana en nuestro país se encuentra claramente concentrada en los estados del norte, en particular Chihuahua y Durango, que en conjunto aportan el 88% de la producción nacional.

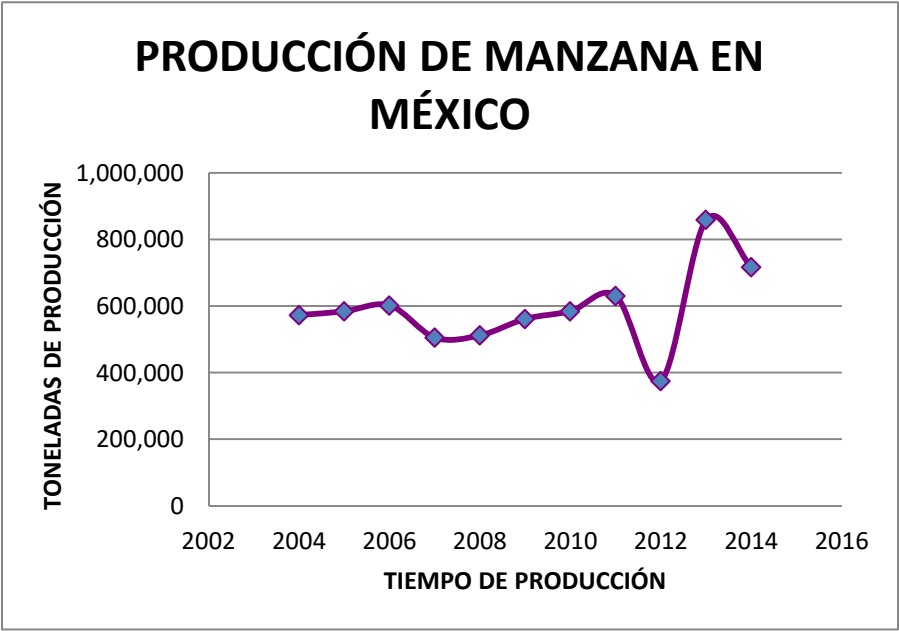
Se distingue de manera sobresaliente el estado de Chihuahua tanto por el rendimiento que reporta como por aportar más de las dos terceras partes de la producción nacional.

En segundo lugar se encuentra Durango con una participación del 6% seguido del estado de Puebla con un 5% de la producción total.



La manzana se produce en otros 16 estados (Coahuila, Hidalgo, Nuevo León, Queretaro, etc.) pero con una mínima participación y la producción está orientada fundamentalmente a satisfacer la demanda local.

A lo largo de 10 años la producción de manzana en nuestro país ha sufrido altas y bajas como se muestra en la **ILUSTRACIÓN 5**. Producción Anual de manzana.



**Ilustración 5. PRODUCCIÓN ANUAL DE MANZANA. (FAO, 2017)**

En 2012, se presentó una fuerte caída en la producción de manzana comparada con la producción de años pasados, llegando a sólo 375 mil toneladas. Todo indica que esa caída en la producción se debió a fenómenos climatológicos que afectaron las zonas de producción de dicha fruta, según la SIAP-SAGARPA en 2013 la producción tuvo un repunte en la producción de manzana, obteniendo así un máximo histórico.

## 3.4. Química

### 3.4.1 Composición nutrimental

La composición química de las frutas depende en gran medida de la localidad de cultivo, variedad, madurez de cosecha, agronomía y condiciones del medio ambiente (Hui y col, 2006; Gil y Ruiz, 2010).

Desde el punto de vista nutrimental, la manzana es una de las frutas más completas y enriquecedoras en la dieta. Un 85% de su composición es agua, por lo que resulta muy refrescante e hidratante. Los azúcares, fructosa principalmente y en menor proporción glucosa y sacarosa, de rápida asimilación en el organismo, son los nutrimentos más abundantes después del agua. Es fuente de vitamina E o tocoferol y aporta una escasa cantidad de vitamina C. Es rica en pectina, fibra abundante tanto soluble como insoluble, siendo esta última la más abundante, y que hace de este alimento un eficaz regulador de enfermedades del intestino grueso (estreñimiento/diarrea). La fibra soluble (pectina), tiene por su parte, actividad hipocolesterolémica., que mejora el tránsito intestinal. Entre su contenido de nutrimentos inorgánicos sobresale el potasio y es baja en sodio. El potasio, es un mineral necesario para la transmisión y generación de impulso nervioso y para la actividad muscular normal, interviene en el equilibrio de agua dentro y fuera de la célula (Consumer, 2009). En la **Tabla 4** se muestra la **composición de la manzana fresca**, y la recomendación al día para hombres y mujeres, así como algunos **compuestos bioactivos en la ilustración 6**.

	Por 100 g de porción comestible	Por unidad mediana (200 g)	Recomendaciones día-hombres	Recomendaciones día-mujeres
Energía (kcal)	53	89	3	2,3
Agua (g)	85,7	144	2,5	2
Proteínas (g)	0,3	0,5	54	41
Lípidos totales (g)	Tr	Tr	100-117	77-89
Hidratos de carbono (g)	12	20,2	375-413	288-316
Fibra (g)	2	3,4	>35	>25
Calcio (mg)	6	10,1	1	1
Hierro (mg)	0,4	0,7	10	18
Yodo (µg)	2	3,4	140	110
Magnesio (mg)	5	8,4	350	330
Zinc (mg)	0,1	0,2	15	15
Sodio (mg)	2	3,4	<2,0	<2,0
Potasio (mg)	120	202	3,5	3,5
Fósforo (mg)	8	13,4	700	700
Selenio (µg)	Tr	Tr	70	55
Tiamina (mg)	0,04	0,07	1,2	0,9
Riboflavina (mg)	0,02	0,03	1,8	1,4
Equivalentes niacina (mg)	0,2	0,3	20	15
Vitamina B <sub>6</sub> (mg)	0,03	0,05	1,8	1,6
Folatos (µg)	5	8,4	400	400
Vitamina C (mg)	10	16,8	60	60
Vitamina A: Eq. Retinol (µg)	4	6,7	1	800
Vitamina E (mg)	0,2	0,3	12	12

Tabla 4. TABLA DE COMPOSICIÓN DE ALIMENTOS. INGESTAS RECOMENDADAS/DÍA PARA HOMBRES Y MUJERES DE 20 A 39 AÑOS CON UNA ACTIVIDAD FÍSICA MODERADA. CONSENSO DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE NUTRICIÓN COMUNITARIA, 2011. INGESTAS DIETÉTICA DE REFERENCIA (EFSA, 2010). TR: T TRAZAS. 0: VIRTUALMENTE AUSENTE EN EL ALIMENTO. (MOREIRAS Y COL., 2013).

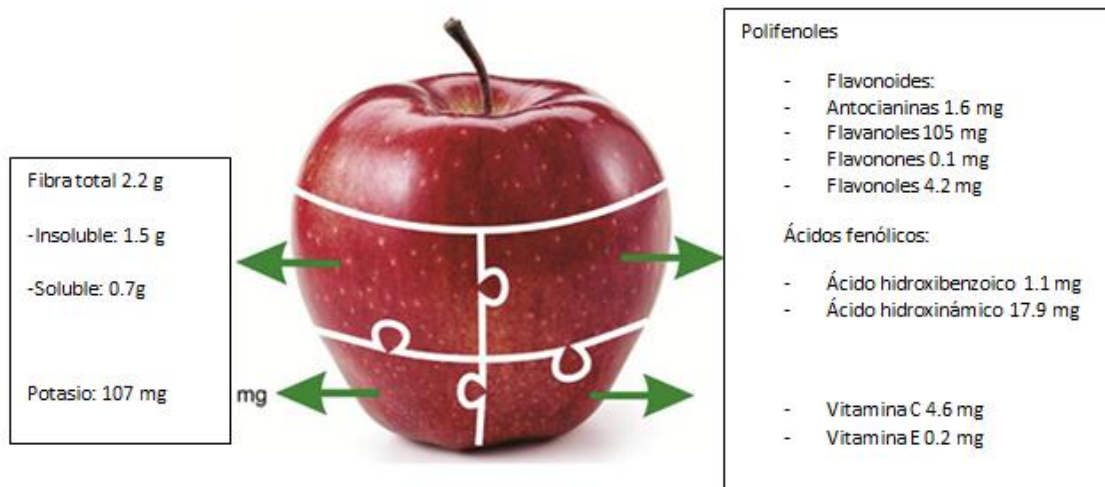


Ilustración 6. ALGUNOS COMPUESTOS BIOACTIVOS. (BONONO, 2017).

En esta revisión se hablará solo de algunos grupos bioactivos presentes en la manzana en mayor cantidad.

### 3.4.2 Compuestos bioactivos

El Instituto Nacional de Nutrición (NIH) menciona que los fitoquímicos bioactivos como los polifenoles, carotenoides y lípidos funcionales son aquellos componentes en los alimentos o en suplementos alimenticios que no satisfacen las necesidades humanas alimenticias básicas (proteínas, hidratos de carbono, etc.) y son responsables de cambios en el estado de salud (Hall y Zhao, 2011).

Recientes trabajos de investigación científica han permitido clasificar los compuestos bioactivos presentes en los alimentos en grupos según, las funciones de protección biológica que ejercen y sus características físicas y químicas. Esta clasificación se muestra en la **Tabla 5**.

CATEGORIA	SUBCLASES	
<p>TERPENOS: A esta familia pertenecen los carotenoides y los limonoides</p>	<p>Carotenoides: incluyen dos tipos distintos de moléculas, carotenos y xantofilas.</p>	<p>Carotenos: como <math>\alpha</math>, <math>\beta</math> caroteno y licopeno.</p>
		<p>Xantofilas: como la zeaxantina, cantaxantina y la criptoxantina.</p>
	<p>Limonoides</p>	<p>d-limoneno, pineno, eucalipto.</p>
<p>COMPUESTOS FENÓLICOS: Incluye a los flavonoides y sus subgrupos las antocianidinas, las catequinas, los ácidos galicos y las Isoflavonas.</p>	<p>Flavonoides</p>	<p>Flavonas, Isoflavonas: Geristeina y daidzeina.</p>
		<p>Antocianidinas, conocidas como flavanoles.</p>
		<p>Catequinas y ácido gálico</p>
<p>TIOLES: Esta clase contiene azufre</p>	<p>Glucosinolatos</p>	<p>Incluyen los isocianatos y el sulfurafano.</p>

	Sulfidos Alilicos: son liberados cuando la planta es cortada.
	Indoles: compuestos nitrogenados.

Tabla 5. CLASIFICACIÓN DE COMUESTOS BIOACTIVOS (SAINZ T., 2006)

Estos compuestos ejercen efectos biológicos que modulan funciones terapéuticas en el cuerpo que resultan benéficas para la salud. En ciertos casos, dichos componentes han sido distribuidos comercialmente como productos nutraceúticos; estos se caracterizan por ser suplementos dietéticos bioactivos benéficos para la salud que se ingieren en forma concentrada en píldoras, pastillas, cápsulas o tónicos. En la industria farmacéutica, los alimentos funcionales de origen vegetal representan una fuente potencial de componentes bioactivos para el desarrollo de fármacos inocuos y altamente eficaces (Serrano y col, 2006).

La mayoría de los fitoquímicos poseen actividad antioxidante. Se ha postulado que estos pueden ejercer un efecto *in vivo* como compuestos individuales ejerciendo su propiedad antioxidante al neutralizar oxígeno reactivo o compuestos reactivos de nitrógeno y contribuyen a la defensa antioxidante del cuerpo, y por lo tanto induciendo longevidad, manutención de las células y reparación del ADN (Pallardy, 2008).

#### 3.4.2.1 Compuestos fenólicos

Los dos grupos principales en los que se dividen los compuestos fenólicos son: flavonoides y ácidos fenólicos.

Químicamente los fenoles pueden ser definidos como compuestos que poseen un anillo aromático con uno o más grupos hidroxilo, incluyendo a sus derivados funcionales (Aprikian, 2003).

Las plantas y alimentos contienen una amplia variedad de derivados fenólicos incluyendo fenoles simples, fenilpropanoides, derivados del ácido benzoico, flavonoides estilbenos, taninos, lignanos y ligninas; además los fenoles unidos a una cadena larga de ácidos carboxílicos son compuestos de la suberina y de la cutina; estas sustancias son esenciales para el crecimiento y la reproducción de plantas. Dentro de otras propiedades que se les confiere a los fenoles son la función de antibiótico, uso como pesticida natural, agentes protectores de rayos UV y aislantes en las paredes celulares (Shahidi y Naczk, 2004).

Los compuestos fenólicos poseen importancia por su influencia en el sabor de las frutas. La condensación de los catecoles a taninos provoca la aparición de un sabor amargo y astringente, el cual es característico por ejemplo de las manzanas inmaduras.

Representan un componente abundante de antioxidantes en la dieta humana. El interés en los posibles beneficios a la salud ha incrementado debido a las correspondientes capacidades antioxidantes. La actividad antioxidante de los polifenoles se ha relacionado con su capacidad para prevenir falla cardiaca, aterosclerosis, enfermedad cardiovascular y neoplasias (Serrano y col, 2006).

La cáscara de la manzana contiene considerablemente más polifenoles que la pulpa, atribuida al papel defensivo de la piel en la protección de la fruta de la luz UV dañina y patógenos invasores (Frankel, 1995). Los polifenoles que se encuentran típicamente en la cáscara de la manzana son los flavonoides (como las procianidinas, la catequina, la epi-catequina, la floridzina y los glicósidos de quercetina), los ácidos hidroxibenzoico y los ácidos hidroxicinámicos (como el ácido clorogénico) (Porrás, 2009). En la **Ilustración 7** se observan estos compuestos presentes en la manzana. Estos compuestos se encuentran en concentraciones mucho más bajas en la pulpa de manzana, excepto en el caso del ácido clorogénico, que tiende a ser más alto en la pulpa que en la cáscara. Los glicósidos de quercetina se encuentran casi exclusivamente en la cáscara de la manzana. Las cantidades de éstas difieren sustancialmente entre las variedades y

son afectadas por la región geográfica, la estación de crecimiento y el almacenamiento. Hay un aumento significativo en el contenido de quercetina en la piel de las manzanas expuestas a la luz solar, sin embargo los niveles de catequinas, cloridina y ácido clorogénico son en gran medida independientes de la exposición a la luz (Faraa, 1999). La **Tabla 6** muestra la sub clase de los compuestos fenólicos que se encuentran en la manzana.



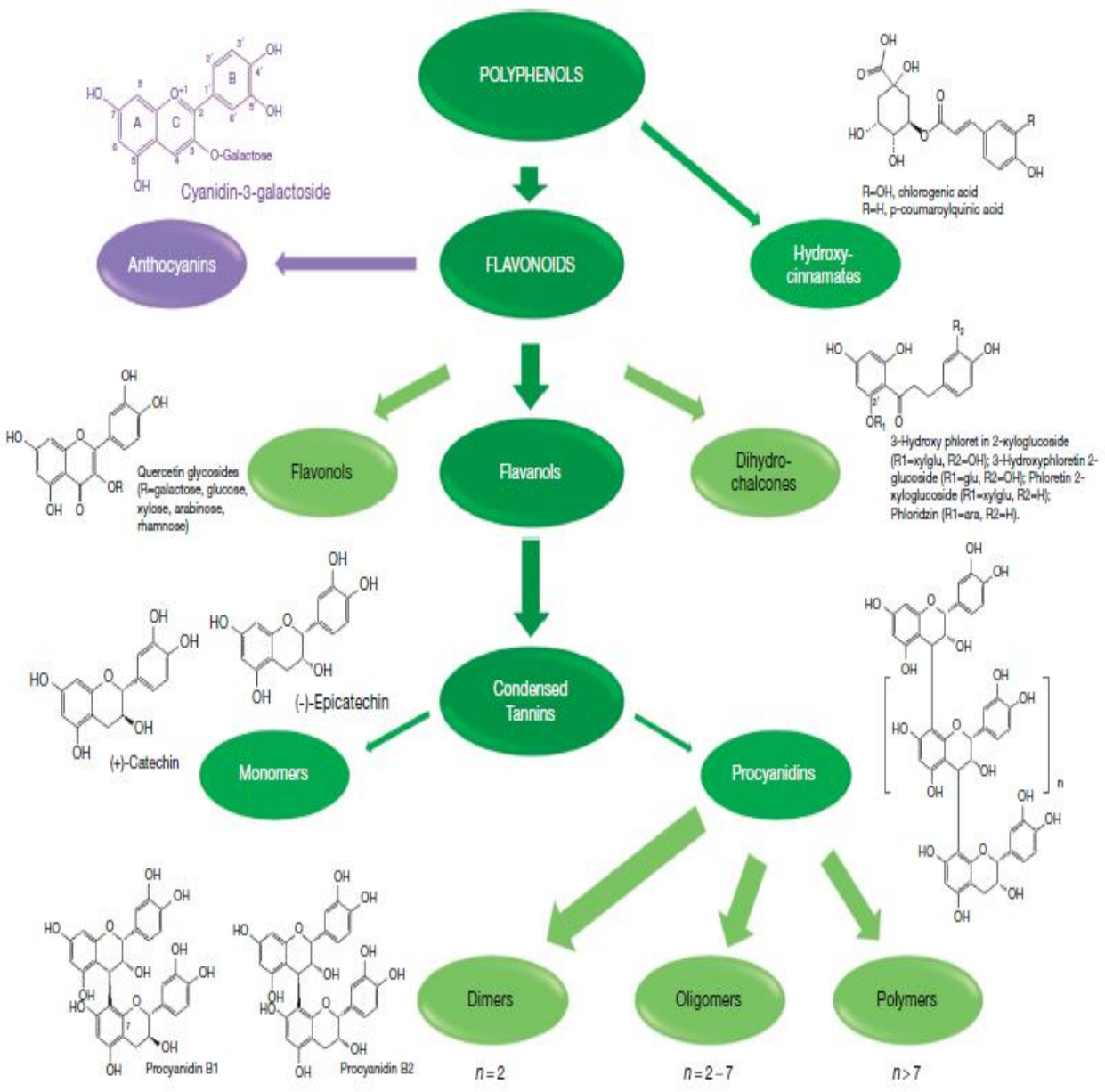


Ilustración 7. COMPUESTOS FENÓLICOS PRESENTES EN LA MANZANA (Tsao, 2016)

<b>Subclase de polifenol</b>	<b>Fenol</b>	<b>mg/100 g</b>	<b>USDA Base de datos</b>	<b>mg/100 g</b>
Antocianinas	Cianidina 3-O-arabinósido	0.06	Cianidina	1.57
	Cianidina 3-O-galactósido	0.81		
	Cianidina 3-O-xilósido	0.06		
			Peonidina	0.02
Dihidrochalconas	3-Hidroxifloretina 2 <sup>o</sup> -O-glucósido	0.11		
	Floretina 2 <sup>o</sup> -O-xilosilglucósido	2.58		
	Floridzina	2.69		
Flavanoles	Catequina	1.22		1.3
	Epicatequina	8.37	Epicatequina	7.53
			Epicatequina 3-galato	0.01
			Epigalocatequina	0.26
	Procianidina dimero B2	14.56	Epigalocatequina 3-galato	0.19
			dimero de proantocianidina	10.99
			polimeros de proantocianidina	84.76a
Flavones			Luteolina	0.12

Continuación Tabla 6.

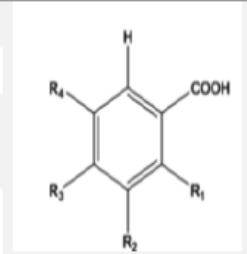
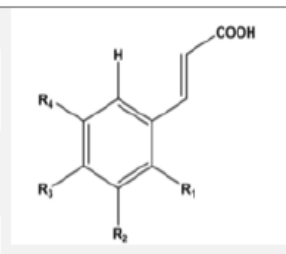
Subclase de polifenol	Fenol	mg/100 g	USDA Base de datos	mg/100 g
Flavonoles	Quercetina	0.13	Quercetina	4.01
	Quercetina 3-O-arabinósido	1.4		
	Quercetina 3-O-galactósido	2.36		
	Quercetina 3-O-glucósido	0.64		
	Quercetina 3-O-ramnósido	1.33		
	Quercetina 3-O-rutinósido	0.22		
	Quercetina 3-O-xilósido	0.78		
			Kaempferol	0.14
Ácido Hidroxibenzoico	Ácido Gentísico	0.22		
	Ácido Siríngico	0.9		
Ácidos Hidroxicinnamicos	Ácido 4-Cafeilquínico	0.54		
	Ácido 4- <i>p</i> -coumaroilquínico	2.25		
	Ácido 5-Cafeilquínico	13.37		
	Ácido 5- <i>p</i> -Coumaroilquínico	1.05		
	Ácido Cafeico	0.33		
	Ácido Ferúlico	0.07		
	Ácido <i>p</i> -cumárico	0.27		

Tabla 6. El contenido de polifenoles de la manzana entera, cruda (*Malus domestica*) de acuerdo con Phenol Explorer y las bases de datos USDA Flavonoid y Proanthocyanidin. (BONDONNO 2017).

## Ácidos fenólicos

Las propiedades antioxidantes de la manzana, se deben principalmente al gran contenido de compuestos fenólicos presentes en ella, ya que estos actúan retardando o previniendo la oxidación de las células. La oxidación es una reacción en la que hay transferencia de electrones de una sustancia a un agente oxidante. Las reacciones de oxidación pueden producir radicales libres que comienzan reacciones en cadena que dañan las células. Los antioxidantes terminan estas reacciones quitando intermediarios del radical libre e inhiben otras reacciones de oxidación, oxidándose ellos mismos. Debido a esto es que los antioxidantes son a menudo agentes reductores tales como tioles o polifenoles (Fennema, 1992)

Estos ácidos orgánicos contienen dos estructuras distintivas de carbono: las estructuras hidroxicinámicas e hidroxibenzoicas. **Ilustración 8 Estructura de los ácidos fenólicos más frecuentes en la naturaleza.**

Ácidos hidroxibenzoicos						Ácidos hidroxicinámicos					
Nombre	R1	R2	R3	R4		Nombre	R1	R2	R3	R4	
Ácido benzoico	H	H	H	H	Ácido cinámico	H	H	H	H		
Ácido p-Hidroxibenzoico	H	H	OH	H	Ácido o-cumarico	OH	H	H	H		
Ácido vainillínico	H	OCH <sub>3</sub>	OH	H	Ácido m-cumarico	H	OH	H	H		
Ácido gálico	H	OH	OH	OH	Ácido p-cumarico	H	H	OH	H		
Ácido protocatecuico	H	OH	OH	H	Ácido ferúlico	H	OCH <sub>3</sub>	OH	H		
Ácido siringico	H	OCH <sub>3</sub>	OH	OCH <sub>3</sub>	Ácido sináptico	H	OCH <sub>3</sub>	OH	OCH <sub>3</sub>		
Ácido gentísico	OH	H	H	OH	Ácido caféico	H	OH	OH	H		
Ácido verátrico	H	OCH <sub>3</sub>	OCH <sub>3</sub>	H							
Ácido salicílico	OH	H	H	H							

**Ilustración 8. ESTRUCTURA DE LOS ÁCIDOS FENÓLICOS MÁS FRECUENTES EN LA NATURALEZA.**

Los Ácidos fenólicos presentes en la manzana son: Ácido Cumárico, Ácido Ferúlico, Ácido Caféico y Ácido Clorogénico.

La actividad antioxidante de estos compuestos depende de la posición en la que se encuentran los grupos hidroxilos **ILUSTRACIÓN 9** , por ejemplo: el ácido cinámico tiene un excelente poder antioxidante y se encuentra en las uvas, vino rojo y en frutas cítricas. Los ácidos caféico y clorogénico también tienen una actividad antioxidante significativa (Coultate y Biall, 1984).

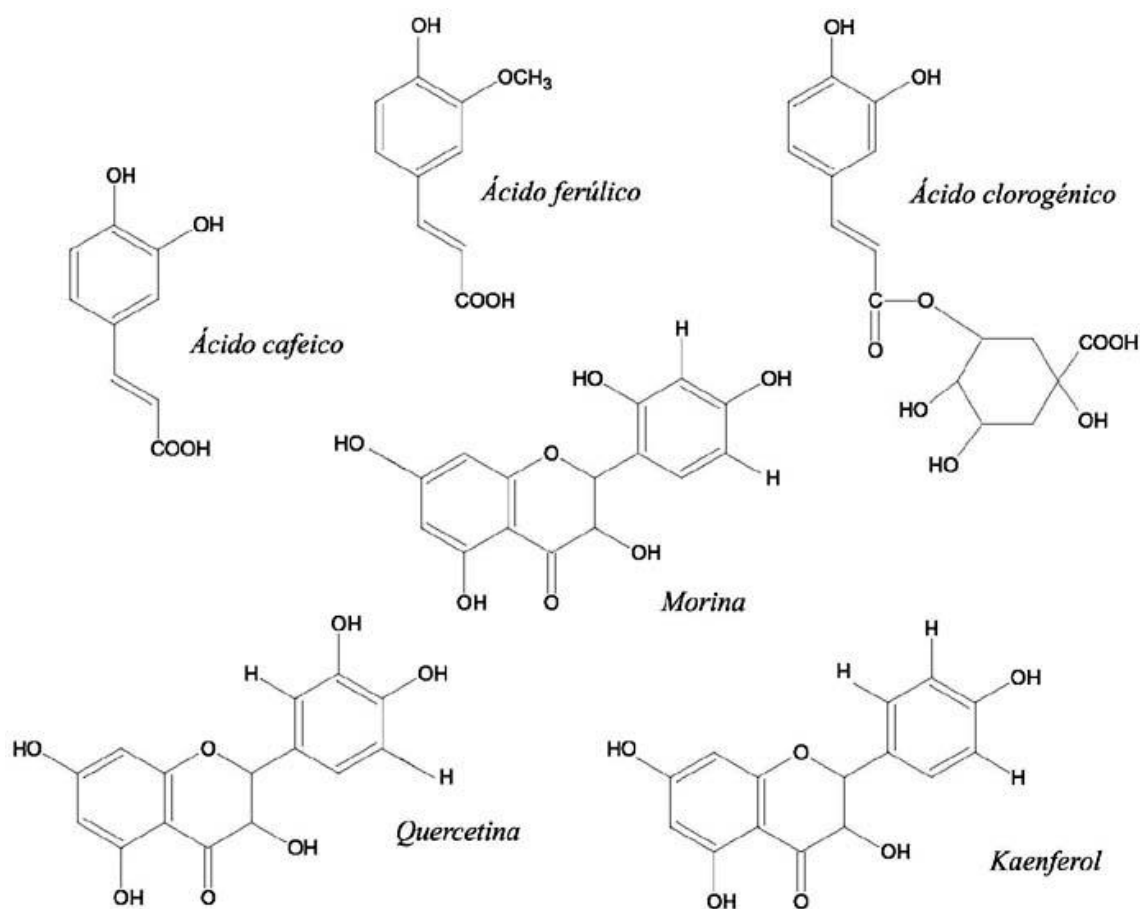
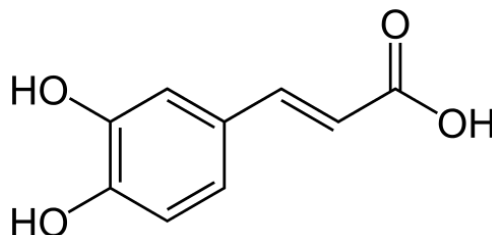


Ilustración 9. ALGUNOS COMPUESTOS FENÓLICOS PRESENTES EN LOS ALIMENTOS.

### Ácido Cafeíco

Se encuentra en todas las plantas debido a que es un intermediario clave en la biosíntesis de la lignina, una de las principales formas de biomasa (Boerjan, 2003).

Es un antioxidante *in vitro* y también *in vivo*. (Olthof MR, 2001.) También muestra actividad inmunomoduladora y antiinflamatoria. El ácido cafeico superó a los otros antioxidantes, reduciendo la producción de aflatoxinas en más del 95 por ciento. Los estudios son los primeros en mostrar que el estrés oxidativo que de otra manera habría provocado o mejorado la producción de aflatoxinas del *Aspergillus flavus*, puede ser obstaculizado por el ácido cafeico. **Ilustración 10. Estructura ácido cafeíco** (Olthof, 2001)



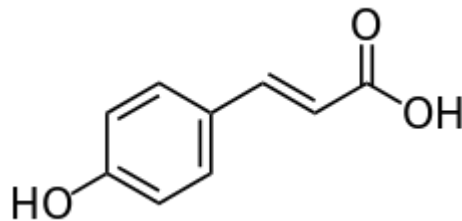
**Ilustración 10. ESTRUCTURA ÁCIDO CAFEÍCO.**

### Ácido *p*-cumárico

Es un compuesto orgánico que es un hidroxido derivado de ácido cinámico. Hay tres isómeros de ácido Cumárico: ácido *o*-cumárico, ácido *m*-cumárico y ácido *p*-cumárico el cual es el isómero más abundante de los tres en la naturaleza. El ácido *p*-cumárico existe en dos formas: ácido *trans-p*-cumárico y ácido *cis-p*-cumárico.

Se puede encontrar en una amplia variedad de plantas comestibles como el maní, habichuelas blancas, tomates, zanahorias y ajo. También se encuentra en el vino y en el vinagre de vino (Gálvez y Carrero; 1994). También es posible encontrarlo en el grano de cebada grano.

El ácido-p-cumárico es un constituyente del polen de la miel ( Mao W, 2013). « Los constituyentes de la miel regulan los genes de desintoxicación e inmunidad en la abeja melífera occidental *Apis mellifera* ». (Actas de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos de América) **Ilustración 11. Estructura ácido p-cumárico.**

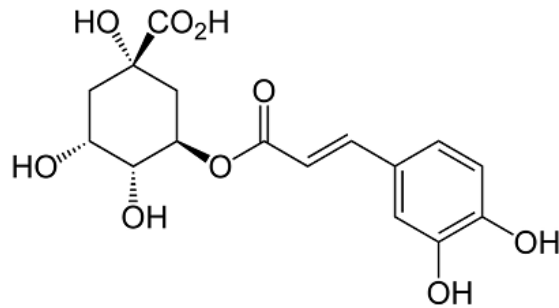


**Ilustración 117. ESTRUCTURA ÁCIDO p-CUMÁRICO.**

### *Ácido Clorogénico*

Juega el papel de responder al estrés del medio ambiente como por ejemplo, al desgarro de las hojas o de las flores o a los cortes que tengan lugar en la piel de la fruta. En general, la cantidad de este ácido presente en la mayoría de las plantas es muy pequeña como para afectar al ser humano cuando lo ingiere en la dieta, pero ocasionalmente se acumula en los frutos o en las semillas en cantidades suficientes como para mostrar un efecto fisiológico.

El ácido clorogénico regula el equilibrio de glucosa hepática y su concentración en el torrente sanguíneo, a través de la modulación de las enzimas: 6-glucosa fosfatasa y 6-gp transolcasa, responsables de la liberación de glucosa libre en el torrente sanguíneo. **Ilustración 12. Estructura clorogénico.** (Olthof, 2001)



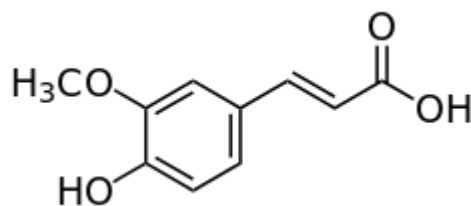
**Ilustración 12. ESTRUCTURA CLOROGÉNICO.**

### *Ácido Ferúlico*

Es el más abundante en la pared celular vegetal, este se encuentra enlazado covalentemente a polisacáridos, incluyendo glucoarabinosilanos (GAXs) y pectinas, a través de enlaces ésteres.

La función del ácido ferúlico y diferúlico en las plantas es otorgar rigidez en la estructura y resistencia a la degradación por parte de microorganismos.

El ácido ferúlico protege toda la estructura dérmica, donde se ubican el colágeno y la elastina, así como los capilares. **Ilustración 13. Estructura del ácido ferúlico.**



**Ilustración 13. ESTRUCTURA DEL ÁCIDO FERÚICO**



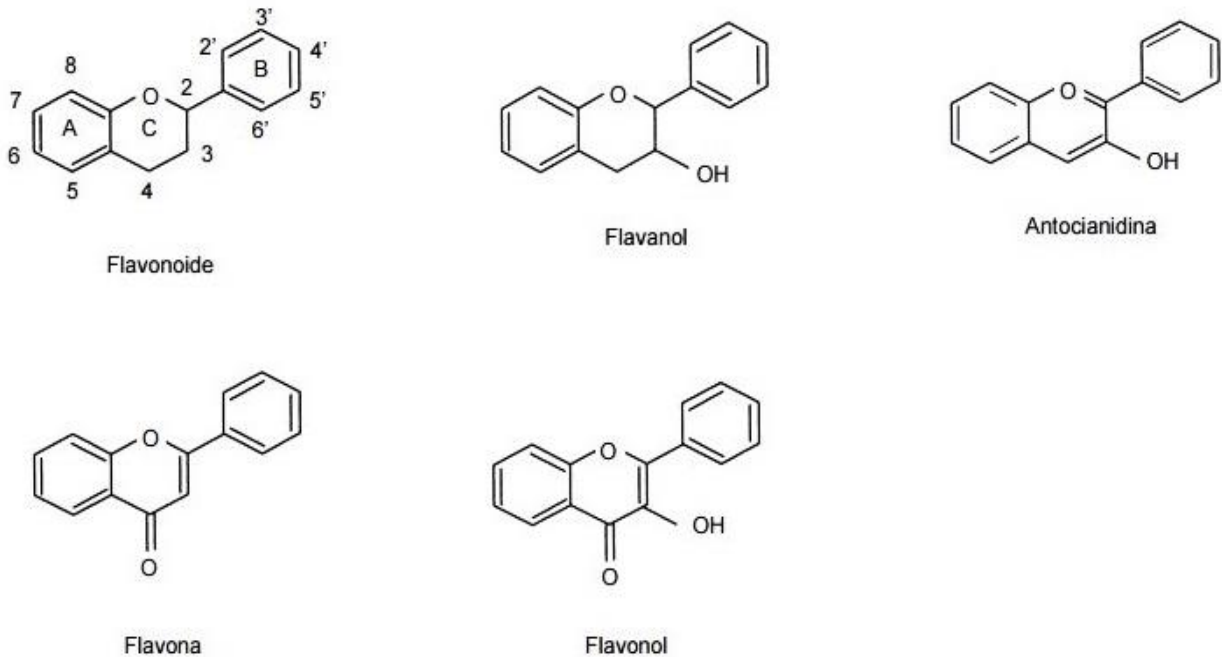
## *Flavonoides*

Otro grupo importante dentro de los compuestos fenólicos, son los flavonoides; flavonas, flavonoides y antocianinas se encuentran en las frutas, semillas, hojas, y otras partes de la planta.

Son compuestos de color amarillo pálido y rojos, que contribuyen de manera importante al color de los alimentos dependiendo de su concentración (Wong, 1995).

Las funciones de los flavonoides en las plantas se pueden resumir en tres grupos: papel de defensa, papel de señal química y efecto sobre las enzimas. Los flavonoides juegan un papel en la defensa de las plantas frente a agentes agresores externos. Entre estos agentes se puede mencionar la radiación UV de los rayos solares, los microorganismos tanto bacterias, como hongos e insectos y otros animales herbívoros, las otras plantas (efecto alelopático) y el entorno (medio ambiente agresivo). De hecho, el metabolismo fenólico se activa en las plantas a nivel de transcripción como una respuesta a diferentes condiciones de estrés tanto biótico como abiótico (Faraa, et al, 1999). Los flavonoides actúan como señales químicas o marcadores florales que sirven para guiar a las abejas y otros insectos polinizadores hacia el néctar, facilitando indirectamente la polinización (Peters, et al 1996).

Dada su capacidad de capturar radicales libres y de crear complejos con los iones metálicos, los flavonoides funcionan como antioxidantes primarios y son glicósidos formados por una aglucona. **ILUSTRACIÓN 14.**



**Ilustración 148. ESTRUCTURA DE LAS AGLUCONAS DE LOS FLAVONOIDES.**

Las principales son: flavonas (luteolina, quisina y apigenina), flavononas (naringina y hesperetina), isoflavonas (genisteína, genistina), flavonoles (quercetina, catequina, y epicatequina) y antocianidinas (cianidina, delphinidina, y malvidina). Las agluconas son más activas que los glucósidos, la diferencia que existe entre ellas es debido al grado de aromaticidad y su actividad es determinada por la posición y grado de hidrogenación del anillo. Las principales antocianinas presentes en la manzana cianidina-3-galactósido (cia-3-gal), cianidina-3-arabinósido (cia-3-ara) y cianidina-7-arabinósido (cia-7-ara).

Catecol, EPICATECOL y galocatecol; flavonoles presentes en la manzana: quercetol-3-galactósido (Que-3-gal), Quercetol-3-glucósido (Que-3-glc), quercetol-3-ramnósido-glucósido (Que-3-ram-glc), quercetol-3-xilósido (Que-3-xil) y quercetol-3-arabinósido (Que-3-ara) (Belitz, W Grosch, 1992).

Los flavonoides, como constituyentes de los alimentos, también tienen su importancia al contribuir a determinadas propiedades de estos, como son el color

(pigmentos antocianos), sabor (amargo de determinadas flavanonas y dulce de determinadas dihidrochalconas) y la astringencia (de los taninos catequínicos). Ellos también contribuyen a la estabilidad de los alimentos por sus propiedades inhibitorias de enzimas responsables del ablandamiento de algunos vegetales, y por su actividad antioxidante.

Poseen importancia nutricional por su factor vitamínico "P", y propiedades protectoras de los capilares y movilizadoras del colesterol, que previenen la aparición de accidentes cardiovasculares (Miller 1997, Benavente- García1997, Tomás-Barberán 1999). Relación estructura-actividad. La estructura de los flavonoides influye de manera decisiva en la actividad biológica que estos realizan. Las disposiciones estructurales que imparten la mayor actividad antioxidante son (Maully, 1998): la sustitución 3'4'orto dihidroxi en el anillo B (p.e catequinas, luteolina y quercetina). La disposición de grupos hidroxilos en posición meta en los carbonos 5 y 7 del anillo (p.e Kaemferol, apigenina y chrisina). El doble enlace entre los carbonos 2 y 3 en combinación con los grupos 4 ceto y 3 hidroxilo en el anillo C (p.e quercetina).

Dado que la manzana es una de las frutas que contiene flavonoides como un componente importante, a continuación se mencionan algunos antecedentes de los antioxidantes que se han encontrado en este fruto.

#### *Flavonoides que se encuentran en la manzana*

En estudios realizados con anterioridad a este fruto, la comparación entre cultivos de manzanas verdes y rojas, en diferentes estaciones y años, muestra que ambos cultivos presentan una composición similar, en el análisis se identificaron glicósidos de quercetina y proantocianidina, también hay datos de la biosíntesis de glicósidos de cianidina durante la maduración (Lister y col, 1994)

La concentración de glicósido de quercetina y proantocianidina son más altos en la cáscara de la manzana más joven y disminuyen durante la maduración de la fruta hasta en un 50%. Los glicósidos de cianidina aumentan durante la maduración. El procedimiento de cromatografía de líquidos (HPLC) que se utilizó para estos

estudios, permite la separación y cuantificación de: galactósido de cianidina, siete glicósido de quercetina, catequina, epicatequina, galocatequina y proantocianidina B2 y B5. También se identifican dos isómeros de quercetina (3-arabinopiranosido y 3-arabinofuranósido).

Aunque ambos cultivos mantuvieron los mismos glicósidos de quercetina, había diferencias entre las proporciones relativas del glicósido individual. En general los niveles de glicósidos de quercetina totales estaban entre 3 y 7 mg/g; proantocianidinas totales entre 1.5 y 5 mg/g y glicósidos de cinidina de 0 a 1.1 mg/g.

Wieslaw y Chang lograron identificar cinco glicósidos de quercetina y dos de floridzina de la cáscara de manzana, por métodos químicos y espectrales, estos compuestos fueron identificados como: 3-*o*-galactósido, 3-*o*-glucósido, 3-*o*-xilósido, 3-*o*-arabinósido, 3-*o*-ramnósido de quercetina, glicósidos de floridzina y xiloglucósidos de floridzina, los glucósidos de floridzina también se encuentran en la pulpa de la manzana. Los métodos empleados para el análisis muestran separación de cuatro fragmentos fenólicos por cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC preparativo), mientras que el HPLC analítico de estos fragmentos mostró el contenido de catequina principalmente y epicatequina, sus dímeros y polímeros (Lister, 1994).

Las manzanas son una importante fuente de flavonoides diversos como los flavonoles, catequinas y procianidinas. Entre los primeros, el más abundante en esta fruta es la quercetina, aunque también presenta cantidades menores de kaempferol e isorhametina. Las catequinas, difieren ligeramente en su estructura química de otros flavonoides pero comparten con ellos sus propiedades antioxidantes. Por otro lado, las manzanas aportan cantidades importantes de procianidinas.

Contienen también dihidroxichalconas (como la floretina que está presente en su forma glucosídica denominada floridzina), un tipo de flavonoides que se encuentran exclusivamente en las manzanas y sus derivados. Se localizan

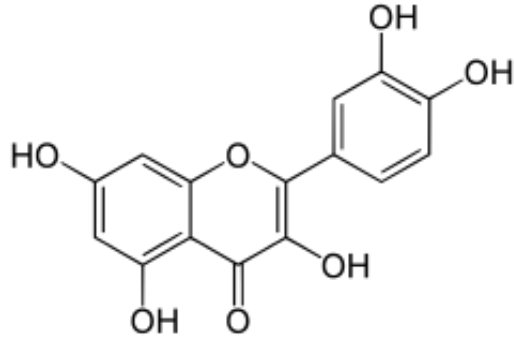
fundamentalmente en la piel de estas frutas aunque también en la pulpa (la concentración de estas sustancias depende de la variedad de manzana de que se trate).

### *Quercetina*

La quercetina es un antioxidante natural presente en gran variedad de alimentos que se ha asociado con la prevención de determinadas enfermedades. Sus propiedades beneficiosas han sido claramente demostradas en estudios preclínicos, sin embargo, las dosis utilizadas han sido superiores a las de una dieta rica en este flavonoide.

De todos los flavonoides, la quercetina es el más abundante, representando el 60 a 75% del total de los flavonoles consumidos (Hertog. 1996). La ingesta de quercetina en la dieta, bien a través de alimentos ricos en esta sustancia o bien mediante complementos alimenticios a base de la misma, se ha relacionado con diversos efectos beneficiosos para la salud.

Las propiedades beneficiosas de la quercetina se relacionan estrechamente con su estructura química, que le confiere propiedades antioxidantes. Actúa como protector frente a las especies reactivas de oxígeno, mediante la neutralización de radicales libres como aniones superóxido, óxido nítrico y peroxinitrito, entre otros. El efecto antioxidante también podría deberse a su capacidad para inhibir enzimas como la xantina oxidasa, lipooxigenasa y NADPH oxidasa, impidiendo la muerte celular. Además puede incrementar la producción de antioxidantes endógenos (Nijveldt, 2001). **Ilustración 15. Estructura de la quercetina.**



**Ilustración 15. ESTRUCTURA DE LA QUERCETINA.**

### Procianidina

La principal proantocianidina de las manzanas es un dímero formado por dos unidades de 1-epicatequina, unidas mediante enlaces C4-C8. Este compuesto al ser hidrolizado produce cianidina y (-) epicatequina, los cuales se han encontrado en manzanas, peras, nuez, semillas de cacao y otras frutas.

Las procianidinas tienen la capacidad antioxidante veinte veces más que la vitamina C y cincuenta veces más que la vitamina E. también poseen capacidad anti-inflamatoria y anti-carcinogénica.

Se utilizan para tratar el síndrome metabólico, insuficiencia venosa crónica, fragilidad capilar, retinopatía, inhiben la agregación plaquetaria y evitan la oxidación del LDL por lo que actúa como cardio- protector (Bouayed, 2011)

**Ilustración 16. Estructura de la cianidina.**

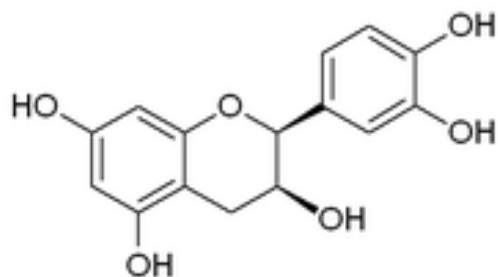


Ilustración 16. ESTRUCTURA DE LA CIANIDINA.

### Catequina

Denominadas también catecoles, tienen como estructura modelo la *o*-catequina. En esta estructura molecular hay dos carbonos asimétricos, el 2 y el 3, dando lugar en consecuencia a cuatro estereoisómero: D-catequina, L-catequina, D-epicatequina y L-epicatequina.

Por otra parte, si el carbono 5 tiene otro grupo hidroxilo, el resultado serán las galocatequinas y sus epímeros, es decir, D-galocatequina, L-galocatequina, D-epigalocatequina y L-epigalocatequina. (Hernandez, 2017) **Ilustración 17. Estructura de catequina.**

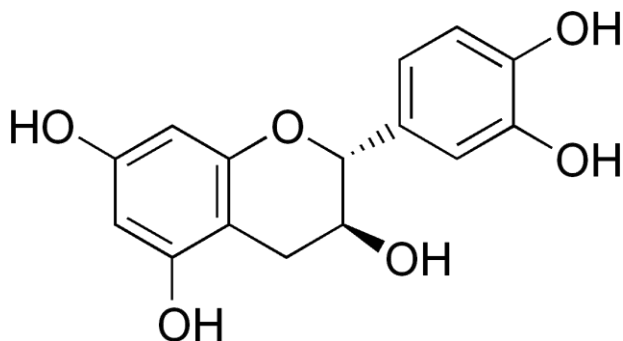


Ilustración 17. ESTRUCTURA DE CATEQUINA.

Propiedades: Algunos estudios han indicado que el consumo de catequinas procedentes de manzanas se ha relacionado inversamente con la incidencia de ciertos tipos de cáncer (como el cáncer de pulmón) también se ha demostrado que las manzanas aportan cantidades importantes de procianidinas, compuestos con

una potente actividad antioxidante, que podrían además modular la función inmunitaria y la activación plaquetaria.

En cuanto a los efectos biológicos de la floretina, ensayos llevados a cabo en animales de experimentación han indicado la posible consideración de este compuesto como agente antidiabético, debido a su capacidad de limitar la absorción intestinal de la glucosa. (FEN 2017).

Las propiedades antioxidantes se deben a elementos fitoquímicos como los polifenoles (quercetina, flavonoides) que contiene, sobre todo la piel. Está recomendada en dietas de prevención de riesgo cardiovascular, degenerativas y cáncer (Consumer, 2008).

### Epigallocatequina galato (EGCG)

En un estudio reportado en ratones se encontró que la EGCG inhibe la proliferación de 3T3-L1 preadipocitos. La concentración de EGCG puro necesaria para inhibir la concentración a 50% fue 10 micromol/l. Además, esta concentración inhibe el incremento de insulina a 34% y el contenido de triacilglicerol a 54%. EGCG y Epigallocatequina ECG inhiben la actividad de acetil CoA carboxilasa (paso limitante en la biosíntesis de ácidos grasos en células 3T3-L1) en un 50% a una concentración de 0.31 mmol/LI en ratones. La ingesta diaria de 2 a 4 tazas (500 a 1000 mL) de té verde o extractos de EGCG pueden mimetizar algunos de los efectos agudos. Su consumo puede bajar y colesterol sérico LDL, incrementar colesterol HDL y bajar la glucosa sérica. (Na, y col 2012). **Ilustración 18. Estructura de Epigallocatequina galato.**



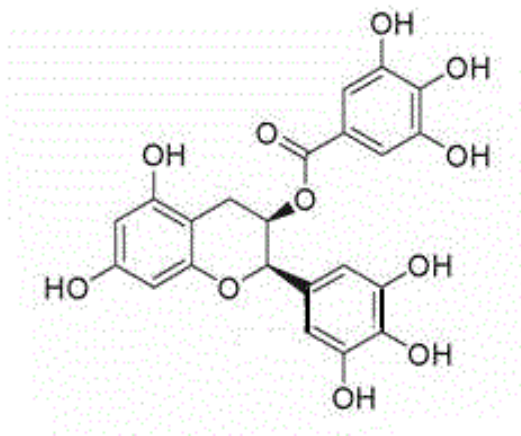


Ilustración 18. ESTRUCTURA DE EPIGALOCATEQUINA GALATO.

### 3.4.2.2 Terpenos

Se encuentran en la mayoría de los organismos, pero constituyen el grupo más abundante de los aceites vegetales, de hecho son los responsables de los aromas y sabores específicos de las plantas, mientras mayor sea la cantidad de oxígeno en la molécula, mayor será su aroma. Estos compuestos, se forman a partir del isopreno (unidad de 5 átomos de carbono); pueden contener desde una hasta ocho unidades. Las unidades pueden arreglarse linealmente (como en el escualeno) o cíclicamente (como en la limonina). Dentro de los terpenos se clasifica a los carotenoides que son tetraterpenos muy importantes en los mamíferos, especialmente el  $\beta$ -caroteno que es precursor de la vitamina A (11-cis-retinal). También las vitaminas liposolubles D (colecalfiferol) y K son consideradas como terpenos. ([https:// grubioquimicaclinica](https://grubioquimicaclinica), 2017)

### Carotenos

El nombre genérico de la zanahoria (*Daucus carota*), ya que fue de esta hortaliza de donde se aislaron por primera vez, pero los carotenoides están ampliamente distribuidos en las frutas, siendo determinantes del color en muchas de ellas, (cítricos, melocotón, melón, plátano, manzana, jitomate, chiles, papas, durazno,

zanahoria, trigo, maíz, soya, flores y algunas algas, bacterias fotosintéticas, hongos y levaduras). En la naturaleza se han identificado más de 420 y a pesar de que generalmente su color varia de amarillo a anaranjado y rojo, una gran proporción de ellos se encuentra en las hojas verdes y solo hacen su aparición en el invierno cuando la clorofila desaparece, en la **Tabla 7 se muestran los carotenoides más conocidos.**

CAROTENOIDES		
Fitoeno	$\beta$ -criptoxantina	Violaxantina
Fitoflueno	$\beta$ -caroteno-5,6-epóxido	Luteoxantina
Licopeno	Mutacromo	Auroxantina
$\alpha$ -Caroteno	Luteína	Neoxantina
$\beta$ -Caroteno	Zeaxantina	Capsantina
$\beta$ -Zeacaroteno	Criptoflavina	Mutatoxantina
Licoxantina	Anteraxantina	
$\alpha$ -criptoxantina	Luteina-5,8-epóxido	

**Tabla 7. RELACIÓN DE ALGUNOS CAROTENOIDES EXISTENTES EN LAS FRUTAS.**

**El  $\beta$ -Caroteno ILUSTRACIÓN 19.** Estructura  $\beta$ -caroteno es el carotenoide de mayor importancia en la tecnología de alimentos, presente en las manzanas rojas, es un agente activo contra los átomos de oxígeno que provocan la oxidación y la síntesis de radicales libres (Badui, 1992). Tiene aplicaciones como colorante en jugos, margarinas, mayonesas, aderezo para ensaladas, quesos y helados y como antioxidante, puede ser adicionado en aceites vegetales. **Ilustración 93. Estructura  $\beta$ -caroteno**

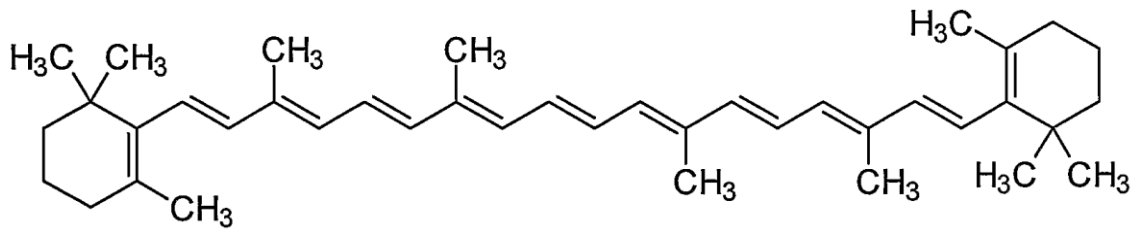


Ilustración 19. ESTRUCTURA B-CAROTENO

### Ácido Ursólico

Se trata de un tipo de fitoquímico con una estructura triterpenoide pentacíclico **ilustración 20**, donde una gran variedad de estudios están demostrando los efectos beneficiosos para la salud, tales como: Antioxidante, Antimicrobiano, Antiinflamatorio, e incluso, anticancerígeno (como quimiopreventivos y quimioterapéuticos).

El ácido ursólico también puede promover la fuerza y crecimiento muscular, reducir el catabolismo muscular y apoya la pérdida de grasa. Se puede encontrar en suplementos deportivos, cosméticos y productos de salud.

Dadas estas peculiaridades, el ácido ursólico está siendo cada vez más utilizado en el apoyo para las personas que buscan mejorar su composición corporal, es decir, reducir grasa y mantener el tejido muscular, estimular el metabolismo, y regular la glucemia sanguínea por lo que podría ser de bastante interés en aquellas pacientes de diabetes tipo 2. (Cargnin, 2017)

Propiedades:

Aumentar la masa muscular

Aumento de la masa del músculo esquelético

Tamaño de los tipos de fibra (rápidas y lentas)

Rendimiento físico, tanto en fuerza como capacidad y resistencia.

Perder grasa y aumentar el consumo de energía  
Tratar enfermedad que producen atrofia muscular

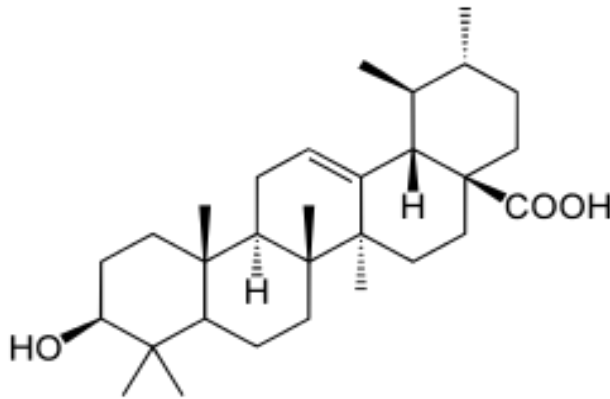


Ilustración 100. ESTRUCTURA DEL ÁCIDO URSÓLICO.

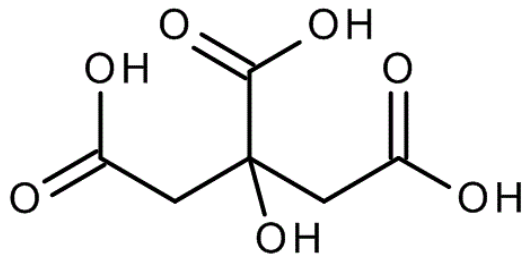
### 3.4.2.3 Ácidos orgánicos

#### Cítrico

Presente en la mayoría de las frutas, Es un buen conservante y antioxidante natural. Al ser un componente del metabolismo de los hidratos de carbono en los seres vivos, se presenta de forma natural en los tejidos y fluidos de plantas y animales, así como en el suelo. En bioquímica aparece como un metabolito intermediario en el ciclo de los ácidos tricarbóxicos, proceso realizado por la mayoría de los seres vivos.

El ácido cítrico puede quelar metales. La quelación es el proceso de unión entre una o más moléculas de ácido cítrico y los iones del metal, separándolos de una forma compleja. Al quelar el ión de metal de una solución (por ejemplo en el agua dura), el ácido cítrico hace que el ión del metal quede inactivo. Esta es la razón por la que se usa como un agente para ablandar el agua y también en los detergentes para ropa. Debido a que el ácido cítrico es de origen natural y tiene las propiedades de un agente quelante, puede usarse como un producto de

limpieza benigno para el medio ambiente. **Ilustración 21. Estructura de ácido cítrico.** (Hernandez, 2017)



**Ilustración 21. ESTRUCTURA DE ÁCIDO CÍTRICO.**

## Málico

El ácido L-málico, (ácido L-hidroxibutanodioico, o ácido L-hidroxisuccínico) es el isómero existente en la naturaleza y se encuentra en algunas frutas y verduras con sabor ácido aunque la fuente más común de este compuesto es la manzana. Es responsable de la acidez de las manzanas verdes y otras frutas inmaduras.

Este ácido también tiene el beneficio de ser un quelante de metales ayudando a reacciones de biotransformación en el organismo.

El ácido málico está implicado en el metabolismo y la derivación de la adenosina trifosfato (ATP), que desempeña un papel central en las tasas de producción de energía de todas las células en el cuerpo. El ácido málico se utiliza para tratar a las personas con síndrome de fatiga crónica y la fibromialgia, que provoca un intenso dolor en los músculos y los tendones. **Ilustración 22. Estructura de ácido málico.** (Hernandez, 2017)

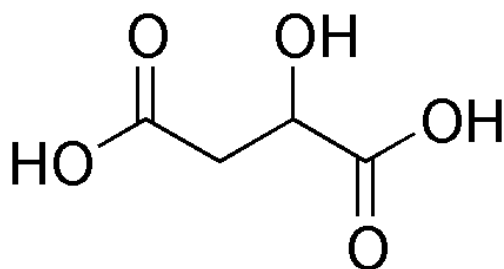


Ilustración 11. ESTRUCTURA DE ÁCIDO MÁLICO.

### 3.5 Estudios de la importancia del consumo en la salud

Algunos estudios han indicado que el consumo de catequinas procedentes de manzanas se ha relacionado inversamente con la incidencia de ciertos tipos de cáncer (como el cáncer de pulmón) también se ha demostrado que las manzanas aportan cantidades importantes de procianidinas, compuestos con una potente actividad antioxidante, que podrían además modular la función inmunitaria y la activación plaquetaria (Palomo, 2010; Shih-Hsin, 2017)

En cuanto a los efectos biológicos de la floretina, ensayos llevados a cabo en animales de experimentación han indicado la posible consideración de este compuesto como agente antidiabético, debido a su capacidad de limitar la absorción intestinal de la glucosa (FEN 2017).

Las propiedades antioxidantes se deben a elementos fitoquímicos como los polifenoles (quercetina, flavonoides) que contiene, sobre todo la piel. Está recomendada en dietas de prevención de riesgo cardiovascular, degenerativas y cáncer (Consumer, 2008).

A continuación se presentan algunos otros beneficios que tiene esta fruta:

Dientes más sanos. Cuando se mastica una manzana se estimula la producción de saliva en la boca, lo que ayuda a reducir de forma considerable las bacterias que causan la caries dental y otros tipos de infecciones.

Pueden prevenir la enfermedad de Alzheimer. Por su contenido de antioxidantes, la ingesta de zumo de manzana natural ha demostrado ser un remedio eficaz para reducir el riesgo de desarrollar Alzhéimer o envejecimiento cerebral prematuro (Gollücke, 2013).

Protegen contra el Parkinson. En consumo de alimentos ricos en fibra, como la manzana, desempeña un papel importante en la prevención contra la enfermedad de Parkinson, un trastorno degenerativo que se caracteriza por el deterioro de las células nerviosas productoras de dopamina del cerebro. Los científicos creen que los radicales libres pueden influir en el desarrollo de esta enfermedad, por lo que los antioxidantes pueden ayudar a erradicarla.

Reacciones de biotransformación. El consumo excesivo de alimentos poco saludables y ricos en calorías está aumentando la tasa de personas con diversas enfermedades relacionadas con la homeostasis del hígado. Y, aunque este órgano tiene la capacidad de depurarse por sí mismo, la sobrecarga en tareas dificulta mucho su labor. Por suerte, con la ingesta diaria de jugo de manzana rico en antioxidantes, se mejoran las reacciones de biotransformación que ocurren en el hígado ([centediaro.com 2017](#)).

### **3.6 Usos de la manzana**

La manzana es una de esas frutas que se pueden disfrutar casi que en cualquier época del año. Y es que, además de ser deliciosa y versátil, es rica en propiedades nutrimentales que le aportan increíbles beneficios al cuerpo para mejorar la salud. Sus principales virtudes se le atribuyen a su aporte significativo de compuestos antioxidantes y pectina, cuya acción en el organismo ayuda a inhibir los radicales libres mientras estimula la reacciones de biotransformación.

#### 4. TRABAJOS CIENTÍFICOS

En este capítulo se hará una revisión de los estudios que se encuentran reportados en la literatura científica y que están relacionados al consumo de manzana y sus compuestos y como afectan éstos a la salud humana.

Ejemplo de esto es la fibra dietética que aumenta el peso de las heces y potencialmente retarda la tasa de absorción de nutrimentos desde el intestino, reduciendo la duración del tránsito intestinal y así previene el estreñimiento. Estos trabajos se agruparon según los compuestos contenidos en la manzana, tomando en cuenta el modelo donde se desarrolló el estudio, así como la parte de la manzana que se estudió.



AUTOR/ TÍTULO DEL ARTÍCULO	MUESTRA	MODELO	EFECTOS
<p>Yinrong Lu, y col, 2000</p> <p>Actividades antioxidantes y de eliminación de radicales de polifenoles de orujo de manzana</p>	<p>[0.1-200mg/ml]</p> <p>Orujo de manzana</p>	<p><i>In vitro</i> a través del sistema de <math>\beta</math>-caroteno / ácido linoleico, DPPH y barrido de</p>	<p>Los compuestos: epicatequina, quercetina, procianidina B2, ácido clorogenico, floridzina y 3-hidroxi-floridzina, mostraron un fuerte efecto antioxidante y sus actividades de eliminación de DPPH fueron de 2 a 3 veces mayores a las de la vitamina C y E y las actividades de eliminación de radicales de aniones superóxido fueron 10 a 30 veces mayor que las de las vitaminas antioxidantes C y E.</p>
<p>Cervantes, y col, 2010,</p> <p>Actividad antioxidante de extractos de semilla de tres variedades de</p>	<p>Extracto de fracción oleosa y acuosos de 10 g de polvo de semilla de manzana.</p>	<p>Plasma sanguíneo de donador sano.</p>	<p>Los extractos analizados mostraron un efecto protector contra la oxidación de LDL. También los extractos polares de semillas de</p>

<p>manzana (<i>Malus domestica</i> Borkh -Rosaceae-)</p>			<p>manzana poseen actividad antiproliferativa contra células dañadas.</p>
<p>Serra, y col, 2012 Evaluación del efecto protector cardiovascular de diferentes variedades de manzanas</p>	<p>Tres variedades de manzana</p>	<p>Ratas Wistar machos alimentadas con una dieta enriquecida con colesterol [2%] y [20%] de manzana en relación con el colesterol, equivalente a 5 g / rata / día.</p>	<p>La catequina, epicatequina y procianidina B1, la actividad antioxidante y la concentración de <math>\beta</math>-caroteno de las manzanas están asociados con la disminución del LDL-ox y del colesterol.</p>
<p>McCann, y col, 2007 Propiedades anticancerígenas de los compuestos fenólicos a partir de carcinogénesis del colon in vitro</p>	<p>Compuestos fenólicos del residuo de manzana [0.01- 0.1%] de extracto.</p>	<p>Lineas celulares de cáncer de colón. HT29, HT115 y CaCo.</p>	<p>Disminucion del daño de ADN, mejora la función de barrera y el potencial invasor disminuyó (asociado con reducción del potencial de metástasis tumoral). Los</p>

			compuestos fenólicos de manzana pueden proteger contra daño del ADN en células <i>in vitro</i> .
Lee, y col, 2014, Los polifenoles de manzana reducen la respuesta inflamatoria de los riñones en las ratas con obstrucción ureteral.	Polifenoles de manzana en product commercial [0.05-0.15%] con base al alimento consumido	Ratas macho Sprague-Dawley con obstrucción ureteral durante 3 semanas.	Efecto beneficioso sobre las ratas con obstrucción ureteral unilateral, incluyendo la mejora del cambio patológico renal, y marcadores inflamatorios en el riñón. El mecanismo asociado es en función de la disminución en la infiltración de monocitos / macrófagos MCP-1, debido a esto los polifenoles poseen una función alternativa en la desaceleración del fenómeno del riñón obstructivo.
Petersen, y col, 2016. La biodisponibilidad de la quercetina en los seres	Chips impregnadas al vacío con 71µmol de quercetina de manzana y	Muestras de sangre de seis mujeres voluntarias sanas	Este estudio indicó un aumento igual de las concentraciones de quercetina y flavonol total, después de la

<p>humanos y la influencia de la matriz de alimentos comparando cápsulas de quercetina y diferentes fuentes de manzana</p>	<p>cápsulas de extracto de cáscara de manzana.</p>	<p>con dieta estándar, durante 8 semanas de estudio.</p>	<p>administración de glucósidos de manzana que contenían: chips impregnados al vacío de quercetina, cápsulas de extracto de cáscara de manzana y cáscara de manzana.</p>
<p>Sampath, y col, 2017. Los compuestos bioactivos específicos en el jengibre y la manzana alivian la hiperglucemia en ratones con obesidad inducida por la dieta alta en grasa a través de la vía mediada por Nrf2</p>	<p>Compuestos bioactivos de la manzana y el jengibre, floretina de manzana y gingerol de jengibre con concentraciones de [25 – 75 mg/kg]</p>	<p>Ratones C57BL / 6J machos de 4-5 semanas de edad, la administración intraperitoneal tres veces por semana durante un período de diecisiete semanas. La vía mediada por Nrf2</p>	<p>La floretina y [6] -gingerol tienen la capacidad de prevenir / retrasar la diabetes a través de la captura de AGE (productos finales de glicación avanzada), el consumo de jengibre / manzana, tiene un gran potencial para prevenir el desarrollo de complicaciones diabéticas y, por lo tanto, mejorar la calidad de vida y disminuir la morbilidad de las personas con diabetes.</p>

Tabla 8. ALGUNOS ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN QUE REPORTAN BENEFICIOS DEL CONSUMO DE MANZANA O SUBPRODUCTOS.

## 5. DISCUSIÓN

La manzana es uno de los frutos más antiguos y populares, a nivel mundial y disponible durante todo el año. En México se cultivan principalmente en el estado de Chihuahua con un 82% de la producción nacional. Sin embargo su producción depende de las condiciones climatológicas, por ejemplo en el año 2012 la producción disminuyó de 600, 000 a 375 mil toneladas debido a fenómenos climatológicos que afectaron las zonas de cultivo.

Además de su valor nutrimental por su contenido de azúcares en pulpa y fibra en cáscara la cual también contribuye a la calidad de la fruta entera, se caracteriza por su contenido de compuestos biológicamente activos como: carotenoides, flavonoides, isoflavonoides, ácidos fenólicos y lignanos por lo que es una fuente de polifenoles dietéticos. Se ha reconocido que la cascara es una valiosa fuente de fitoquímicos (Hertog, 1996), y que las semillas de la manzana son un subproducto agroindustrial que puede servir como fuente de polifenoles (Cervantes y col, 2010 ).

Los compuestos fenólicos son componentes de la manzana y contribuyen al color y al sabor de las frutas y productos transformados, como los zumos de manzana.

Las condiciones de cultivo y estrés pueden afectar la estabilidad, la bioaccesibilidad y la biodisponibilidad de los polifenoles y sus efectos antioxidantes y antiinflamatorios a los que se asocian estos compuestos presentes en la manzana debido a que estos compuestos son responsables de la maduración del fruto y de mecanismo de defensa contra el estrés que esté sufriendo el mismo, aumentando el contenido de estos fitoquímicos con respecto al incremento de estrés en las condiciones en que se encuentre. Algunos de estos compuestos son termolábiles o inestables con respecto al pH como las antocianinas, por esto la concentración de estos en el fruto depende del proceso que haya sufrido el mismo. Se sabe, que algunos polifenoles pueden interactuar con otros componentes de los alimentos, incluyendo hidratos de carbono, lípidos,

proteínas que pueden afectar su disponibilidad para la absorción. Por consiguiente, la menor disponibilidad para la absorción (bioaccesibilidad) puede tener diversos efectos sobre los polifenoles y sus acciones en el organismo. Por ejemplo, las interacciones entre polifenoles-fibra, o bien la interacción entre polifenol-proteína pueden modular la liberación de polifenoles en el sistema gastrointestinal y de esta manera modular su bioaccesibilidad. Por otro lado, los polifenoles no absorbibles pueden llegar al colon donde pueden contribuir a un ambiente que favorezca el desarrollo de la microbiota.

La estabilidad de los compuestos fenólicos presentes en la manzana, también puede verse afectada por factores extrínsecos como el medio ambiente, y las condiciones de cosecha, postcosecha, debido a que el incremento en el contenido de estos compuestos está relacionado con el estrés al que se encuentre expuesto el fruto durante su cultivo, el almacenamiento, método de y procesamiento, estos factores influyen con respecto a la temperatura en que se encuentre la manzana.

Dentro de los polifenoles, las principales clases de flavonoides que se producen en la manzana son flavonoles tales como quercetina 3-glicósidos de, flavan-3-ol monoméricos y oligoméricos tales como catequina, epicatequina y procianidinas, dihidrocalconas tales como floridzina, y en los cultivares de color rojo, la cianidina 3- glucósido. La manzana también contiene cantidades considerables de ácido hidroxicinámico derivados de ácido que están representados principalmente por ácido Clorogénico.

El consumo de manzana, o bien sus extractos ricos en compuestos fenólicos se han vinculado a un menor riesgo de enfermedades crónicas como: enfermedades cardiovasculares, diabetes y cáncer.

Estas moléculas que en los últimos años se han demostrado responsables de diversos efectos que promueven la salud, aunque estos efectos dependen de muchos factores como la genética y flora microbiana en el tracto digestivo humano.

Los polifenoles presentes en la manzana pueden tener dichos efectos sobre la salud. En varios estudios *in vitro* estos compuestos han demostrado su potencial inhibición de células cancerosas antimutagénicas y la disminución de la presión sanguínea (Toshihiko, 2014). Además, los estudios en modelos animales han mostrado cómo los polifenoles tienen un efecto antiinflamatorios (Schwartz, 1988) y algunos estudios en seres humanos mostraron su asociación con la reducción de marcadores de riesgo cardiovascular (Aprikian y col 2003). Estudios recientes en animales demostraron que los polifenoles presentes en las cáscaras de manzana protegen la mucosa gastrointestinal del estrés oxidante y puede ser útil en la prevención de procesos inflamatorios asociado a fármacos (Palomo y col 2010).

## 6. CONCLUSIONES

- 🍏 La manzana contiene fibra dietética y compuestos fenólicos como: ácido hidroxibenzóico, gálico, ácido hidroxicinámico y sus derivados como ácido *p*-cumárico, cafeíco, ferúlico y clorogénico, flavonoles como la quercetina que está presente en formas glicosiladas, dihidrochalconas como la floridzina y sus derivados, antocianinas como la cianidina y sus glucósidos, flavonoles monoméricos como la epicatequina y la catequina y flavonoles oligoméricos como procianidinas.
- 🍏 La fibra dietética está asociada con la prevención, reducción y el tratamiento de algunas enfermedades como la diabetes, enfermedades coronarias como ataques cardíacos y accidentes cerebrovasculares. La fibra dietética tiene la propiedad de retención de agua y a su vez la formación de las heces, aumentando la motilidad del sistema digestivo así como el aumento de la viscosidad del quilo evitando la absorción del colesterol y glucosa.
- 🍏 Diferentes estudios han demostrado que el consumo de manzana evita algunas enfermedades, atribuidas principalmente a sus compuestos bioactivos. Estos compuestos están presentes tanto en piel, pulpa y

semillas, dando propiedades como: antioxidante, anticancerígenos, antiulcerativos, también el consumo de estos disminuye el colesterol y glucosa en la sangre.

- 🍏 Los flavonoides presentes en la manzana son: flavonoles, catequinas, floridzina, antocianinas, glucósidos, ácido clorogénico, y estos compuestos se les atribuyen propiedades: antioxidantes, anticancerígenos, en diferentes sistemas, así como también se considera que evitan algunas enfermedades coronarias.
- 🍏 Los flavonoides, particularmente los derivados de la quercetina, han sido señalados como participantes en la prevención de enfermedades cardiovasculares y el cáncer, estas propiedades están relacionadas con la actividad antioxidante.
- 🍏 La floretina es un flavonoide que promueve anticuerpos benéficos contra el cáncer y propiedades antioxidantes, es una dihidrocalcona y tiene efecto sobre la depuración de radicales libres en sangre, la presión arterial y protección al corazón. Este compuesto puede inhibir la peroxidación de aniones nitrosos y lípidos debido a su capacidad antioxidante, y también tiene funciones antitumorales ya que también inhibe la proliferación de células tumorales de mama.
- 🍏 Los compuestos terpenoides están presentes en la cera de la piel de la manzana, a los cuales pertenece el ácido ursólico, que cuenta con propiedades y efectos farmacológicos, tales como propiedades antioxidantes, antitumorales, antiinflamatorias y antimicrobianas. En la cáscara de la manzana se encuentra este triterpenoide con su aglicona y en forma libre.



## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Aprikian, O. Duclos, V. Guyot, S. Besson, C. Manach, C. Bernalier, A. y col (2003). Apple pectin and a polyphenol-rich apple concentrate are more effective together than separately on cecal fermentations and plasma lipids in rats. *The Journal of Nutrition*.
- Badui D.S. 1992. *Química de los Alimentos*. Editorial ALmabra. 380-387 pp.
- Barahona M. C., Sancho E. B. (1998) *Manzana, melocotón, fresa y mora /*, 1° ed. San Jose Costa Rica.
- Belitz H. D., W. Grosh 1997, *Química de los alimentos*. 2da ed. Acribia. Zaragoza, España.
- Boerjan, Wout; Ralph, John; Baucher, Marie (2003). «Ligninbiosynthesis». *Annual Review of Plant Biology* 54: 519-46)
- Bouayed, J., Hoffmann, L., Bohn, T., Febrero 2011. Total phenolics, flavonoids, anthocyanins and antioxidant activity following simulated gastro-intestinal digestion and dialysis of apple varieties: Bioaccessibility and potential uptake, *Food Chemistry*, 2011, vol 128, pág 14–21.
- Calderón A. E: (1997). *Fruticultura General*. El esfuerzo del Hombre. 2da ed. Limusa, México D.F.
- Cargnin, S., Gnoatto, S., October 2016, Ursolic acid from apple pomace and traditional plants: A valuable triterpenoid with functional properties, *Food Chemistry*, 2017, vol 220, pág 477–489.
- Cervantes V., Rocha N., Gallegos J., Rosales, M., González L., 2010, Actividad antioxidante de extractos de semilla de tres variedades de manzana (*Malus domestica* Borkh -Rosaceae-), 2010 *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 9 (6), 446 – 456
- Diario Oficial de la Federación (2010). Resolución final de la investigación antidumping sobre las importaciones de manzanas de mesa de las variedades Red Delicious y sus mutaciones y Golden Delicious, mercancía clasificada actualmente

en la fracción arancelaria 0808.10.01 de la Tarifa de la Ley de los impuestos Generales de Importación y de Exportación. Número de expediente MEX-USA-2006-1904-02. Última revisión 02/06/2010.

- Domínguez M. (2008) Estudio de la variabilidad morfológica en el banco nacional de germoplasma de manzano. Zaragoza; Escuela Universitaria Politécnica La Almunia de Doña Godina; pp. 1-109.
- Faraa, M. y Tahara, S. Fungal metabolism of flavonoids and related phytoalexins. *Phytochemistry*, 1999, vol. 2, p. 1-33.
- Fennema. O. R. Química de los alimentos, Ed. Acribia, Zaragoza España.
- Frankel, E. N.; Waterhouse, A. L. y Terssedre, P. Principal phenolic phytochemicals in selected California wines and their antioxidant activity in inhibiting oxidation of human low density lipoprotein. *J. Agr. Food Chem.*, 1995, vol. 43, p. 890-894.
- Gálvez, Miguel Carrero; Barroso, Carmelo García; Pérez-Bustamante, Juan Antonio, 1994).
- Gil, A., Ruiz, M:D: (2010). Tratado de Nutrición. COmposicion y calidad Nutritiva de los Alimetnos. 2da ed. Medica Panamericana, Madrid.
- Gollücke, A. P. B., Ribeiro, D. A., y Aguilar, O (2013). Polyphenols as Supplements in Foods and Beverages: Recent Methods, Benefits and Risks. *Polyphenols in Human Health and Disease*, 1, 71-77
- Hall, C., & Zhao, B. (2011). *Phytochemicals in Cereals, Pseudocereals, and Pulses. Fruit and Cereal Bioactives Sources, Chemistry, and Alications.*
- Hernandez A. G. 2017, Tratado de nutrición: composición y calidad nutritiva, España.
- Hertog MG, Hollman, PC (1996) Potential health effects of the dietary flavonol quercetin. *Eur J Clin Nutr* 50:63-71.
- Hui, Y. H., Barta, J., Cano, M. P., Gusek, T., Sidhu, J. S., Sinha, N. K. (2006). *Handbook of fruits and Fruit Processing.* 1st ed. Blackwell Publishing. Iowa.
- Le Bourvellec, C., Guyot, S., & Renard, C. (2009). Interactions between apple (*Malus x domestica* Borkh.) polyphenols and cell walls modulate the extractability of polysaccharides. *Carbohydrate Polymers.*

- Lister C. E., Lancaster J E., Sutton K. H. 1994. Developmental Changes in the Concentration and Composition of Flavonoids in Skin of a Red and Green Apple Cultivar. *J. Food Agric.* 64, 155-161.
- Mao W, Schuler M A, Berenbaum M R (2013). « Los constituyentes de la miel regulan los genes de desintoxicación e inmunidad en la abeja melífera occidental *Apis mellifera* »
- Maully, P.; Gaydov, E. M. y Auffray, A. Simultaneous separation of flavanone glycosides and polymethoxylated flavones in citrus juices using liquid chromatography. *J. Chromatogr. A.*, 1998, vol. 800, no. 2, p. 171-179.
- McCann M.J., Gill C.I.R., Brien G. O'., Rao, J.R., McRoberts W.C., Hughes P., R. McEntee, Rowland I.R., Enero 2007, Anti-cancer properties of phenolics from apple waste on colon carcinogenesis in vitro, 2007 *Food and Chemical Toxicology* 45 1224–1230.
- Middleton, E. y Drzewiwicki, G. Effects of flavonoids and transitional metal cations on antigen induced histamine release from human basophils. *Biochem Pharmacol.*, 1982, vol. 31, p. 1449-1453.
- Miller, N. J. /et al./ The antioxidant properties of the theaflavins and their gallate stress-radical scavenger or metal chelators. *Trends in Plant Science.*, 1997, vol. 2, no. 4
- Moreiras y col., 2013. (MANZANA), Consenso de la Sociedad Española de Nutrición Comunitaria
- Na, L., Taylor, L., Ferruzzi, M., Mauer, L. (2012) Kinetic Study of Catechin Stability: Effects of pH, Concentration, and Temperature. *Journals of Agricultural and Food Chemistry*, 60(51) 12531-12539.
- Nicola P. Bondonno, Catherine P. Bondonno, Natalie C. Ward, Jonathan M. Hodgson, Kevin D. Croft, 29 April 2017, The cardiovascular health benefits of apples: Whole fruit vs. isolated compounds, *Trends in Food Science & Technology*, 2017, pág. 1-14.
- Nijveldt RJ, van Nood E, van Hoorn DE, Boelens PG, van Norren K, van Leeuwen PA (2001) Flavonoids: a review of probable mechanisms of action and potential applications. *Am J Clin Nutr* 74:418-425.

- NMX-FF-061-SCFI-2003 PRODUCTOS AGRÍCOLAS NO INDUSTRIALIZADOS PARA CONSUMO HUMANO - FRUTA FRESCA - MANZANA (*Malus pumila* Mill) - (*Malus domestica* Borkh) - ESPECIFICACIONES (CANCELA A LA NMX-FF-061-1993-SCFI) NON INDUSTRIALIZED FOOD PRODUCTS FOR HUMAN CONSUMPTION - FRESH FRUIT - APPLE (*Malus pumila* Mill) - (*Malus domestica* Borkh) – SPECIFICATIONS.
- Olthof MR, Hollman PC, Katan MB (January de 2001). «Chlorogenic acid and caffeic acid are absorbed in humans». *J. Nutr.* 131 (1): 66-71.)
- Pallardy, S. G. (2008). Lipids, terpenoids, and related substances. *Physiology of Woody Plants*, 217-232.
- Palomo, I. G, Yuri J. A., Moore, R., Quilodrán Á., Neira A., Septiembre 2010, El consumo de manzanas contribuye a prevenir el desarrollo de enfermedades cardiovasculares y cáncer: antecedentes epidemiológicos y mecanismos de acción, *Rev Chil Nutr* Vol. 37, N°3, Septiembre 2010.
- Parra, C. A., Hernández, H. J. E. (2008). *Fisiología Poscosecha de Frutas y Hortalizas*, 1ra ed. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Peters, N. K.; Frost, J. W. y Long, S. R. A plant flavone luteolin induces expression of *Rhizobium meliloti* nodulation genes. *Science*, 1996, vol. 233, p. 977-980.
- Petersen, B., Egert, S., Bosy-Westphal, A., Müller, M., Wolfram, S., Hubbermann, E., Rimbach G., Schwarz K., October 2016, Bioavailability of quercetin in humans and the influence of food matrix comparing quercetin capsules and different apple sources, *Food Research International*, 2016, vol 88, pág 159–165.
- Porras, A., López, M. Importancia de los grupos fenólicos en los alimentos, 2009, Departamento de Ingeniería Química y Alimentos, Universidad de las Américas Puebla, San Andrés Cholula, Puebla, Méxicp. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos* 3-1, 121-134
- Rodríguez, R. V. M., Simón, M. E. (2008). *Bases de la Alimentación Humana*. 1ra ed. Netbiblio, A. Coruña.
- Sampath, C. Raihan, M. Shengmin, R., Ahmedna, S., July 2017, Specific bioactive compounds in ginger and apple alleviate hyperglycemia in mice with high fat diet-

induced obesity via Nrf2 mediated pathway, Food Chemistry, 2017, vol 226, pág 79–88.

- Schwartz, S. E., Levine, R. A., Weinstock, R. S., Petokas, S., Mills, C. A., & Thomas, F. D. (1988). Sustained pectin ingestion: Effect on gastric emptying and glucose tolerance in non-insulin-dependent diabetic patients. *The American Journal of Clinical Nutrition*.
- Serra, A. Rocha, J. Sepodes, B. Matias, A. Feliciano, R. Carvalho, A. Bronze, M. Duarte, C. Figueira, M. December 2012, Evaluation of cardiovascular protective effect of different apple varieties – Correlation of response with composition, *Food Chemistry*, 2012, vol 135, pág 2378–2386.
- Serrano, M. E. D., López, M. L., & Espuñes, T. D. R. S. (2006). Componentes bioactivos de alimentos funcionales de origen vegetal. *Revista Mexicana de Ciencias Farmaceuticas*, 37(4), 58-68.
- Shalika Ranaa,b, Sakshi Guptad, Ajay Ranaa,c, Shashi Bhushana, Septiembre 2015 Functional properties, phenolic constituents and antioxidant potential of industrial apple pomace for utilization as active food ingredient, *Food Science and Human Wellness*, 2015, vol 4, pág. 180–187.
- Shih-Hsin Tu, Li-Ching Chen, Yuan-Soon Ho, January 2017, An apple a day to prevent cancer formation: Reducing cancer risk with flavonoids, *Journal of food and drug analysis*, 2017, vol 25, pág 119 e124.
- Toshihiko Shoji and Tomisato Miura, 2014, Apple Polyphenols in Cancer Prevention, National Institute of fruit Tree Science, Tsukuba, Japan, Hirosaki University Graduate School of Health Science, Hon-cho, Hirosaki, Japan. 1373-1383.
- Tsao, R. Guelph Food Research Centre, Guelph, ON, Canada 2016 Elsevier pág 239-248
- Ulloa, J. A. (2007). *Frutas Auto Estabilizadas en envases por la tecnología de Obstáculos* 1ra ed. UAN, Tepic.
- Wen-Chin Lee, Hsing-You Jao, Jeng-Dong Hsu, Yi-Ru Lee, Ming-Ju Wu, Yu-Lin Kao, Huei-Jane Lee, November 2014, Apple polyphenols reduce inflammation

response of the kidneys in unilateral ureteral obstruction rats, journal of functional foods, 2014, vol 1, pág 1–11.

- Wong W. S. D. 1995. Química de los alimentos Mecanismos y Teoría. Editorial Acribia, Zaragoza España. Pp. 394-396.
- Yinrong Lu, L. Yeap Foo, Enero 2000, Antioxidant and radical scavenging activities of polyphenols of Apple, 2000, Food Chemistry, 68, 81-85.

## PÁGINAS ELECTRÓNICAS

1. CONSUMER (2017) Frutas. Manzana
2. FAO. (2017). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. Estadísticas.
3. Fundación Española de Nutrición. (FEN) (2017)  
<http://frutas.consumer.es/documentos/frescas/manzana>
4. <http://www.centenario.com> (2017)  
<http://www.fao.org/faostat>  
<http://www.gob.mx/siap/articulos/manzana-mexico>
5. INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA (2017)  
<http://inta.gob.ar/documentos/variedades-de-manzanas>
6. Nuts'New Aflatoxin Fighter: Caffeic Acid? (2017)
7. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2017)  
[www.fen.org.es/mercadoFen/pdfs/manzana.pdf](http://www.fen.org.es/mercadoFen/pdfs/manzana.pdf)
8. [depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Carbohidratos\\_1-5\\_1585.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Carbohidratos_1-5_1585.pdf) (2017)
9. <https://sites.google.com/site/grubioquimicaclinica/bases-bioqu/acidograsos>