

## Contenido

1.1	INTRODUCCIÓN.....	20
1.2	DEFINICIÓN Y GENERALIDADES DE LOS LÍPIDOS.....	20
	Figura 1. Estructura de fosfolípido .....	21
	Figura 2. Clasificación de los lípidos .....	21
1.3.	IMPORTANCIA FISIOLÓGICA Y NUTRICIONAL DE LOS LÍPIDOS.....	23
1.3.1.	Clasificación de ácidos grasos .....	24
	Figura 3. Estructura de ácido graso insaturado con doble enlace Cis.....	24
	Figura 4. Estructura de ácido graso insaturado con doble enlace Trans .....	24
	Figura 5. Estructura del ácido oleico: 18 $\Omega$ 9 (Omega 9) .....	25
	Figura 6. Ácidos grasos esenciales .....	26
	Figura 8. Estructura del ácido linolénico 18 $\Omega$ 3 (Omega 3) .....	28
	Figura 9. Beneficios del omega 3 .....	28
	Cuadro 1. Diferencias entre los ácidos grasos omega 3, omega 6 y omega 9 (21,22,4) .....	28
	Figura 11. Estructura ácido graso saturado .....	30
	Figura 12. Fuente alimentaria de ácidos grasos saturados.....	31
	Figura 13. Estructura tipo de fosfolípido.....	32
	Cuadro 2. Tipos de Fosfolípidos .....	32
	Figura 14. Estructura del colesterol .....	34
1.4.	FUNCIÓN DE LOS LÍPIDOS EN EL ORGANISMO.....	34
1.5.	METABOLISMO DE LOS LÍPIDOS .....	37
	Figura 15. Complejo enzimático ácido graso sintasa .....	39
	Figura 16. Digestión, absorción y transporte de lípidos.....	43
1.6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47

## CAPÍTULO I.

---

# LOS LÍPIDOS

## Y SUS GENERALIDADES

---

**Diane María Díaz Velásquez\***  
<https://orcid.org/0000-0001-8372-2268>  
[diane.diaz00@usc.edu.co](mailto:diane.diaz00@usc.edu.co)

**Anyi Tatiana Upegui Mayor\***  
<https://orcid.org/0000-0003-4370-6372>  
[tatiana.ueguimayor@gmail.com](mailto:tatiana.ueguimayor@gmail.com)

**Juliet Alejandra Arboleda Nava\***  
<https://orcid.org/0000-0002-4367-7615>  
[julieth12-13@hotmail.com](mailto:julieth12-13@hotmail.com)

**Angie Lisseth Vásquez Mucúa\***  
<https://orcid.org/0000-0003-0581-9106>  
[anili92@hotmail.com](mailto:anili92@hotmail.com)

\* Universidad Santiago de Cali  
Cali, Colombia

### **Cita este capítulo:**

Díaz-Velásquez D, Upegui-Mayor AT, Arboleda-Nava JA & Vásquez-Mucúa AL. Los lípidos y sus generalidades. En: Álvarez-Ramírez AA, López-Peláez J. & Meneses-Urrea LA. (eds. científicas). Dislipidemias y estilos de vida en jóvenes. Cali, Colombia: Editorial Universidad Santiago de Cali; 2020. p. 1



# LOS LÍPIDOS Y SUS GENERALIDADES

Diane María Díaz Velásquez  
Anyi Tatiana Upegui Mayor  
Juliet Alejandra Arboleda Nava  
Angie Lisseth Vásquez Mucúa

## 1.1 INTRODUCCIÓN

Los seres vivos están constituidos por millones de partículas que al unirse forman diferentes estructuras y dan lugar a la vida, desde moléculas tan diminutas hasta sistemas que hacen parte de un organismo. Hay elementos esenciales para la vida, como el “C-H-O-N” (Carbono, Hidrógeno, Oxígeno, Nitrógeno) donde estos interactúan entre sí, favorecen el equilibrio y generan nuevas estructuras, como las proteínas, carbohidratos y lípidos, entre otros <sup>(1)</sup>.

Los lípidos son sustancias naturales y multifuncionales que se pueden encontrar en diferentes formas en el cuerpo, que se adquieren de distintas fuentes alimentarias. La sociedad ha generado estereotipos, clasificando o catalogando a los lípidos como sustancias dañinas para el ser humano, por el contrario, éstos cumplen funciones importantes, como el almacenamiento de energía, aislamiento térmico y formación de membranas celulares.

En este capítulo se hará un recorrido sobre los lípidos haciendo énfasis en su conceptualización e historia, estructura, clasificación y funciones que realizan en el organismo; así mismo, se presentará su importancia metabólica como fuente secundaria de energía que requiere el organismo para sus procesos vitales. Finalmente, se mencionarán algunas propiedades fundamentales de estos compuestos.



## 1.2 DEFINICIÓN Y GENERALIDADES DE LOS LÍPIDOS

El término lípido, se origina del griego “lipos” que significa “grasas para alimentarse” o “grasas para unciones sagradas”. La palabra grasa proviene del latín “crassus”, que quiere decir grueso, denso, también sucio<sup>(2)</sup>.

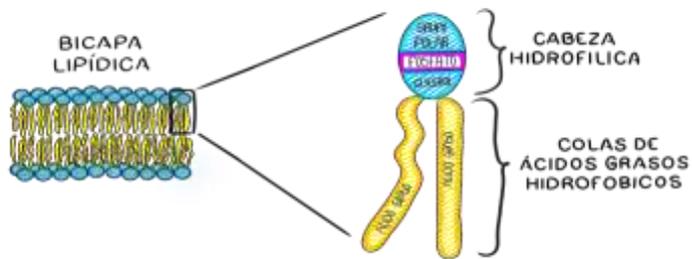
Fue el médico inglés William Prout en 1827, quien propuso la clasificación de sustancias alimenticias, entre las que se encontraban las grasas. Posteriormente el alemán Franz Knoop en 1905, describió el proceso bioquímico de metabolización de los ácidos grasos más conocido como beta oxidación<sup>(3)</sup>.

Los lípidos hacen parte del grupo de macromoléculas, son ácidos grasos carboxílicos de cadena larga con un único grupo carboxílico y una cola hidrocarbonada. Se diferencian unos de otros por la longitud de la cadena, el número y la posición de sus enlaces dobles. La mayoría de los ácidos grasos contienen en su cola carbonos, entre 14 y 24 <sup>(4)</sup>. Son sustancias no solubles en agua, pero sí en compuestos como el cloroformo y el éter; constituyen un amplio grupo, en los que se encuentran los aceites, las grasas, los esteroides, las ceras, entre otros <sup>(2)</sup>. La mayor parte de las grasas alimentarias se suministran en forma de triglicéridos, que se deben hidrolizar para dar ácidos grasos y monoglicéridos antes de ser absorbidos por los enterocitos de la pared intestinal <sup>(5,2)</sup>.

Estos compuestos desarrollan diferentes funciones tales como: moléculas combustibles que almacenan gran cantidad de energía, moléculas señal, constituyen las membranas biológicas y de protección mecánica en algunas partes del cuerpo <sup>(4)</sup>.

Respecto a su composición, los lípidos son un tipo de macromoléculas hidrocarbonadas de estructura hidrofóbica, aunque algunos de ellos son anfipáticos constituidos por una región hidrofílica (cabeza) y otra hidrofóbica (cola), este tipo de lípido es característico de las membranas celulares<sup>(6)</sup>, tal como se observa en la figura 1.

Figura 1. Estructura de fosfolípido



Fuente: Elaboración propia, 2019

2. Clasificación: los lípidos se clasifican de manera general en dos grupos, saponificables e insaponificables. Los primeros se dividen en complejos, simples y ácidos grasos. Los segundos comprenden los esteroides, eicosanoides y los isoprenoides <sup>(7)</sup>. En la figura 2 se puede observar la clasificación completa de estos compuestos.

Figura 2. Clasificación de los lípidos



Fuente: Elaboración propia, 2019

Entre la clasificación general de los lípidos, se exponen algunos que cumplen funciones relevantes en el organismo:

**1.21. Lípidos simples:** son ésteres de ácidos grasos con alcoholes. Estos a su vez se pueden clasificar en ceras y grasas, dependiendo del tipo de alcohol presente en su estructura <sup>(1)</sup>.

**1.21.1. Grasas:** Estas sustancias son triésteres de ácidos grasos y glicerol con tres moléculas de ácidos grasos. Estos compuestos necesarios para el organismo cumplen funciones de reserva energética, son indispensables en la absorción de vitaminas liposolubles (A, D, E, K), las cuales son importantes en el mantenimiento de una piel sana y nutrida. Igualmente participan en la producción de hormonas y aporte de lípidos de membrana. Durante su metabolismo y por la acción de enzimas como la lipasa se obtienen los ácidos grasos libres <sup>(8,1)</sup>.

**1.22. Lípidos complejos:** además de los ésteres de ácidos grasos y el alcohol, contienen ácidos grasos. Estos lípidos pueden tener otros componentes en su estructura, lo que permite subdividirse en tres grandes grupos <sup>(1)</sup>.

- **Fosfolípidos:** estos compuestos son los más importantes de las membranas biológicas, están constituidos por dos ácidos grasos esterificados a una molécula de glicerol y un grupo de cabeza polar unido por un enlace de fosfato, esta molécula se caracteriza por ser anfipática. Los fosfolípidos se construyen sobre un esqueleto de glicerol como los fosfoglicéridos o sobre una esfingosina, como la esfingomielina <sup>(9,1)</sup>.
- **Glicolípidos:** están formados por un ácido graso, carbohidratos y esfingosina. Por esta razón, también se denominan como glucoesfingolípidos <sup>(9,1)</sup>.
- **Otros lípidos:** en este grupo se encuentran las lipoproteínas, sulfolípidos y aminolípidos <sup>(9,1)</sup>.

**1.2.3. Lípidos precursores y derivados:** en esta categoría se encuentran los ácidos grasos, aldehydos grasos, las vitaminas liposolubles (A, D, E y K), glicerol y otros alcoholes, cuerpos cetónicos, esteroides, hormonas e hidrocarburos <sup>(8)</sup>.

### 1.3. IMPORTANCIA FISIOLÓGICA Y NUTRICIONAL DE LOS LÍPIDOS

Es importante destacar que, entre la clasificación, existen un grupo de lípidos que son fundamentales en el metabolismo y funcionamiento del cuerpo humano. Entre ellos encontramos: los ácidos grasos, los triacilgliceroles (triglicéridos), fosfolípidos y colesterol.

**1.3.1. Ácidos grasos.** Son ácidos formados por una cadena abierta de carbonos (alifáticos). En un extremo se ubica un grupo carboxilo (COOH) y en el otro extremo un grupo metilo (-CH<sub>3</sub>). La cadena puede ser de diferentes longitudes, dependiendo del tipo de ácido graso <sup>(10, 11, 1)</sup>. En el organismo, se pueden encontrar como aceites naturales, ésteres en grasas o como ácidos grasos no esterificados; que son una forma de transporte libre en el plasma <sup>(1)</sup>. En los animales, la cadena hidrocarbonada de los ácidos grasos no está ramificada <sup>(9)</sup>.

Los ácidos grasos pueden diferenciarse por la longitud de su cadena, el número de enlaces dobles y el nivel de saturación. Por tal razón, aquellos que no poseen uniones dobles son considerados saturados y los que poseen enlaces dobles se les denomina insaturados, dentro de los cuales se encuentran los monoinsaturados (un solo enlace doble), los poliinsaturados (con dos o más enlaces dobles) <sup>(9, 1)</sup>.

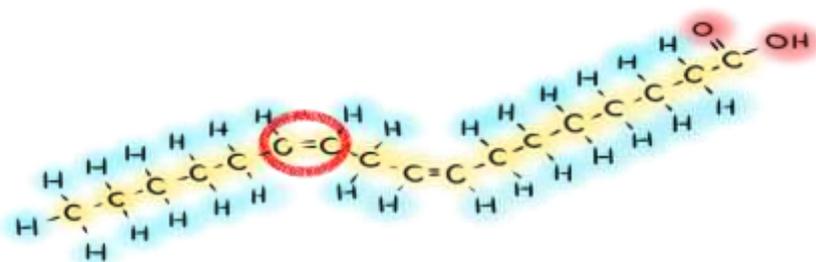
Algunos ácidos grasos son fundamentales para la nutrición, por tal razón su ausencia puede ocasionar descamación de la piel, retención de agua, alteración de la fertilidad y retraso en el crecimiento <sup>(12)</sup>. Dentro de estos ácidos grasos esenciales encontramos los poliinsaturados como el omega-3 ( $\omega$ -3) y el omega-6 ( $\omega$ -6), las ingestas de estos ácidos durante la dieta ofrecen beneficios para la salud <sup>(8, 11)</sup>. El omega-9 ( $\omega$ -9), no es considerado esencial, sin embargo, tiene un efecto importante sobre el sistema cardiovascular.

### 1.3.1.1. Clasificación de ácidos grasos

Según la presencia de enlaces dobles en su cadena, se pueden clasificar como:

- **Ácidos grasos insaturados:** Son cadenas de ácidos grasos con uno o varios enlaces dobles <sup>(13,1)</sup>. Se pueden presentar en dos formas, según la posición de los grupos R:
  - **Cis:** Ambos grupos R están en el mismo lado del enlace doble, ver figura 3.

Figura 3. Estructura de ácido graso insaturado con doble enlace Cis



Fuente: Elaboración propia, 2019

- **Trans:** Los grupos R se encuentran en lados diferentes del enlace doble (Figura 4)

Figura 4. Estructura de ácido graso insaturado con doble enlace Trans



Fuente: Elaboración propia, 2019

Muchas investigaciones han evidenciado que los ácidos grasos trans pueden ocasionar daños a la salud, desencadenando alteraciones en el perfil lipídico, riesgo cardiovascular y obesidad abdominal<sup>(14)</sup>. Además, aumentan el riesgo de diabetes mellitus<sup>(1)</sup>.

Por otro lado, los ácidos grasos insaturados también pueden clasificarse según el número de enlaces dobles. En razón de estos se pueden encontrar en <sup>(2)</sup>:

- **Monoinsaturados**

Son compuestos constituidos por cadenas carbonadas con un enlace doble, el componente principal de este grupo es el **ácido oleico, característico del omega 9**. Entre sus bondades se destaca la protección cardiovascular, el control de la diabetes, su alto poder antioxidante y la mejora del sistema inmunitario <sup>(15)</sup>.

- **Omega 9:** Este ácido se conoce como no esencial porque el organismo lo sintetiza por sí solo. Es una grasa monoinsaturada, se encuentra en membranas celulares y en vasos sanguíneos. En el cuerpo se representa como ácido oleico y ácido erúcido. El uso de este compuesto disminuye los procesos de peroxidación lipídica por ser una fuente rica en vitaminas antioxidantes. Otra función importante es que ayuda a aumentar el colesterol bueno (HDL) y reducen el colesterol malo (LDL) en sangre, ejerciendo beneficios en el sistema circulatorio y disminuyendo los factores de riesgo de padecer futuras enfermedades (16) (Figura 5).

Figura 5. Estructura del ácido oleico: 18  $\Omega$  9 (Omega 9)



Fuente: Elaboración propia, 2019

- **Poliinsaturados**

Poseen dos o más enlaces separados por grupos metilos. Entre estos ácidos grasos se incluyen los esenciales, que deben su nombre al hecho de que el organismo no tiene la capacidad de producirlos, razón por la cual deben ser obtenidos a través de la dieta. Entre estos se destacan el ácido linoleico, característico del omega-6 ( $\omega$ -6), el linolénico, característico del omega 3 ( $\omega$ -3) y el araquidónico. Estos son necesarios para mantener las funciones vitales del cuerpo humano <sup>(17)</sup>. Estos ácidos grasos provienen de diferentes fuentes alimentarias. <sup>(18,17)</sup>(Ver Figura 6).

Figura 6. Ácidos grasos esenciales



Fuente: Elaboración propia, 2020

- **Omega 6:** Familia de ácidos grasos poliinsaturados cuyo primer doble enlace se sitúa en el sexto átomo de carbono de la cadena,

se consideran saludables. El principal producto metabólico de la familia del omega 6 es la transformación del ácido linoleico en ácido araquidónico, lo cual ocurre en el hígado donde es transportado hacia los tejidos más lejanos e introducido a los fosfolípidos y triglicéridos que forman las lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL). Este omega 6 tiene propiedades antidermatíticas hepatoprotectoras, inmunoestimulantes y anticancerosas. Otro representante del omega 6 es el ácido dihomo-linoleico, que se caracteriza por tener enlaces cis, son fácilmente degradados en el organismo y por esta razón no se almacenan como los trans <sup>(11)</sup> (Figura 4).

Figura 7. Estructura del ácido linoleico 18Ω 6 (Omega 6)



Fuente: elaboración propia, 2019

- **El omega 3:** son ácidos grasos poliinsaturados esenciales; es decir, el organismo no es capaz de producirlos, sino que es necesario adquirirlos a partir de ciertos alimentos. Los tres principales ácidos grasos omega-3 son el ácido  $\alpha$ -linolénico (ALA), el ácido eicosapentaenoico (EPA) y el ácido docosahexaenoico (DHA). La ingesta de estos lípidos tiene beneficios muy importantes (Ver diagrama 3). Estudios realizados en algunas poblaciones que lo consumen de manera constante, han demostrado la disminución de presentar enfermedad cardiovascular en comparación con otros grupos que no lo consumen<sup>(19,15)</sup>. Otros estudios han asociado este tipo de lípido a la reducción del riesgo de dislipidemias, hipertensión arterial y deterioro cerebral, debido a la disminución de los niveles en sangre de triacilglicerol y colesterol total <sup>(19,15)</sup> (figura 5).

Figura 8. Estructura del ácido linolénico 18Ω 3 (Omega 3)



Fuente: elaboración propia, 2019

Figura 9. Beneficios del omega 3



Fuente: Elaboración propia, 2019

Las características que diferencian un omega del otro se pueden observar en el cuadro 1.

Cuadro 1. Diferencias entre los ácidos grasos omega 3, omega 6 y omega 9 <sup>(21,22,4)</sup>

	Omega 3	Omega 6	Omega 9
Tipo ácido graso	Poliinsaturado	Poliinsaturado	Monoinsaturado
	Ácido <i>linolénico</i>	Ácido <i>linoleico</i>	Ácido <i>oleico</i>
Estructura	18:3 w-3 Ácido <i>cis-cis-cis</i> -9,12,15-octadecatrienoico	18:2 w-6 Ácido <i>cis-cis</i> -9,12-Octadecadienoico	18:3 w-9 Ácido <i>cis</i> -9-octadecenoico

Síntesis endógena	Esencial (no producido por el organismo)	Esencial	No esencial (producido por el organismo)
Función	Antiinflamatorio Anticoagulante (antiagregante plaquetario) Disminuye el colesterol y triglicéridos y aumenta HDL en sangre Disminuye la presión arterial	Disminuye el riesgo de enfermedades: diabetes mellitus, enfermedad cardiovascular. Reduce el deterioro mental Antiagregante plaquetario	Disminuye el riesgo de diabetes mellitus y enfermedades cardiovasculares
Fuentes alimentarias	Pescados azules: salmón Semillas: girasol Frutos secos: nueces	Pescados azules: salmón, sardina, pescados grasos, huevos, vegetales Aceites: girasol, maíz, soya, maíz	Aceite oliva, grasas vegetales y animales

Fuente: Elaboración propia; 2020

Dentro de los ácidos grasos poliinsaturados, encontramos algunas moléculas derivadas de ellos, como son:

- **Los Eicosanoides:** son reguladores metabólicos derivados de ácidos grasos poliinsaturados esenciales de 20 carbonos, que actúan en los sistemas cardiovasculares, inmunitario, pulmonar y regulador <sup>(4,23)</sup>. Dentro del grupo de estas moléculas encontramos: los leucotrienos, lipoxinas, prostanoides, tromboxanos, prostaciclina y prostaglandinas, entre otros <sup>(20)</sup>.

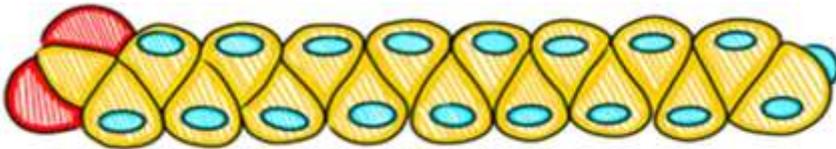
¿Dónde podemos encontrar los ácidos grasos insaturados?

Se conocen varios alimentos ricos en ácidos grasos insaturados, tales como aceites vegetales, leche, carne de bovino y oveja <sup>(24,17, 18)</sup>. (Ver Figura 10)

**Figura 10. Fuente alimentaria de ácidos grasos insaturados**

Fuente: Elaboración propia, 2019

- Ácidos grasos saturados: proceden tanto de la síntesis endógena como de la alimentación <sup>(11)</sup>. Son cadenas de ácidos grasos con enlaces sencillos carbono-carbono <sup>(24)</sup> (figura 8).

**Figura 11. Estructura ácido graso saturado**

Fuente: Elaboración propia, 2019

Algunos de los ácidos grasos saturados son ácido butírico, capríco, caprílico, palmítico, entre otros. Al igual que los ácidos insaturados, se diferencian según el número de carbonos en su estructura y hacen

parte de moléculas como los triglicéridos. Estos ácidos grasos se pueden encontrar en variadas fuentes alimentarias<sup>(17)</sup> (Ver figura 11).

Figura 12. Fuente alimentaria de ácidos grasos saturados



Fuente: Elaboración propia, 2019

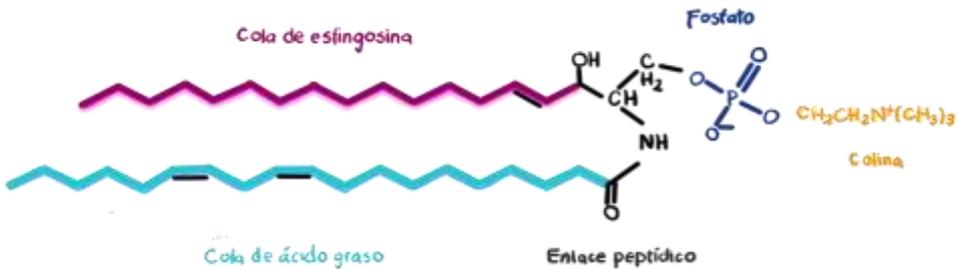
Los siguientes lípidos se caracterizan por su importancia biológica y estructural en el organismo:

**1.32 Triacilgliceroles.** Están constituidos por ésteres de glicerol que están unidos por tres ácidos grasos insaturados <sup>(1)</sup>. Estos se obtienen de la dieta diaria, se digieren, se metabolizan y almacenan en el tejido adiposo, donde la principal función es la forma de almacenamiento y transporte de ácidos grasos dentro de nuestro organismo. Los triglicéridos cumplen una función hidrófoba y se compactan en micelas (grupo de varios triglicéridos) dentro de la célula, las cuales se almacenan en células adiposas que forman el tejido adiposo<sup>(6)</sup>, almacenan una cantidad equivalente de energía en alrededor de un octavo del volumen del glucógeno. Estos compuestos se reducen y por esta razón, se oxidan más fácil y liberan más energía. Durante

el proceso del catabolismo de ácidos grasos se obtiene 38.9 KJ/g en comparación a los carbohidratos que son 17.2 KJ/g. También son ideales como reserva en temperaturas bajas, ya que los triglicéridos no son como el metal que es buen conductor de calor, sino que todo lo contrario, este obstaculiza la fácil liberación de calor <sup>(6)</sup>.

**1.3.3. Fosfolípidos.** Son muy parecidos a los triglicéridos, pero su característica, que los hace únicos, es que el tercer carbono del glicerol tiene un fosfato, desempeñan diferentes funciones y se pueden catalogar como multifacéticos (Ver cuadro 2). En los seres vivos conforman la membrana celular en la cual permiten el aislamiento del medio intracelular donde estos se comunican por proteínas de membrana, también como medio de comunicación en dos ambientes y como protección a estructuras básicas. Estos fosfolípidos son anfipáticos lo que quiere decir que cuentan con una cabeza polar que es hidrofílica (puede tener contacto con el agua) y su cola que es hidrofóbica, gracias a sus colas de ácidos grasos (repelen el agua, no tienen contacto con ella <sup>(9, 24)</sup>) (Ver figura 13).

Figura 13. Estructura tipo de fosfolípido



Fuente: Elaboración propia, 2019

Cuadro 2. Tipos de Fosfolípidos

SUSTANCIA	FOSFOLÍPIDO	CARACTERÍSTICA
Agua	Ácido fosfatídico	Es el precursor de otros fosfolípidos está conformado por un glicerol y dos ácidos grasos.

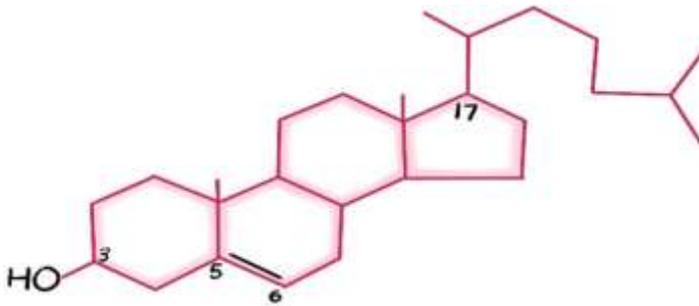
Colina	Fosfatidilcolina	Lectina, la obtenemos de alimentos como la yema del huevo, nueces, hígado, germen de trigo y tiene propiedades emulsionantes.
Etanolamina	Fosfatidiletanolamina	Cefalina es un fosfato unido a una serina y etanolamina, importante en el proceso de la coagulación de la sangre y es más predominante en sistema nervioso.
Serina	Fosfatidilserina	Es extraída de la soja, es muy importante en el proceso de renovación y reparación de la red neuronal, mantiene sustancias grasas y ayuda a que las membranas celulares sean más fluidas.
Glicerol	Fosfatidilglicerol	Se encuentra en el surfactante pulmonar desde las 35 semanas de gestación, tiene una capacidad tensioactiva.
Fosfatidilglicerol	Difosfatidilglicerol	También se conoce como cardiolipina, se caracteriza por tener cuatro grupos acilos en su estructura, abunda en la membrana mitocondrial interna de las eucariotas.
Inositol	Fosfatidilinositol	Es un fosfolípido presente en las membranas de células animales, por eso es la principal fuente de ácido araquidónico para la síntesis de eicosanoide.

Fuente: Elaboración propia, 2019

**1.34 Colesterol.** El colesterol es un lípido que se encuentra en todos los tejidos y células del cuerpo, pero principalmente en el tejido nervioso. En su gran mayoría, se dispone en forma de éster

de colesterol, cuyo grupo hidroxilo de la posición 3 (figura 14) se encuentra esterificado con una cadena larga de ácido graso. El colesterol es de suma importancia para la estructura y función de la membrana celular y es un constituyente de las lipoproteínas del torrente sanguíneo. Es un esteroide formado por la unión de cuatro anillos hidrocarbonados, que en uno de sus extremos tiene unida una cola hidrocarbonada y en el otro un grupo hidroxilo <sup>(6,8)</sup>.

Figura 14. Estructura del colesterol



Fuente: Elaboración propia, 2019

#### 1.4. FUNCIÓN DE LOS LÍPIDOS EN EL ORGANISMO

Muchas personas tienen un concepto cultural errado sobre una dieta balanceada; la mayoría de la población cree que los lípidos “grasas” son compuestos perjudiciales para la salud y que, en teoría, se deberían eliminar completamente de la dieta, aunque en la mayoría de los casos no se cumpla con esta regla. Por ello, es necesario resignificar el concepto de lípidos.

El descubrimiento de la importancia de los lípidos en la nutrición saludable ha sido un proceso que abarcó el siglo XX<sup>(3)</sup>. Burr y Burns descubrieron que los ácidos grasos eran críticos para la salud y acuñaron la frase ácidos grasos esenciales<sup>(12)</sup>.

Los lípidos son biomoléculas de suma importancia para el correcto funcionamiento de todas las células y los órganos del cuerpo humano. Así, su consumo a través de la dieta es indispensable, excepto por los ácidos grasos saturados e insaturados, que se requieren en cantidades pequeñas ya que el cuerpo cuenta con una fuente endógena a través del metabolismo basal. En pocas palabras es el almacenamiento de energía para todos los tipos de células exceptuando eritrocitos y células del sistema nervioso, además es el que se encarga del aislamiento térmico, protegiendo así los órganos vitales<sup>(12)</sup>.

**1.41 Función energética.** Los lípidos son una gran fuente energética para las células, dependiendo de las necesidades del organismo. Pueden ser usados como fuente de energía inmediata a través de la beta oxidación, a excepción de los glóbulos rojos y las células del sistema nervioso. La beta oxidación es un proceso que ocurre en la mitocondria de las células hepáticas, donde los lípidos o ácidos grasos que no han sido utilizados por el tejido epitelial del intestino pasan al hígado a través de la circulación portal y allí son degradados para formar ATP. Aunque la velocidad de este proceso es poco eficiente, se produce un alto aporte energético para las células. Por otro lado, los lípidos pueden ser almacenados a nivel del tejido adiposo en la forma de triglicéridos, para ser usados como fuente de energía a largo plazo, cuando el gasto sea mayor a la ingesta calórica<sup>(17,18)</sup>.

**1.42 Función fisicoquímica.** Los lípidos, específicamente fosfolípidos y colesterol, junto con las proteínas determinan las características estructurales y funcionales de la membrana celular<sup>(17)</sup>. Casi siempre que se habla de membrana celular esta se representa como una imagen estática y rígida, a decir verdad, la membrana celular es dinámica, ¿cómo así? Pues, esta no es una pared, es más bien una interacción entre el medio intra y extracelular; aquí es donde los lípidos cumplen otra función la de “repeler” aquello que no es apto o adecuado para que pase fácil o pasivamente. Además, los lípidos forman canales o puertas selectivas, estas son para dar acceso y paso a sustancias determinadas y sabiendo que los lípidos son hidrófobos hacen que la membrana tenga permeabilidad selectiva, y cuando se encuentran

en valores normales hacen que la célula esté en homeostasis. Es así como, la función estructural de los lípidos consiste en la señalización y reconocimiento celular, fluidez, emisión y captación de mensajes, transporte de moléculas y varias actividades enzimáticas <sup>(17)</sup>.

**1.43 Digestión.** A diferencia de los carbohidratos y proteínas de la dieta, las grasas no interactúan con el medio acuoso del tubo digestivo. La digestión de la grasa inicia en la boca donde se da la salivación, la masticación y la liberación de la lipasa lingual que provoca la liberación de pequeñas cantidades de ácidos grasos. Los alimentos son transportados a través del esófago hasta el estómago, donde se libera la lipasa gástrica. La mayor parte de la digestión y absorción de triglicéridos ocurre en el intestino delgado <sup>(8)</sup>.

Los lípidos disminuyen el tiempo del vaciado gástrico, lo que es responsable del efecto de saciedad o de llenura. Por otro lado, el ácido oleico promueve la liberación de ciertas hormonas como, colecistoquinina, polipéptido pancreático y la sustancia P, entre otras <sup>(17,18)</sup>.

**1.44 Función estructural, reguladora y transportadora.** Debido a su composición, desempeñan un papel fundamental en la regulación de la temperatura corporal. Además, protegen las células, estructuras y órganos de traumas. Los lípidos también participan en la absorción y transporte de las vitaminas liposolubles, A, D, E, K. Por su parte, los ácidos grasos esenciales; linoleico, linolénico y araquidónico, son indispensables en la dieta, porque el cuerpo humano no posee las enzimas que son necesarias para su síntesis. Estos lípidos regulan los procesos metabólicos a nivel de varios sistemas; pulmonar, cardiovascular, inmune, reproductor y secretor, que son indispensables para el desarrollo, crecimiento y mantenimiento de la buena salud. También se cree que los ácidos grasos esenciales participan en el proceso de transcripción genética <sup>(17,18)</sup>.

**1.45 Función hormonal e inflamatoria.** Los leucotrienos favorecen la inflamación, y producen constricción de los bronquios pulmonares;

como se observa en el proceso asmático. Las prostaglandinas cumplen una función hormonal local, con una gran importancia fisiológica y farmacológica<sup>(1,4,23)</sup>.

## 1.5. METABOLISMO DE LOS LÍPIDOS

El cuerpo humano funciona como un sistema abierto; utiliza los recursos obtenidos de una fuente externa para almacenar energía y satisfacer necesidades. Los lípidos son la fuente principal para ser precursores de otros metabolitos importantes en el organismo y de otras rutas metabólicas. En caso de emergencia, podemos utilizar esas reservas de lípidos y convertirlos en energía. Dependiendo de la circunstancia, el cuerpo puede hacer anabolismo, o catabolismo, como se puede ver en la siguiente imagen donde conoceremos más a fondo este proceso.

**1.5.1 Anabolismo de los lípidos.** Es el proceso enzimático en el cual se da la construcción de partículas complejas a partir de moléculas simples que se encuentran en la célula en este caso precursores de los ácidos grasos; en este proceso es necesario la utilización de ATP que es la energía de la célula para hacer este tipo conversiones y se da en simultaneo con el catabolismo dependiendo de los requerimientos del energéticos del cuerpo en ese momento.

Esta ruta metabólica ocurre en el citoplasma de las células, principalmente en el hígado, los ácidos grasos se sintetizan cuando la ingesta es mínima en grasas y bastante en carbohidratos<sup>(6)</sup>.

**1.5.2 Lipogénesis.** La mayoría de los ácidos grasos son sintetizados a partir de la glucosa de los alimentos, donde el resultado de la glucólisis es el piruvato que se convierte en acetil-CoA que se une con el oxalacetato en la mitocondria para sacar un intermediario de ácido cítrico, formando citrato este pasa al citoplasma y se fragmenta dejando el acetil CoA y comienza la formación de ácido palmítico<sup>(6)</sup>.

Mientras que ecosanoides, prostaglandinas, lipoxinas, tromboxanos y leucotrienos se construyen a partir de los ácidos grasos esenciales, que también se obtienen a partir de la dieta <sup>(1,4,7,10,23)</sup>.

El grupo de enzimas necesarias para síntesis de ácidos grasos se encuentra en las células de varios órganos como, el hígado, riñón, adipocito, glándula mamaria y pulmón, entre otros <sup>(7)</sup>.

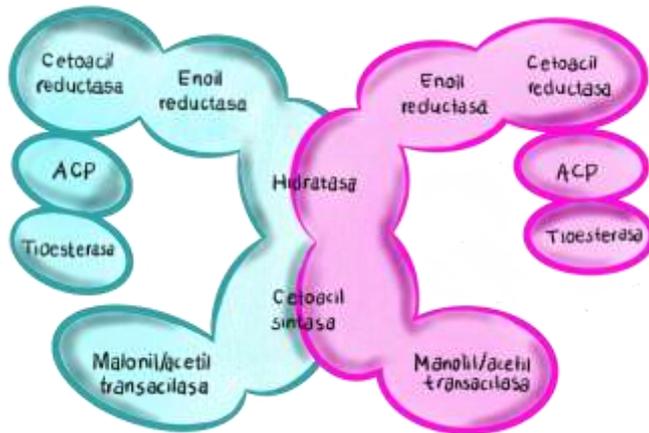
Existen unos componentes no proteicos denominados, cofactores; estos son necesarios para que las enzimas realicen su acción. Estos son, NADPH,  $\text{HCO}_3^-$ , ATP, entre otros. La NADPH proviene de la vía de la pentosa fosfato, ruta que permite la producción de ácidos nucleicos y nucleótidos a partir de ribosa <sup>(1,8,9)</sup>.

El acetil CoA proviene de la glucólisis, que es la ruta encargada de oxidar la glucosa en la matriz mitocondrial para la obtención de energía. El acetil CoA no puede atravesar la membrana de las mitocondrias. Por esta razón, se condensa con el oxaloacetato proveniente del ciclo de Krebs (respiración celular) para producir citrato. El citrato es capaz de atravesar la membrana hacia el citosol, por medio de un transportador. Una vez en el citoplasma celular, la enzima ATP- citrato liasa cataliza una reacción que permita la división del citrato en acetil CoA y oxaloacetato nuevamente. Así, el acetil CoA puede ser usado para la lipogénesis. El oxaloacetato puede formar NADPH, el cual queda disponible como cofactor para la lipogénesis <sup>(1,9,23)</sup>.

La primera etapa de la lipogénesis consiste en carboxilación del acetil CoA para formar malonil CoA, mediado por ATP y la enzima acetil-CoA carboxilasa. Luego, una secuencia de reacciones repetitivas permite la producción de palmitato libre a través del complejo enzimático ácido graso sintasa. Este complejo está constituido por 6 enzimas enlazadas con una proteína transportadora de acilo (ACP). La disposición de esta estructura se asemeja a una X. La tioesterasa es última enzima del complejo <sup>(7)</sup> (Ver figura 15).

Posteriormente, las moléculas de palmitato libre son direccionadas hacia otras rutas del metabolismo para la formación de acilgliceroles, ácidos grasos de cadena larga, ésteres de colesterol, entre otros <sup>(1,8,9)</sup>.

Figura 15. Complejo enzimático ácido graso sintasa



Fuente: Elaboración propia, 2019.

La alimentación es un potente regulador de la lipogénesis; si el individuo ingiere grandes cantidades de glucosa, la tasa de la lipogénesis es alta. Mientras que, una dieta baja en carbohidratos y alta en grasas deprimen la lipólisis. Así que, todo exceso de carbohidratos (principalmente glucosa) es convertido en ácidos grasos, que se pueden acumular en el organismo y depositar en los vasos sanguíneos, causando importantes problemas de salud; por lo cual, no se recomienda tener una dieta rica en calorías <sup>(1)</sup>.

**1.53 Catabolismo.** Es el proceso en el cual se reducen o degradan partículas grandes a moléculas simples que liberan energía. Los lípidos sencillos se almacenan en triglicéridos que se encuentran en el tejido adiposo; para que este proceso se dé, el cuerpo debe de estar en una inacción prolongada, por ende los niveles de glucosa en sangre están disminuidos, el cuerpo se pone en estado de alerta y activa una serie de hormonas (epinefrina, glucagón) entre otras,

que van a mandar señales a los adipocitos para que comiencen a degradar y poder obtener los niveles de energía en su estado normal. La degradación de los lípidos libera ácidos grasos, que abastecen de energía el cuerpo en situación de ejercicio prolongado o en momentos en que el consumo de energía sea superior a la ingesta de la dieta<sup>(10)</sup>. En la descomposición de los lípidos se llevan a cabo varias etapas como son: la lipólisis, la activación de los ácidos grasos, la entrada de los ácidos grasos a la mitocondria y la  $\beta$ -oxidación de los ácidos grasos.

#### 1.54 Movilización de lípidos

Los lípidos que circulan en sangre son los fosfolípidos, colesterol, triglicéridos (TG) y ácidos grasos; son macromoléculas hidrofóbicas, es decir, insolubles en medio acuoso<sup>(25, 26, 19)</sup> (Ver figura 14).

**1.541 Lipólisis.** El ser humano está en constante almacenamiento de energía, convirtiendo cada alimento que ingerimos en reservorio energético, cuando esta fuente principal falla, nuestro cuerpo tiene rutas alternas para no desfallecer en situaciones adversas como el ayuno, durante ejercicio en exceso, o respuesta a factores de estrés. La lipólisis se produce en el citoplasma de los adipocitos, donde los ácidos grasos están acumulados en gotitas.

Las hormonas que la activan son el glucagón y la epinefrina; en el momento que las reservas energéticas disminuyen, lo hace mediante una señal que activa al adenilato ciclasa, generando AMPc, el cual induce una serie de eventos de fosforilación que, proporcionan los productos glicerol y ácidos grasos, que luego son liberados en sangre<sup>(6,9)</sup>.

El glicerol que es liberado, viaja hasta el hígado donde entra a la formación de lípidos o de glucosa dependiendo del requerimiento que se necesita en ese momento<sup>(1,9)</sup>. El ácido graso que es liberado del adipocito, se une a la albumina sérica que lo transporta hacia los

tejidos del organismo. Una vez llegan a su a su lugar de destino, son absorbidos son utilizados por la célula para diferentes funciones, tales como, la reparación de membranas, obtención de energía a través de su degradación, o pueden ser almacenados para posterior utilización <sup>(9)</sup>.

**1.5.4.2 B-oxidación.** Se realiza en el hígado y el músculo, es un proceso aerobio, se da principalmente en la matriz de la mitocondria. Consta de la degradación de la cadena de ácidos grasos, donde dos átomos de carbono rompen su enlace, para producir acetil-CoA que participa luego en el ciclo de Krebs <sup>(6)</sup>.

Sin embargo, antes de la degradación, los ácidos grasos deben ser activados <sup>(9)</sup>. Los ácidos grasos de cadena larga se activan en la membrana externa de las mitocondrias<sup>(9)</sup>. Esta activación es realizada por las enzimas tiocinasas dependientes de ATP y la coenzima A, las cuales convierten los ácidos grasos en acil-CoA, permitiendo de esta manera su entrada en la matriz mitocondrial valiéndose de la lanzadera de carnitina <sup>(10)</sup>

Esta reacción se lleva a cabo en la membrana mitocondrial externa formando acilcarnitina y esta mediada por la enzima carnitina aciltransferasa I (CAT I). La acilcarnitina cruza a la membrana mitocondrial interna donde se transforma en ácido graso-CoA o acil-CoA que entra en la matriz. La segunda enzima es la carnitina aciltransferasa II (CAT II). Dentro de la mitocondria, el ácido graso-CoA sufre  $\beta$ -oxidación <sup>(23)</sup>.

En el proceso de  $\beta$ -oxidación la cadena de acilo grasa es sometida a degradación cíclica por medio de cuatro etapas que son: deshidrogenación en donde se presenta una remoción de hidrogeno, la hidratación, en la cual hay adición de agua, seguido de deshidrogenación y finalmente división. Este procedimiento se repite hasta que el ácido graso ha sido degradado por completo hasta convertirse en acetil CoA <sup>(8,10)</sup>.

**1.5.4.3 Cetogénesis (formación de cuerpos cetónicos).** Durante la situación de ayuno avanzada, mediante la lipólisis del tejido adiposo circula una gran cantidad de ácidos grasos, algunos de ellos son utilizados por el hígado para la producción de acetil CoA, gran parte de estos son convertidos en cuerpos cetónicos <sup>(7)</sup>.

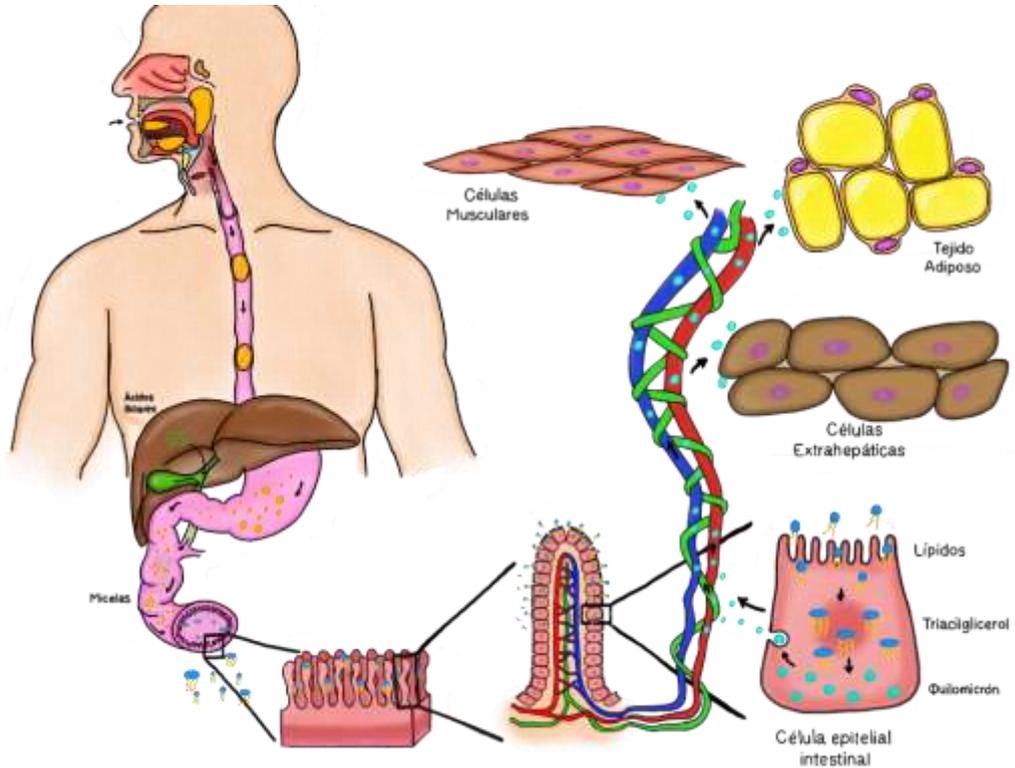
La síntesis de cetonas se realiza en la matriz mitocondrial de los hepatocitos <sup>(10)</sup>. Si predomina la degradación de las grasas, se forman los cuerpos cetónicos a partir del acetil CoA<sup>(4)</sup>. Las tres moléculas conocidas como cuerpos cetónicos sirven como sustrato para la producción de ATP. Los cuerpos cetónicos acetoacetato, D-3-hidroxi-3-metilglutaril-CoA y acetona se sintetizan continuamente en el hígado en condiciones bajas, sin embargo, cuando disminuye la glucosa intracelular su síntesis puede aumentar <sup>(9,10)</sup>.

La formación de acetoacetato se da a partir del acetil CoA en tres etapas, en donde se condensan dos moléculas de acetil CoA para formar acetacetil-CoA, reacción que es catalizada por una tiolasa. Seguido, el acetacetil-CoA reacciona con otro acetil CoA y agua para producir 3-hidroxi-3-metilglutaril-CoA (HMG-CoA), el cual se escinde en acetil CoA y acetacetato, reacción mediada por la HMG-CoA liasa.

El acetacetato se reduce para formar beta-hidroxi-3-metilglutaril-CoA. La acetona se produce por la descarboxilación espontánea del acetacetato cuando la concentración del acetacetato es muy elevada <sup>(1,7,9,17)</sup>.

En condiciones de inanición o en casos de diabetes descontrolada, se puede dar la cetosis, que se da por la acumulación excesiva de cuerpos cetónicos debido al procesamiento exagerado de los ácidos grasos para producción de energía. Esto se da porque no hay otras fuentes de energía posible <sup>(6)</sup>.

Figura 16. Digestión, absorción y transporte de lípidos



Fuente: Elaboración propia, 2019

### 1.55 Transporte de lípidos

Para que puedan ser transportados en sangre deben unirse a unas proteínas conocidas como apoproteínas. Las apoproteínas son moléculas anfipáticas; con un extremo hidrofílico. La unión de los lípidos y las apoproteínas forma las lipoproteínas <sup>(25,26,19)</sup>.

**1.5.5.1 Las lipoproteínas.** Las lipoproteínas son complejos solubles en agua, esféricos, con un centro compuesto de TG y colesterol esterificado, y una capa hidrofílica en su exterior con colesterol libre (no esterificado, fosfolípidos y apolipoproteínas) <sup>(9,26)</sup>.

Existen cuatro tipos principales de lipoproteínas circulantes en sangre, las cuales se diferencian según su densidad, composición, tamaño, función, entre otros. Estas son: lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL), lipoproteínas de baja densidad (LDL), lipoproteínas de alta densidad (HDL) y quilomicrones<sup>(26)</sup>.

En general, la función de estas partículas es el transporte de los lípidos desde el lugar de absorción o síntesis hasta los diferentes tejidos para ser metabolizados. El proceso de reconocimiento de las lipoproteínas por las células tisulares está mediado por ciertos receptores específicos de membrana. Los lípidos son el principal contenido de las VLDL, LDL y quilomicrones, mientras que las HDL son ricas en proteínas<sup>(26)</sup>.

**1.5.5.2 Quilomicrones.** Son partículas sintetizadas a nivel del intestino delgado las cuales se encargan de transportar los lípidos absorbidos, hacia los tejidos; principalmente el músculo esquelético y adiposo. Son de gran tamaño, 100 - 1200 nm, y el 90 % de su contenido consiste en TG. Las Apo B-48 es la principal apoproteína de los quilomicrones. Sin embargo, los quilomicrones pueden tener otras apoproteínas como Apo A-I, Apo a-II, Apo C-II, Apo-E, entre otras<sup>(26)</sup>.

**1.5.5.3 Lipoproteína de muy baja densidad - VLDL.** Su tamaño es de aproximadamente 45-100 nm de diámetro y son sintetizadas por los hepatocitos a partir de TG principalmente (90%). La principal apoproteína es la Apo B-100. Las VLDL se encargan del transporte de TG producidos por el organismo; endógenos, hasta los diversos tejidos. Cabe resaltar que, la lipólisis de esta clase de lipoproteínas resulta en la producción de IDL (lipoproteínas de densidad intermedia) y a su vez, la lipólisis de éstas forma las lipoproteínas de baja densidad (LDL)<sup>(25)</sup>.

**1.5.5.4 Lipoproteína de baja densidad - LDL.** Están constituidas principalmente por colesterol, con un tamaño de 20-25 nm de diámetro, las cuales transportan el colesterol hacia las células tisulares para ser metabolizadas. Su principal apoproteína es la Apo B-100<sup>(25)</sup>.

**1.5.5.5 Lipoproteína de alta densidad - HDL.** Los fosfolípidos son su principal lípido y la Apo A-I es su principal apoproteína. Su tamaño es de aproximadamente 10-25 nm de diámetro. Son sintetizados en el intestino delgado y en los hepatocitos. Mediante un proceso llamado Transporte reverso de colesterol, las HDL se encargan de transportar el colesterol que se encuentra en los demás tejidos, hacia el hígado. Dicho colesterol es eliminado a través de la excreción corporal o utilizado para la producción de sales biliares. Las sales biliares emulsionan los lípidos de la dieta para que puedan ser absorbidos en el intestino delgado. Este flujo de colesterol desde las células periféricas hacia el hígado permite que se realice de manera adecuada la homeostasis del colesterol en el cuerpo, lo que disminuye los niveles de este lípido, evita su acumulación en la circulación arterial y la formación de placas de ateroma, con enfermedades cardiovasculares subsecuentes. Por otro lado, las HDL transportan varias enzimas como la paraoxonasa 1 PON1, la ceruloplasmina, transferrina y el factor activador de plaquetas acetil hidrolasa PAF-AH. Estas enzimas cumplen un papel fundamental en la disminución de la inflamación y el equilibrio oxidativo. Por su parte, las HDL poseen en su estructura la esfingosina-1-fosfato (S1P) y la apoproteína Apo A-1, las cuales participan en la prevención de la muerte de las células de todo el organismo <sup>(25,26)</sup>.

Las HDL también cumplen otras funciones importantes como:

**1.5.6 Propiedad antiaterogénicas.** Esta propiedad permite la eliminación del colesterol de las células, especialmente de los macrófagos, estas células que recogen el colesterol de la LDL, lo transportan normalmente hasta las partículas de HDL. Cuando este transporte falla o el nivel de HDL está disminuido, los macrófagos forman células espumosas y facilitan la formación de placas ateroscleróticas.

**1.5.7 Antioxidante y anti-inflamatorio.** El estrés oxidativo es una condición que puede causar daños importantes en los tejidos, y es un riesgo potencial para el desarrollo de la enfermedad cardiovascular.

En las dislipidemias, enfermedad coronaria, diabetes mellitus, neuropatías, y en la enfermedad inflamatoria se producen grandes cantidades de LDL con radicales libres en su interior, las cuales causan un estrés oxidativo a nivel celular y promueven la aterogénesis <sup>(5,26)</sup>.

Las HDL poseen varias enzimas como, la PON1 la cual se encarga de mediar el proceso de degradación de los lípidos oxidados presentes en los LDL. Esto impide que se desencadene un proceso inflamatorio con liberación de citosinas y adhesión de leucocitos al endotelio con posterior progresión de la aterosclerosis. Por otro lado, dicha enzima disminuye de forma directa la peroxidación de los lípidos que se encuentran en el interior de las placas de ateroma en las arterias carotídeas y coronarias. En otras palabras, las HDL previenen la producción de lípidos oxidados y facilitan su degradación <sup>(26)</sup>.

**1.58 Anti-apoptótica.** Las HDL tienen en su estructura dos componentes importantes, las cuales son responsables del efecto antiapoptótico; la apoproteína A-I y la S1P. La unión de estos elementos a su respectivo receptor de membrana SR-BI y S1P2, activa la proteína quinasa Akt, generando unas señales que bloquean la vía mitocondrial de la apoptosis (muerte de las células de forma programada), presente en varias patologías como la aterosclerosis. A través de este mecanismo, las HDL tienen la capacidad de interferir en el potencial de membrana de las mitocondrias, en la activación de las enzimas caspasas 3 y 9, y en la liberación de especies de oxígeno reactivo y de citocromo C <sup>(26)</sup>.

**1.59 Anti-plaquetaria.** La mayoría de los síndromes coronarios agudos son causados por trombos provenientes de placas de ateroma de tipo inestable. Las HDL bloquean la formación de factor tisular, lo que impide la producción de elementos pro-coagulantes. Por otro lado, estas lipoproteínas evitan la unión del fibrinógeno a las plaquetas e inhiben la producción de trombina. Además, a través del receptor de HDL SR-RI presente en la superficie de las plaquetas, las HDL inactivan la proteína quinasa C dependiente de Fosfatidilinositol. Esto limita la agregación de las plaquetas y su unión al fibrinógeno, así como la liberación de los gránulos plaquetarios <sup>(26)</sup>.

De acuerdo a lo referido, es importante tener en cuenta que se debe equilibrar la ingesta de alimentos ricos en grasas saturadas y ácidos grasos trans, debido a que el cuerpo puede acumular grandes cantidades de tejido adiposo y aumentar progresivamente el peso y el índice de masa corporal. Así mismo, la ingesta excesiva de lípidos, asociada al sedentarismo, entre otros factores, pueden provocar grandes problemas de salud como enfermedades cardiovasculares, dislipidemias y obesidad. Finalmente es importante reconocer que el consumo constante de ácidos grasos esenciales en la dieta aporta grandes beneficios a la salud, debido a que ayudan a disminuir el riesgo de presentar enfermedad cardiovascular, dislipidemias y diabetes mellitus tipo 2.

## 1.6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Rodwell VW, Bender DA, Botham KM, Kennelly PJ, Weil PA. Harper. *Bioquímica ilustrada*. 30.a ed. México D. F: McGraw-Hill Interamericana; 2016. p. 211-280
2. Mesa García MD, Aguilera García CM, Gil Hernández A. Importancia de los lípidos en el tratamiento nutricional de las patologías de base inflamatoria. *Nutr. Hosp.* vol.2. 2006;(0212-1611):30-41.
3. Valenzuela B Alfonso, Morgado T Nora. Las grasas y aceites en la nutrición humana: algo de su historia. *Rev. chil. nutr.* [Internet]. 2005 Ago [citado 2018 septiembre 17]; 32(2): 88-94. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182005000200002>.
4. Feduchi Canosa E, Blasco Castiñeyra I, Romero Magdalena CS, Yáñez Conde E. *Bioquímica: conceptos esenciales*. 2.a ed. Madrid, España: Médica Panamericana; 2015. p. 49-65; 255-276.
5. Domínguez R, Lorenzo J. Effect of genotype on fatty acid composition of intramuscular and subcutaneous fat of Celta pig breed. *Grasas y Aceites*. 2014 0017-3495. Disponible en: <https://doi.org/10.3989/gya.0234141>
6. McKee T, McKee JR. *Bioquímica. Las bases moleculares de la vida*. 5a ed. México D.F: McGraw-Hill Interamericana; 2013. p. 340-425.

7. Garrido Pertierra A, Teijón Rivera JM, Blanco Gaitán MD, Olmo López R, Teijón López C, Castel Segui B. Bioquímica metabólica. Conceptos y Tests. 2a ed. Madrid: Tébar, S.L.; 2009. p. 53-75.
8. Erdman J, Macdonald I, Zeisel S. Nutrición y dieta en la prevención de enfermedades. 10a ed. McGraw-Hill Interamericana de España S.L.; 2014. p.101-109;113-124
9. Stryer L, Berg JM, Tymoczko JL. Bioquímica con aplicaciones clínicas [Internet]. 7a ed. Barcelona: Reverté S.A; 2013 [citado 17 junio 2018]. Disponible en: <http://www.libreriaherrero.es/pdf/REVE/9788429176025.pdf>
10. Horton Szar D. Lo esencial en Metabolismo y nutrición [Internet]. 4a ed. Barcelona: Elsevier; 2013 [citado 21 julio 2019]. Disponible en: [https://www.academia.edu/29281657/Lo\\_esencial\\_en\\_Metabolismo\\_y\\_Nutricion\\_4ta\\_Edicion](https://www.academia.edu/29281657/Lo_esencial_en_Metabolismo_y_Nutricion_4ta_Edicion)
11. Ros E, Miranda JL, Picó C, Rubio MA, Babio N, et al. Consenso sobre las grasas y aceites en la alimentación de la población española adulta; postura de la Federación Española de Sociedades de Alimentación, Nutrición y Dietética (FESNAD). Nutr Hosp. [Internet]. 2015 [citado 18 julio 2018];32(2):435-477. Disponible en: <http://www.nutricionhospitalaria.com/pdf/9202.pdf>
12. Burr GO. Essential Fatty Acids: The Work of George and Mildred Burr. The journal of biological Chemistry. 2012;287(42):35439-35441. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3471758/pdf/zbc35439.pdf>
13. Lozano Teruel JA. La Nutrición es Con-Ciencia. 2a ed. Madrid: Murcia. Universidad de Murcia. Servicio de Publicaciones.; 2011. Disponible en: <https://www.um.es/lafem/DivulgacionCientifica/Libros/2011-La%20nutricion-completo.pdf>
14. Ballesteros Vásquez MN, Valenzuela Calvillo LS, Artalejo Ochoa E, Robles Sardin AE. Ácidos grasos trans: un análisis del efecto de su consumo en la salud humana, regulación del contenido en alimentos y alternativas para disminuirlos. Nutr Hosp [Internet]. 2012 [citado 25 agosto 2019];27(1):54-64. Disponible en: [http://scielo.isciii.es/pdf/nh/v27n1/07\\_revison\\_06.pdf](http://scielo.isciii.es/pdf/nh/v27n1/07_revison_06.pdf)

15. Gil A. Tratado de nutrición. Bases fisiológicas y bioquímica de la nutrición. 2a ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana S.A; 2010. Disponible en: [https://books.google.com.co/books?id=64x-gRS5520C&pg=PA307&dq=omega a+6+beneficios&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEWjc4Y-ayMnqAhWBdd8KHUBODY4Q6AEWAHoECAAQAg#v=onepage&q=omega%20%20beneficios&f=false](https://books.google.com.co/books?id=64x-gRS5520C&pg=PA307&dq=omega+a+6+beneficios&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEWjc4Y-ayMnqAhWBdd8KHUBODY4Q6AEWAHoECAAQAg#v=onepage&q=omega%20%20beneficios&f=false)
16. Jiménez F, Pascual V, Meco J, Martínez P. Documento de recomendaciones de la SEA 2018. El estilo de vida en la prevención cardiovascular. *Clin Invest Arterioscler*. 2018; (6):280-310. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-clinica-e-investigacion-arteriosclerosis-15-pdf-S0214916818300834>
17. Hoyos Serrano M. Lípidos: características principales y su metabolismo. *Revista de Actualización Clínica*. 2014; 2142-2145. Disponible en: [http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/raci/v41/v41\\_a04.pdf](http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/raci/v41/v41_a04.pdf)
18. Cabezas C, Hernández B, Vargas M. Aceites y grasas: efectos en la salud y regulación mundial. *Rev. Fac. Med*. 2016;64(4):761-8.
19. Solórzano Solórzano SL. Estudio de dislipidemias en pacientes adultos en el hospital de machala. 1a ed. Ecuador: editorial académica española ; 2018.
20. Sanhueza Catalán J, Durán Agüero S, Torres García J. Los ácidos grasos dietarios y su relación con la salud. *nutrición hospitalaria*. 2015; (1699-5198) Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3305/nh.2015.32.3.9276>.
21. Valenzuela BA, Valenzuela BR. Ácidos grasos omega-3 en la nutrición ¿cómo aportarlos? *Rev. chil. nutr*. 2014 Jun; 41 (2): 205-211. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182014000200012>.
22. Villamor E, Marín C, Mora M, Casale M. Cooking with soybean oil increases whole-blood  $\alpha$ -linolenic acid in school-aged children: results from a randomized trial. *Public Health Nutrition*. 2015; 18(18):3420-3428. Disponible en: <https://europepmc.org/article/med/25805397>
23. Lieberman M, Ricer R. *Bioquímica, biología molecular y genética*. 7a ed. España: Wolters Kluwer Health; 2020.

24. Velásquez G. Fundamentos de alimentación saludable. 1a ed. Medellín, Colombia: Editorial Universidad de Antioquia; 2006
25. Lipoproteínas: metabolismo y lipoproteínas aterogénicas. *Medicina Legal De Costa Rica*, 2014. 31(2215-5287).
26. Contreras S, Varas P, Awad F, Busso D, Rigotti A. Papel protector de las lipoproteínas de alta densidad en sepsis: aspectos básicos e implicancias clínicas. *Revista Chilena de infectología*. 2014; (0716-1018). Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-10182014000100005>.