



**TECNOECUATORIANO**  
INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO

# LIBRO DE TEXTO: QUÍMICA DE LOS ALIMENTOS



AUTOR

EDGAR EDURMAN  
GARCÍA SILVERA

Quito – Ecuador  
Septiembre 2024



### Libro de texto: Química de los alimentos

Edgar Edurman García Silvera  
Instituto Superior Tecnológico Tecnoecuatoriano  
egarcia@istte.edu.ec  
<https://orcid.org/0000-0001-8116-8427>

### Este libro ha sido sometido a revisión de doble par académico:

Dra. Selene Ayala Pilco, Mgs.  
Instituto Superior Tecnológico Vicente León  
SENESCYT

Dra. Tanya Velásquez Cajas  
Distrito 05D06 Salcedo  
Ministerio de Salud Pública del Ecuador

**Corrección de estilo:** Ángel Velásquez Cajas  
**Diseño y diagramación:** Juan Carlos Tapia  
Calama

**Primera Edición**  
Instituto Superior Tecnológico Tecnoecuatoriano  
Rimana Editorial  
Quito – Ecuador  
Septiembre 2024

**ISBN:** 978-9942-676-93-1



**Dedicatoria**

A mi Padre Celestial, Jesucristo.

## Agradecimientos

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mi esposa, cuya paciencia, apoyo incondicional y amor constante, han sido la fuerza que me ha impulsado en cada paso de este proyecto. A mi madre y mi padre, quienes con su ejemplo de esfuerzo, dedicación y valores me enseñaron a perseguir mis metas con determinación.

Asimismo, extendo mi gratitud a las autoridades del Instituto Superior Tecnológico Tecoecuadoriano, quienes con su confianza y respaldo hicieron posible que este libro tomara forma. Este logro es el reflejo de un esfuerzo colectivo y una inspiración compartida. A todos ustedes, gracias por ser parte esencial de este camino.

Dr. Edgar Edurman García Silvera

## Biografía del autor

---

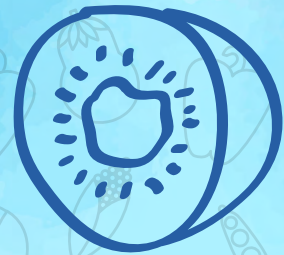
### ■ Ph.D. Edgar Edurman García Silvera.

Ingeniero químico de la Universidad de Oriente, Cuba. Máster en Ingeniería de los Procesos Biotecnológicos del ISPJAE, Cuba. PhD en Ciencias Naturales realizado en el CEIB de la UAEM, México. Realizó sus estudios posdoctorales en la UANL, Monterrey, México. Ha trabajado en diferentes Centros de investigación como: Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología (CEIGB), Centro Nacional de Investigaciones Científicas de Cuba (CENIC), Centro de Productos Naturales (CPN), Instituto de Biotecnología de la UNAM (IBT), Centro de Investigaciones en Biotecnología (CEIB), México. Como docente, se ha estado trabajando en diferentes universidades e institutos tanto en Cuba, México como en Ecuador. Con una sólida experiencia en investigación, ha publicado libros y artículos sobre ciencia, tecnología e innovación.





# ÍNDICE



# ÍNDICE DE CONTENIDOS

Presentación 10

Objetivo general 10

## 11

### PRIMERA UNIDAD

#### Conceptualización de los alimentos y el agua

Alimento. 12

Nutrimiento. 12

Condimento. 12

Complemento. 12

Suplemento. 13

Distribución de agua en los alimentos. 13

Actividad acuosa. 14

Influencia del agua en la estabilidad de los alimentos. 16

Alimentos con humedad intermedia. 17

Preguntas de reflexión de la primera unidad. 18

Actividades de trabajo de la primera unidad. 19

## 20

### SEGUNDA UNIDAD

#### Hidratos de carbono

Función en los alimentos. 21

Reacciones. 21

Caramelización. 22

Gelificación. 23

Hidratación. 23

Hidrólisis. 23

Efecto en el valor nutritivo. 24

Preguntas de reflexión de la segunda unidad. 25

Actividades de trabajo de la segunda unidad. 26



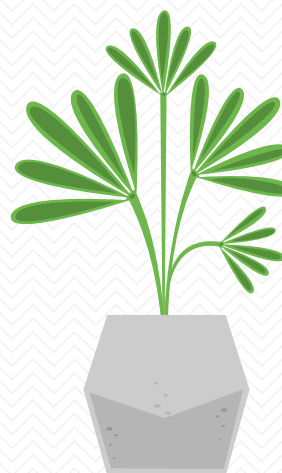
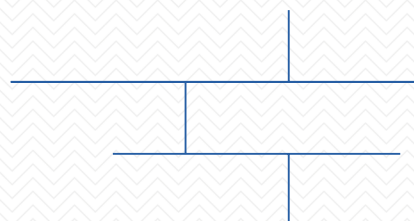
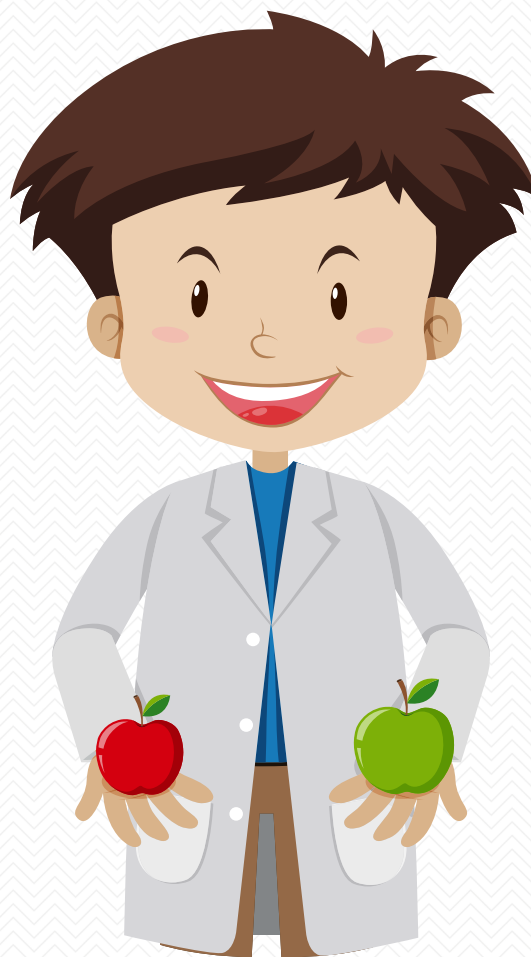


# 27

## TERCERA UNIDAD

### Proteínas y enzimas

Función en los alimentos de las proteínas.	28
Desnaturalización de proteínas por reacciones químicas y físicas.	28
Alteración de proteínas y efecto en el valor nutritivo.	30
Las enzimas en la producción de alimentos.	32
Estructura de las enzimas.	33
Mecanismo de acción.	34
Sitio activo.	34
Cinética enzimática.	36
Efecto de la concentración de enzima.	36
Efecto de la concentración de sustrato.	37
Efecto de la concentración de cofactores.	38
Efecto del pH.	39
Efecto de la temperatura.	40
Efecto de los inhibidores.	41
Pardeamiento enzimático.	42
Preguntas de reflexión de la tercera unidad.	43
Actividades de trabajo de la tercera unidad.	44





# 45

## CUARTA UNIDAD

### Lípidos y sustancias lipídicas

Clasificación de los lípidos.	46
Función de los lípidos en los alimentos.	51
Rancidez: hidrólisis y auto oxidación.	52
Efecto en el valor nutritivo.	53
Preguntas de reflexión de la cuarta unidad.	54
Actividades de trabajo de la cuarta unidad.	55

# 56

## QUINTA UNIDAD

### Colorantes, pigmentos y sistemas coloidales

Colorantes y pigmentos.	57
Estructura y función de los pigmentos en los alimentos.	58
Pigmentos sintéticos.	60
Estabilidad de los pigmentos.	61
Estructura y función de aromas y sabores de los alimentos.	62
Sistemas coloidales.	63
Soluciones.	64
Soles.	66
Espumas.	66
Emulsiones.	67
Geles.	71
Estabilidad de los coloides en los alimentos.	71
Preguntas de reflexión de la quinta unidad.	72
Actividades de trabajo de la quinta unidad.	73

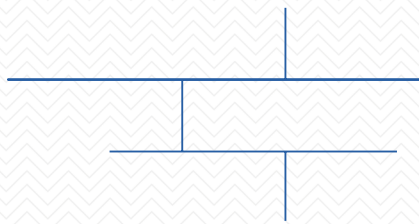


# 74

## SEXTA UNIDAD

### Vitaminas, minerales y sabores en los alimentos

Vitaminas y minerales.	75
Sabores.	84
Preguntas de reflexión de la sexta unidad.	86
Actividades de trabajo de la sexta unidad.	87
<b>Bibliografía.</b>	<b>88</b>



## Presentación

Este libro examina estos componentes a lo largo de cinco secciones. La primera parte aborda la importancia y características de los elementos que conforman los nutrientes. Luego, se profundiza en los carbohidratos, proteínas, enzimas y lípidos. La última sección explora la química de los pigmentos, colorantes y coloides. Cada unidad ofrece una visión general de la química de los alimentos, y el propósito del libro es motivar al estudiante a profundizar en los temas presentados. Para ello, se incluyen lecturas y trabajos independientes al final de cada unidad que facilitan un estudio más exhaustivo.

Dr. Edgar Edurman García Silvera

---

### ■ Objetivo general

Al finalizar el curso, el estudiante conocerá los alimentos en sus aspectos físicos, químicos, organolépticos y de valor nutritivo, a través del análisis de los cambios que sufren los nutrimentos en la transformación de los alimentos, ayudando a la minimización de la pérdida de nutrientes y conservación de su valor nutricional.





# PRIMERA UNIDAD

## Conceptualización de los alimentos y el agua



## Primera unidad: Conceptualización de los alimentos y el agua

**Objetivo:** analizar los conceptos de la química de los alimentos, para el conocimiento de los factores involucrados en la transformación de alimentos y la importancia química del agua en los alimentos.

---

### ■ Alimento

Los nutrientes provienen de los alimentos ¿Cuál es la diferencia entre comida y nutrientes? La comida proporciona la energía (en la forma de calorías) así como los materiales necesarios para construir y mantener todas las células del cuerpo. Los nutrientes son las sustancias obtenidas de los alimentos que son vitales para el crecimiento y mantenimiento de la salud.

Los organismos emplean los alimentos para realizar funciones esenciales: suministrar energía, construir, reparar y mantener los tejidos del cuerpo; también, para suministrar sustancias químicas que regulan los procesos del cuerpo y sustancias químicas que protegen el organismo.

---

### ■ Nutrimento

Los nutrientes son los componentes naturales más importantes de los alimentos. Estos son esenciales para que los organismos puedan vivir y crecer. Los principales nutrientes primarios o básicos) incluyen proteínas, grasas (como triacilgliceroles, fosfolípidos y otros lípidos). Además, están los carbohidratos (poli-, oligosacáridos y monosacáridos), que son esenciales para el valor nutricional de los alimentos, ya que aportan energía y materiales estructurales. Entre los nutrientes orgánicos se encuentran las vitaminas, mientras que los nutrientes inorgánicos incluyen minerales, agua y oxígeno.

Los nutrientes se pueden clasificar en esenciales y no esenciales. Los nutrientes esenciales, como los ácidos grasos, aminoácidos, algunas vitaminas y minerales, no pueden ser sintetizados por el organismo, mientras que los no esenciales son producidos a partir de moléculas precursoras. También, se pueden clasificar de acuerdo a la cantidad requerida como macronutrientes, que se requieren en grandes cantidades diarias, generalmente, en órdenes de gramos y están los micronutrientes, que se requieren en pequeñas cantidades en el orden de los miligramos.

---

### ■ Condimento

Es un ingrediente que se le añade a la comida para darle un sabor complementario o especial.

---

### ■ Complemento

Muchos compuestos químicos se añaden intencionalmente a los alimentos y se conocen



como complementos o aditivos. Su objetivo es proteger a los alimentos del deterioro y la oxidación, así como mejorar ciertos aspectos de su calidad, como valor nutricional, aroma, sabor, color y textura.

### ■ Suplemento

Los suplementos (también conocidos como suplementos alimenticios o suplementos nutricionales), son alimentos genéticamente modificados y otros productos adicionales. Los suplementos dietéticos proporcionan nutrientes, fibra y diversas sustancias biológicamente activas de los alimentos. Generalmente, están clasificadas según sus efectos como antioxidantes y anticancerígenos, que faltan o no se consumen en cantidades suficientes en las comidas. En algunos países, los suplementos dietéticos se consideran alimentos, mientras que en otros se definen como medicamentos o productos naturales para la salud. Además, pueden incluir vitaminas y minerales esenciales para la nutrición.

### ■ Distribución de agua en los alimentos

El agua es una de las sustancias más abundantes en la biosfera. En la química de los alimentos, este líquido es parte de un grupo de nutrientes (junto con proteínas, lípidos, carbohidratos, vitaminas y minerales) que son necesarios para el funcionamiento normal de los organismos vivos.

Se ha reportado que el consumo y producción diaria de agua por un adulto es de, aproximadamente, 2500 g: aproximadamente 1500 g (mínimo de 600 g) se excretan en la orina, alrededor de 550 g excretada a través de la piel (sudoración), se exhalan 350 g de agua en el aire y 100 g en heces. La sustitución de esa misma cantidad se cumple con agua exógena en varias formas de bebidas (alrededor de 1300 g) y alimentos (alrededor de 900 g). Finalmente, aproximadamente 300 g de agua es obtenida por oxidación de los principales nutrientes, proteínas, lípidos y carbohidratos (agua endógena).

El contenido de agua en los alimentos es muy variable. Fundamentalmente, se relaciona con la composición química de las materias primas alimentarias, la forma de su procesamiento como producto final y el almacenamiento de estos productos. El agua constituye del 50% al 90% en el peso de las materias primas de las plantas y de origen animal, así como de muchos alimentos; el resto se llama materia seca. De acuerdo con su contenido de agua, los alimentos se dividen en alimentos con contenido de agua alto, medio y bajo (Tabla 1).

**Tabla 1**

Contenido de agua en distintos alimentos en porcentajes.

Bebidas		Alimentos	
Refrescos bajos en calorías	90-100	Frutas	75-90
Bebidas deportivas	90-100	Verduras	70-90
Limonada preparada	90-100	Yogurt	86
Zumos vegetales	90-100	Pescado blanco	80
Café preparado	90-100	Pescado azul	65
Té preparado	90-100	Carne	45-65
Zumos de frutas	85-90	Patata	75-80
Refresco habitual	85-90	Pan	35
Leche	85-90	Huevo	75
Consomé y sopas	90-95	Frutos secos	1-5

Fuente: adaptado de Bebidas naturales (2024). <https://bebidas-naturales.com/que-cantidad-de-agua-tienen-los-alimentos>

Existen dos términos fundamentales relacionados con el agua en los alimentos: agua libre y agua ligada. Estos hacen referencia a la forma y al estado energético del agua en el alimento. El agua libre, o congelable, es aquella que se evapora fácilmente y se congela primero. Por otro lado, el agua ligada es la porción que no se congela a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , por eso, también se le llama agua no congelable. De acuerdo a su proporción, así se clasifican los alimentos según la Figura 1.

**Figura 1**

Características de los alimentos hidratados y deshidratados.

$C(\text{agua libre})/C(\text{agua ligada}) \gg 1$ ▲	Producto contiene mucha agua
$C(\text{agua libre})/C(\text{agua ligada}) \ll 1$ ▲	Producto deshidratado

Fuente: autoría propia

### ■ Actividad acuosa

La actividad del agua tiene un impacto considerable en las características organolépticas de los alimentos, como la textura, el olor, el sabor y el color. También, influye en la resistencia de los alimentos al crecimiento microbiano, a las reacciones enzimáticas (bioquímicas) y a las reacciones no enzimáticas (químicas) que ocurren durante el procesamiento y almacenamiento. Junto con el pH, dicho proceso se considera un punto crítico en la seguridad alimentaria.

La actividad de agua es un concepto que hace referencia a la cantidad de agua libre que está disponible en los alimentos para el crecimiento microbiano y se simboliza con la letra *a<sub>w</sub>*. La actividad de agua de una comida no es lo mismo que su contenido de humedad. El contenido de



agua de muchos alimentos y sus actividades varían de acuerdo con la humedad del aire ambiente (la temperatura), ya que hay una sorción constante o desorción de agua.

La actividad del agua de un alimento es proporcional a la temperatura cuando se mantiene constante la humedad relativa del aire. Esto significa que, a medida que la temperatura aumenta, la actividad del agua también tiende a aumentar, siempre y cuando la humedad relativa del entorno se mantenga constante. Un aumento en la temperatura de 10 °C causa un aumento en el valor de actividad de agua del alimento de aproximadamente 0.03 a 0.2 y puede tener un efecto negativo en la estabilidad de alimentos envasados, donde el contenido de agua en el sistema es constante.

Conocer la actividad del agua en los alimentos y la humedad relativa del aire permite predecir cómo interactuarán los alimentos con el ambiente. Esto ayuda a determinar cuándo un alimento se secará o se humedecerá, en función de su actividad de agua y de la humedad relativa del aire circundante. Si la actividad de agua del alimento es mayor que la humedad relativa del aire, el alimento tenderá a perder humedad y secarse. Por el contrario, si la actividad de agua es menor que la humedad relativa del aire, el alimento absorberá humedad y se humedecerá.

Si la actividad del agua en los alimentos es más alta que la humedad relativa ambiental, la comida pierde agua y se seca hasta el equilibrio que está establecido. En el equilibrio, la actividad del agua en los alimentos es igual a la humedad relativa de equilibrio del aire ambiente. Por otro lado, si la actividad del agua en los alimentos es menor que la humedad relativa del aire, los alimentos toman agua del aire ambiente y se vuelven húmedos. En la Tabla 2, se muestra diferentes valores de actividades mínimas para el crecimiento de microorganismos, aunado a los alimentos que pueden proporcionar estos valores de actividad.

**Tabla 2**

*Relación de la actividad del agua y el crecimiento de microorganismos.*

Rango de $a_w$	Microorganismos inhibidos por el valor inferior de $a_w$	Ejemplo de alimentos con esos valores de $a_w$
0,95-1	Bacilos Gram(-), esporas bacterianas, algunas levaduras.	Alimentos con 40 % de azúcar y 7 % de sal (embutidos cocidos).
0,91-0,95	Cocos, Lactobacillus, células vegetativas de la familia <i>Bacillaceae</i> , algunos hongos.	55% azúcar, 12 % sal, (jamón seco, queso de mediana maduración).
0,87-0,91	Mayoría de las levaduras.	65% sacaro sa saturados, 15 % sal, ejemplo el salami, queso madurado.
0,8-0,87	Hongos, <i>Staphilococcus aureus</i> .	Harina, arroz, 15 -17 % de agua, leche condensada azucarada.
0,75-0,8	Bacterias halofílicas.	Alimentos 26 % sal (saturados), jaleas, mermeladas.
0,65-0,75 0,60-0,65	Hongos xerofílicos, levaduras osmofílicas.	Avena 10 % agua , frutas disecadas, 15 -20 % de agua, caramelos 8 % de agua.

Fuente: tomado de Alvarado Mujica (2015). <https://es.slideshare.net/JazminAlvaradoMujica>.

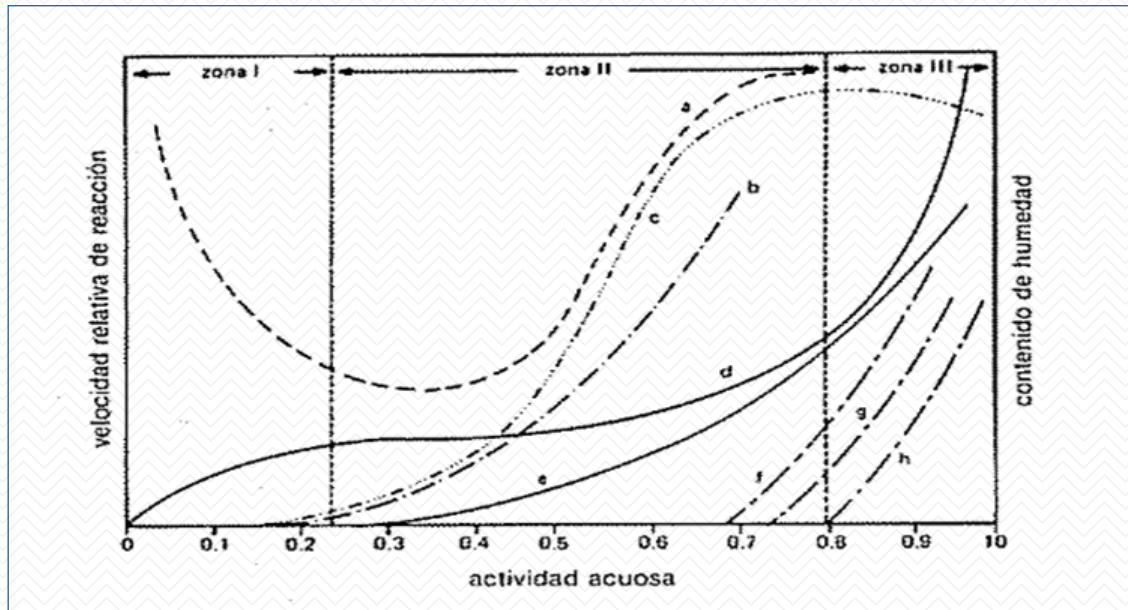


### ■ Influencia del agua en la estabilidad de los alimentos

En la Figura 2 se representa la influencia de la actividad del agua en distintas reacciones químicas y enzimáticas que se establecen en los alimentos durante su procesamiento y almacenaje.

**Figura 2**

*Cambios que ocurren en los alimentos en función de la actividad acuosa a 20°C.*



*Nota.* a) oxidación de lípidos; b) reacciones hidrolíticas; c) oscurecimiento no enzimático; d) isoterma del contenido de humedad; e) actividad enzimática; f) crecimiento de hongos; g) crecimiento de levaduras; h) crecimiento de bacterias. Fuente: Tomado del libro de Salvador Badui Dergal (2006).

En la figura anterior se establecen tres zonas que se relacionan con el contenido de agua en un producto. La zona III se considera agua libre, fácil de congelar y evaporar, la zona II, por el contrario, es más difícil de congelar y evaporar el agua. La zona I es la más difícil de eliminar en los procesos de secado.

La hidrólisis enzimática de los lípidos en la carne seca es un proceso insignificante, hasta el punto donde la actividad del agua disminuye por debajo de 0.4. Aunque la tasa de autooxidación de lípidos disminuye con la disminución actividad del agua, hasta alrededor de 0.3-0.5, porque una cierta cantidad del agua inhibe la descomposición de los hidroperóxidos lipídicos, aumenta de nuevo con la disminución de la actividad del agua con un máximo velocidad de reacción en la actividad del agua cercana a cero. Este extraño comportamiento se explica por la eliminación de agua de los sitios hidrofílicos del material; por lo tanto, más moléculas de lípidos están expuestas al oxígeno atmosférico.

La velocidad de reacción de Maillard u oscurecimiento no enzimático, aumenta con una disminución gradual de la actividad del agua. La velocidad máxima de reacción se encuentra en una actividad del agua de alrededor de 0.7 - 0.8, que se atribuye al aumento de la concentración de



reactivos (compuestos amino y azúcares reductores). Con la disminución adicional de la actividad del agua, la velocidad de reacción disminuye. La reacción de Maillard no procede en absoluto cuando la actividad del agua disminuye a menos de 0.2-0.3, porque la movilidad de los reactivos es demasiado baja. En la Figura 2 se observa que el crecimiento de levaduras, hongos y bacterias se incrementa con el incremento de la actividad del agua.

### ■ Alimentos con humedad intermedia

Estos alimentos que presentan una actividad de agua entre 0.65 y 0.86 tienen una larga vida de almacenamiento y no necesitan rehidratarse o enfriarse para su conservación. Se obtienen disminuyendo la actividad de agua en el alimento o añadiendo solutos altamente hidratables que retienen el agua, reduciendo a la misma vez la actividad de esta. Ejemplos de estos procesos son la disminución de actividad del agua por evaporación de leche, que se convierte en leche evaporada, mermeladas, jaleas, etc. Dentro de los solutos que se emplean, se encuentran azúcares (glucosa, sacarosa, fructosa), sales (NaCl, KCl y varias sales fosfatos), polialcoholes (sorbitol, glicerina, PPG, manitol), ácidos (fosfórico, láctico, cítrico, ascórbico, fumárico), hidrolizados de proteínas, entre otros. La combinación de estas sustancias conservadoras incide en la estabilidad de los alimentos de humedad intermedia.

## Preguntas de reflexión de la primera unidad

Los nutrimentos, son la base de la incorporación de muchos componentes que necesita el organismo para su existencia. ¿Cuáles son? ¿Qué características presentan? ¿Cuáles son sus fuentes? Son las respuestas que buscan resolver.

1. ¿Por qué es importante estudiar los nutrimentos?
2. Realice una distribución de los nutrimentos en el cuerpo de un hombre, mujer, papas, filete de res, manzana. ¿Por qué es importante conocer esta distribución?
3. ¿Cómo la actividad del agua afecta las propiedades organolépticas en los alimentos?
4. ¿Qué son las curvas típicas de adsorción y desorción en alimentos?
5. Explique la función del agua en el organismo.
6. ¿Qué implicaciones tiene una alta actividad de agua en los alimentos?
7. ¿Qué es nutrimento?
8. ¿Por qué los alimentos con actividad de agua intermedia pueden ser almacenados por largo tiempo?



## Actividades de trabajo de la primera unidad

1. Elabore un cuadro sinóptico que incluya el contenido básico de lo aprendido en esta unidad. Realice un glosario de la unidad.

---

2. Investigue las proporciones de agua que se excreta y se deben adicionar en una mujer, teniendo en cuenta que el agua adicionada proviene de la ingesta de agua, agua contenida en los alimentos y agua producida por el metabolismo. En cambio, el agua que se excreta, proviene de la respiración en la piel, riñón, orina y heces fecales. Realice un esquema donde se muestra este balance.

---

3. Haga un esquema resumen de la situación de valores mínimos de actividad del agua para el crecimiento de microorganismos de importancia en alimentos.

---

4. Realice un diagrama de un proceso industrial de procesamiento de alimentos, identificando las áreas donde se emplea el agua. Investigue los aspectos de calidad que están relacionados en la industria con la calidad de los alimentos producidos.

---

5. Se propone el análisis de los siguientes videos. Realice un cuadro sinóptico de cada video.

a) Cátedra de ciencias químicas para ingeniería (UNED Costa Rica). (2016). Actividad de agua.

<https://www.youtube.com/watch?v=IxQUaXA2UFc>

b) Sebastián Peralta. (2016). Clasificación de los alimentos. <https://www.youtube.com/watch?v=VtzxmXV6D5g>

c) Yerline Miranda Camacho. (2017). Alimentos de humedad intermedia.

<https://www.youtube.com/watch?v=QMyfdl2D5tw>

---



# SEGUNDA UNIDAD

## Hidratos de carbono





## Segunda unidad: Hidratos de carbono

**Objetivo:** conocer la función y las reacciones químicas en las que se involucran los hidratos de carbono.

### ■ Función en los alimentos

Los carbohidratos están compuestos principalmente por los elementos carbono, hidrógeno y oxígeno. Su fórmula general es  $(\text{CH}_2\text{O})_n$ . Los carbohidratos son una fuente crucial de calorías para el cuerpo, proporcionando aproximadamente 4 kcal por gramo, en comparación con los alcoholes azucarados que aportan alrededor de 2 kcal por gramo. Junto con las proteínas y los lípidos, los carbohidratos son un nutriente primario esencial y se dividen en simples y complejos. Los azúcares simples, también conocidos como azúcares, son moléculas relativamente pequeñas. Los más básicos de estos azúcares simples son los monosacáridos, que consisten en una sola unidad de azúcar.

Otros azúcares simples se obtienen uniendo dos monosacáridos para formar un disacárido. La condensación de un gran número de moléculas de monosacárido se les llama polisacáridos. Entre ellos tenemos el glucógeno, almidón, fibras.

La función de los carbohidratos en las dietas es la satisfacción de las necesidades calóricas de las células corporales. La glucosa es un azúcar simple que el cuerpo puede obtener de la mayoría de los carbohidratos y es una fuente importante de calorías para la mayoría de las células. Además, los carbohidratos ayudan a prevenir la cetosis, una condición que ocurre cuando el cuerpo utiliza grasa en lugar de glucosa para obtener energía.

Una ingesta mínima de carbohidratos, al menos de 50 a 100 g / día, es necesaria para el catabolismo completo de las grasas en dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y agua. Cuando la ingesta de carbohidratos cae por debajo de este nivel, la liberación de la hormona insulina disminuye, lo que resulta en la liberación de una gran cantidad de ácidos grasos del tejido adiposo para proporcionar energía a las células del cuerpo. Estos ácidos grasos viajan en el torrente sanguíneo al hígado. La posterior descomposición incompleta de estos ácidos grasos en el hígado da como resultado la formación de compuestos ácidos llamados cuerpos cetónicos o cetoácidos, ocasionando una afección llamada cetosis o cetoacidosis.

### ■ Reacciones

Los monosacáridos son polihidroxialdehídos o polihidroxicetonas, que contienen múltiples grupos hidroxilo (-OH) y un grupo aldehído o cetona. Los cambios químicos en los monosacáridos están relacionados con la transformación de estos grupos funcionales, lo que afecta su reactividad y sus propiedades químicas.

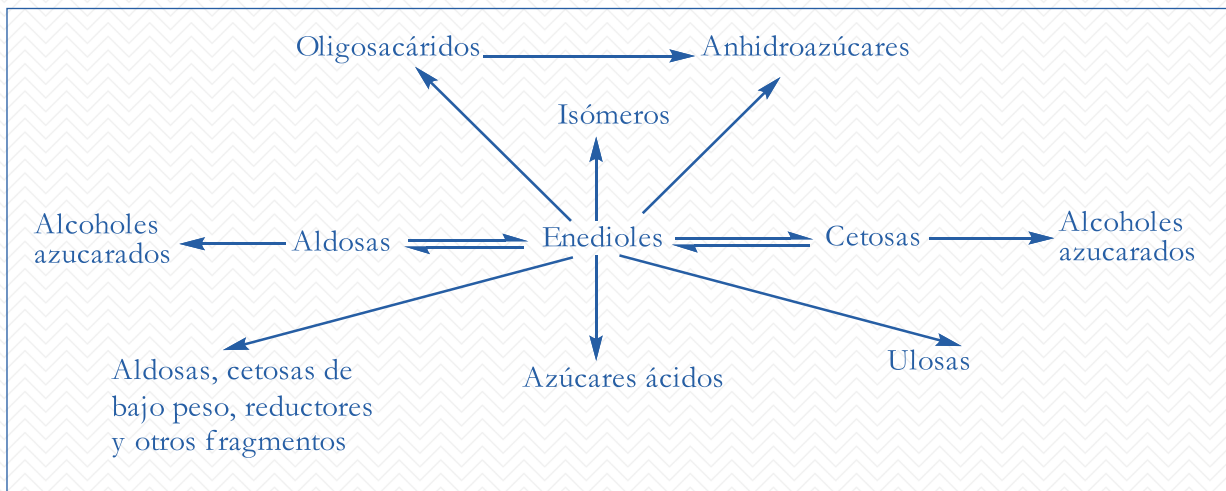
Los monosacáridos son sustancias altamente reactivas que pueden transformarse en una variedad de productos durante el almacenamiento y procesamiento de alimentos. Su alta reactividad les permite participar en diversas reacciones químicas, que puede afectar tanto la calidad como las propiedades del alimento.



Las reacciones más comunes e importantes de los carbohidratos son sus interacciones con compuestos amino, conocidas como reacciones de pardeamiento no enzimático. Estas reacciones también pueden ocurrir en ausencia de compuestos amino. Una de las principales reacciones de los carbohidratos con compuestos amino es la reacción de Maillard, que involucra la interacción entre carbohidratos (como azúcares) y aminoácidos o proteínas. Dicha reacción es la responsable del color y el sabor característicos de muchos alimentos cocidos y procesados. En la Figura 3 se muestran las principales reacciones de los monosacáridos.

**Figura 3**

*Reacciones principales de los monosacáridos.*



*Fuente:* autoría propia.

### ■ Caramelización

La caramelización de azúcares, también conocida como reacción de oscurecimiento o pirólisis, es el proceso en el que los azúcares se calientan por encima de su punto de fusión. Este calentamiento provoca la descomposición de los azúcares y la formación de compuestos complejos que resultan en un color dorado a marrón y un sabor característico. El caramelo se produce calentando azúcares o con la adición de sustancias que aceleran la caramelización (catalizadores, como ácidos carboxílicos y algunas sales) a temperaturas superiores a aproximadamente 120 °C, típicamente de 150 a 190 °C, pero no superiores a 240 °C.

Las materias primas para la producción de caramelo son en su mayoría sacarosa, glucosa, fructosa, jarabe de glucosa o almidón. Durante el modo discontinuo (lote) de producción de caramelo, estos materiales se calientan a 120-180 °C, de 5 a 10 horas en presencia de un catalizador, el pH puede ser ácido o básico, esto depende del punto isoelectrónico del caramelo. La elección del catalizador depende del uso previsto del caramelo.

El caramelo se utiliza para dar color a productos como cerveza, bebidas alcohólicas, refrescos, vinagre, confitería, panadería y productos cárnicos. Además de los constituyentes de alto peso molecular, el caramelo contiene diversas sustancias de bajo peso molecular, como azúcares sin reaccionar, ácidos (principalmente ácido pirúvico), anhídridos de azúcar, derivados de furano y pirano



y fragmentos de azúcar. Estas sustancias de bajo peso molecular son los principales precursores de las reacciones que generan melanoidinas poliméricas de color marrón.

Las reacciones que toman lugar durante la caramelización de azúcares son similares a las que ocurren durante la reacción de Maillard (como deshidratación, isomerización y retroaldolización). A diferencia de la reacción de Maillard, la caramelización produce compuestos nitrogenados en menor extensión. En cambio, en la serie de reacciones que se conocen como la reacción de Maillard, durante el almacenamiento y procesamiento de los alimentos, ocurren reacciones de los azúcares reductores con compuestos amino; estas reacciones producen una cantidad de compuestos de carbonilo altamente reactivos que reaccionan entre sí y también con los compuestos amino presentes.

---

### ■ *Gelificación*

Los gránulos de almidón son insolubles en agua fría y forman suspensión, debido a que su estructura es altamente organizada; a la misma vez, mantienen una gran estabilidad por las múltiples interacciones que presentan sus polisacáridos constituyentes. En agua fría, la suspensión de gránulos de almidón puede absorber una pequeña cantidad de agua. Por otro lado, cantidades relativamente grandes de agua se absorben durante el calentamiento sin perturbar la integridad de los gránulos hasta cierta temperatura, aproximadamente, en un rango de 50 a 70 °C, llamada temperatura de gelatinización inicial, en la que se produce la hinchazón de los gránulos y el aumento de volumen. En esta temperatura, se alcanza el máximo de viscosidad, aunque también varía debido a que los gránulos presentan distintas composiciones y grado de cristalinidad, a pesar que provengan de la misma fuente.

---

### ■ *Hidratación*

Es una propiedad inherente de los carbohidratos: forma puentes de hidrógeno con el agua, debido a sus grupos hidroxilo (-OH) en la estructura. Esta capacidad es utilizada en el control de la actividad del agua en los alimentos, especialmente, en aquellos con humedad intermedia. Algunos carbohidratos son higroscópicos, que significa que absorben humedad del aire. Cuando los azúcares presentan esta propiedad, deben almacenarse en recipientes cerrados y herméticos para evitar la absorción excesiva de humedad.

A altas temperaturas, como a 70 °C, los gránulos de almidón absorben agua que equivale aproximadamente 25 veces su peso. Por ejemplo, 1 g de almidón de papa seca puede ocupar un volumen de aproximadamente 200 ml después de la hinchazón. La liberación de amilosa de los gránulos aumenta la viscosidad. En una concentración suficiente (aproximadamente en una suspensión al 1%), el almidón produce pasta viscosa de almidón.

---

### ■ *Hidrólisis*

La hidrólisis, por vía química, ocurre en presencia de ácidos, como HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, en una concentración 0.1N a temperaturas superiores a los 55 °C, en un tiempo de reacción que oscila entre 10 y 20 horas. Bajo estas condiciones, las regiones amorfas de un gránulo se hidrolizan, pero casi nada de la región cristalina lo hace. En el caso del cuerpo humano, la hidrólisis de los polisacáridos



y oligosacáridos ingeridos se la hace hacia sus monosacáridos componentes antes de ser absorbidos. La digestión del almidón comienza por la acción de la saliva  $\alpha$ -amilasa y continúa con  $\alpha$ -amilasa pancreática en el intestino delgado. La hidrólisis produce  $\alpha$ -dextrinas, oligómeros de maltosa, maltosa y pequeñas cantidades de glucosa.

La sacarosa es digerida en el revestimiento del intestino delgado por sacarasa en glucosa y fructosa. La lactosa se hidroliza a glucosa y galactosa por la acción de la enzima lactasa. Por otra parte, las pectinas, pasan sin digerir al intestino grueso y son parcialmente hidrolizadas por bacterias intestinales. Algunos carbohidratos, como la celulosa, no se digieren en absoluto, ya que los humanos carecen la enzima celulasa. Después de la digestión, el intestino delgado (principalmente duodeno) absorbe la glucosa disponible y otros monosacáridos y los lleva a enterocitos. Solamente la glucosa y la galactosa se absorben activamente (mediante el co-transporte con sodio usando el mismo transportador de hexosa), mientras que la fructosa pasa en el enterocito mediante difusión facilitada a través de otra hexosa transportadora. La glucosa, la galactosa y la fructosa son transportadas del enterocito a través de otro transportador de hexosa y luego se difunde en los capilares sanguíneos dentro de las vellosidades.

### ■ Efecto en el valor nutritivo

Los carbohidratos se encuentran en una amplia variedad de alimentos como: azúcar de mesa, mermelada, gelatina, fruta, jugos de frutas, refrescos, papas al horno, arroz, pasta, cereales y panes. Otros alimentos, como frijoles secos, lentejas, maíz, guisantes y productos lácteos (leche y yogur), también son buenas fuentes de carbohidratos y también aportan proteínas y, en algunos casos, grasas a nuestras dietas. Alimentos con poco o nada de carbohidratos son las carnes, pescado, aves de corral, huevos, aceites vegetales, mantequilla y margarina. En la Tabla 3, se muestran fuentes de carbohidratos en alimentos.

**Tabla 2**

*Relación de la actividad del agua y el crecimiento de microorganismos.*

Azúcares	Fuentes alimenticias
Azúcar	Miel
Sucrosa	Sirope de maíz
Azúcar parda	Sirope de maíz con alto contenido de fructosa
Azúcar invertida	Sirope de Maple
Glucosa	Dextrina
Sorbitol	Dextrosa
Levulosa	Fructosa
Polidextrosa	Maltosa
Lactosa	Caramelo
Manitol	Azúcar de frutas

*Fuente:* autoría propia



Según la cantidad recomendada diaria (RDA), los adultos necesitan alrededor de 130 g al día de carbohidratos digeribles, para suministrar glucosa adecuada para el cerebro y el sistema nervioso central, sin tener que depender del reemplazo parcial de glucosa por cuerpos cetónicos como fuente de energía. Entidades que investigan la alimentación, recomiendan que, para satisfacer las necesidades energéticas totales del cuerpo, la ingesta debería ser considerablemente más alta, oscilando entre el 45 y el 65% de la ingesta total de energía. Sin embargo, esto depende del estado de salud de la persona y su edad.

Por otra parte, la ingesta adecuada de fibra se basa en un objetivo de 14 g / 1000 kcal consumidos. Para adultos hasta la edad de 50 años, la ingesta adecuada se establece en 25 g para las mujeres y 38 g para los hombres. Después de los 50 años, la ingesta adecuada cae a 21 g / día y 30 g / día, respectivamente. La ingesta adecuada de fibra tiene como objetivo reducir el riesgo de enfermedad diverticular, enfermedades cardiovasculares y otras enfermedades crónicas.

## Preguntas de reflexión de la segunda unidad

Cuando se prueba un dulce, una galleta, un refresco, uno de sus mayores componentes son los hidratos de carbono. ¿Qué papel juegan en la salud? ¿Qué rol desempeñan en el organismo?

1. ¿Cuál es la importancia biológica de los hidratos de carbono?
2. ¿Cuáles alimentos son buenas fuentes de hidratos de carbono?
3. ¿Qué tipos de hidratos de carbonos son clasificados como polisacáridos?
4. Compare la hidrólisis de hidratos de carbono vía química y por el sistema digestivo en el hombre.
5. Mencione tres reacciones químicas de los hidratos de carbono en la industria alimenticia.
6. Explique por qué los hidratos de carbono son fuentes primarias como nutrimento en el cuerpo humano.
7. ¿Cuál es la diferencia y semejanzas entre monosacáridos, disacáridos y polisacáridos?

## Actividades de trabajo de la segunda unidad

1. Realice un estudio en cuanto a fuentes y beneficio a la salud de los polisacáridos digestibles, como almidón y glucógeno y polisacáridos no digestibles como las fibras.

---

2. Realice un estudio de los edulcorantes artificiales, en cuanto a su uso, contenido de azúcar, origen y limitaciones de su uso, comparado con la sucrosa = 1.

---

3. Realice un plan de acción para personas con sobrepeso, para reducir el consumo de azúcar en cuanto a su compra en el supermercado, en el consumo en la cocina y mesa.

---

4. A través de procesos industriales donde se procesen alimentos, explique y realice un diagrama de bloque de los procesos de caramelización, gelatinización, hidratación en alimentos. Explique la importancia de estos procesos.

---

5. Los videos que se exponen a continuación son un resumen de lo estudiado en la unidad. Realice un resumen de cada video haciendo un mapa conceptual.

a) Priscila Aguirre. (2014). Reacción Maillard.  
<https://www.youtube.com/watch?v=3nSU6TcMz1E>

b) Efi-ciencia red. (2014). Glúcidos: Polisacáridos energéticos. Almidón, amilosa, amilopectina, glucógeno, hidrólisis.  
<https://www.youtube.com/watch?v=RiCqyCunqKE>

c) Manolo González. (2014). Gelificantes: aditivos alimentarios en la producción culinaria.  
<https://www.youtube.com/watch?v=Fcl9ZbRJR48>

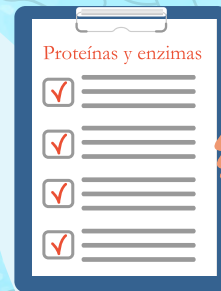
---





# TERCERA UNIDAD

## Proteínas y enzimas





## Tercera unidad: Proteínas y enzimas

**Objetivo:** conocer la función y las reacciones químicas en que se involucran proteínas y enzimas.

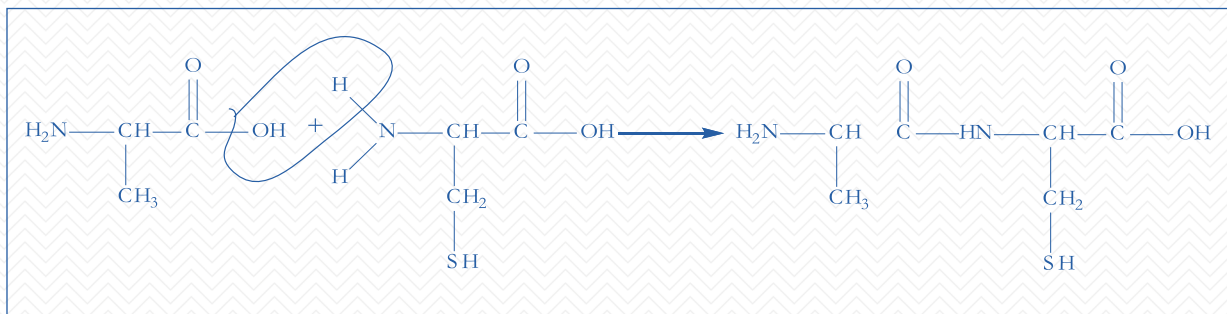
### ■ Función en los alimentos de las proteínas

Al igual que los carbohidratos y las grasas, las proteínas están formadas por carbono, oxígeno e hidrógeno, pero se distinguen de estos otros nutrientes porque contienen nitrógeno. Las proteínas son el principal material estructural en el cuerpo, constituyendo una parte esencial de los huesos y músculos. También son componentes clave en la sangre, las células del cuerpo, las enzimas y los factores inmunitarios.

Las proteínas se forman cuando los aminoácidos se unen por enlaces peptídicos (Figura 4). El enlace peptídico es una amida sustituida, que se forma al reaccionar el grupo carboxilo de un aminoácido con el grupo amino del otro aminoácido, perdiendo en el proceso una molécula de agua. Veinte o más aminoácidos comunes se encuentran en la comida. Las funciones de las proteínas abarcan: estructura, transporte, motilidad, defensa, reconocimiento, almacenamiento y función catalítica llevada a cabo por enzimas.

#### Figura 4

*Formación del enlace peptídico.*



*Fuente:* autoría propia.

### ■ Desnaturalización de proteínas por reacciones químicas y físicas

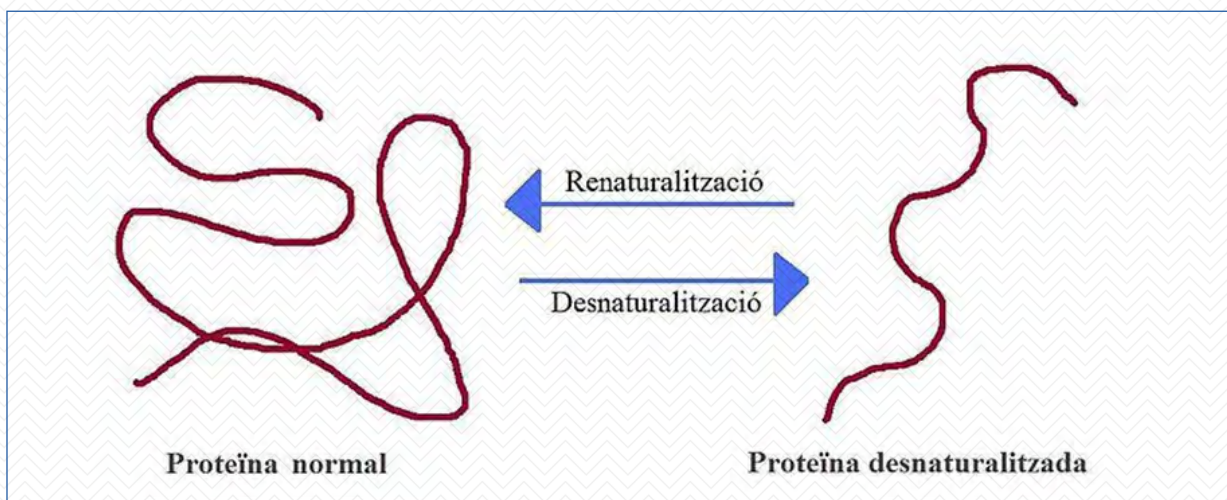
Las proteínas nativas son cadenas polipeptídicas que están plegadas de manera precisa. La desnaturalización de proteínas implica la interrupción y posible destrucción de las estructuras secundarias, terciarias y cuaternarias, debido a diversos factores físicos y sustancias químicas. Esta desnaturalización ocurre por la ruptura de interacciones no covalentes, como los puentes de hidrógeno y las uniones hidrofóbicas, así como por el rompimiento de los puentes disulfuro. Sustancias químicas como alcoholes, acetona y urea pueden destruir las uniones hidrofóbicas, mientras que agentes físicos como cambios extremos de pH y temperatura afectan los puentes de hidrógeno, alterando la estructura de la proteína.



Dado que las condiciones de reacción durante la desnaturalización, generalmente, no son lo suficientemente fuertes como para romper los enlaces peptídicos, la estructura primaria, que es la secuencia de aminoácidos en la proteína, permanece intacta después del proceso de desnaturalización. Esta última afecta, principalmente, las estructuras secundarias, terciarias y cuaternarias, pero no altera la secuencia básica de aminoácidos. Los cambios conformacionales pueden ser reversibles o irreversibles. Las proteínas nativas y desnaturalizadas están en equilibrio y las conformaciones originales a veces pueden restaurarse, devolviendo la proteína a su estado original. Este proceso es llamado renaturalización de la proteína (Figura 5).

### Figura 5

*Proceso de renaturalización de las proteínas.*



*Nota.* Las explicaciones dentro del gráfico están en idioma catalán. Fuente: Wikimedia commons (2010). <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Desnaturalizaci%C3%B3n.jpg>

En algunos casos, la desnaturalización de proteínas es deseable, ya que mejora la digestibilidad de esta durante la cocción. Además, este proceso puede aumentar la funcionalidad de las proteínas en los alimentos, como su capacidad para formar geles, espumas o emulsiones, lo que puede mejorar la textura y la calidad de los productos alimenticios.

**Desnaturalización por temperatura.** La aplicación de temperatura afecta directamente las interacciones no covalentes, como los puentes de hidrógeno y fuerzas de Van der Waals en la estructura secundaria o terciaria de la proteína.

**Desnaturalización por pH.** Las variaciones de pH pueden modificar la ionización de las cadenas laterales cargadas. Esto afecta el número de puentes salinos que estabilizan la estructura secundaria y terciaria de la proteína.

**Desnaturalización con detergentes.** Cuando un detergente supera la concentración micelar crítica, que no es más que la concentración en la que se forman micelas, se logra desestabilizar las interacciones hidrofóbicas, exponiéndolas al ambiente acuoso; de esta forma, se desestabiliza la estructura de la proteína.



**Desnaturalización por solventes orgánicos.** Existen dos mecanismos que explican la desnaturalización por solventes orgánicos: la primera, por la unión directa del solvente orgánico a la proteína. Esto provoca un desdoblamiento o desplegamiento parcial de las interacciones hidrofóbicas originales, lo que conlleva a un plegamiento distinto de la estructura nativa de la proteína. Por otra parte, el segundo mecanismo es por el cambio en la constante dieléctrica del medio. Una proteína en un ambiente orgánico de baja constante dieléctrica, provoca la atracción entre partículas cargadas y sobrepasa la energía cinética a la que están sometidas. De esta forma, las proteínas comienzan a precipitarse por su insolubilización.

---

### ■ Alteración de proteínas y efecto en el valor nutritivo

Las proteínas de la dieta son nutrientes esenciales que brindan cantidades de aminoácidos, permitiendo que el cuerpo sintetice sus propias proteínas y otros compuestos que contienen nitrógeno. El valor nutricional de un alimento está determinado principalmente por la cantidad y la calidad de la proteína que contiene. En este sentido, la calidad depende de qué tan bien el contenido de aminoácidos esenciales sea asimilable con los requisitos del cuerpo humano y cuán eficientemente los aminoácidos son absorbidos en el cuerpo para su utilización.

Los alimentos difieren considerablemente en sus contenidos proteicos. Estos varían en sus composiciones y calidad de aminoácidos. El contenido de proteína puede variar efectivamente entre 0 y 100% de la materia seca. Las fuentes más ricas de proteína son principalmente alimentos de origen animal (Tabla 4).



**Tabla 4***Contenido proteico de distintos alimentos.*

<b>Alimentos</b>	<b>Contenido proteico (%)</b>
Carne de res	20.8
Carne de ternera	21.8
Carne de cerdo	15.5
Carne de oveja	16.4
Carne de conejo	20.1
Riñón de puerco	21.4
Pollo	21.3
Carne de pato	11.5
Ganso	15.9
Carne de ciervo	23.0
Pescado	18.7
Bacalao	17.8
Leche de vaca	3.2
Cuajada de leche	19.4
Queso blando	15.0
Queso duro	24.8
Mantequilla	0.5
Huevos	12.6
Harina de trigo	10.1
Arroz	7.1
Pan	6.7
Pasta	11.8
Frijol de soya	44.7
Lentejas	25.8
Papas	2.0
Frutas vegetales	1.2
Hojas de vegetales	2.6
Frutas crudas	1.0
Frutas secas	2.3
Cetas	2.6
Chocolate	6.8

*Fuente:* autoría propia

Las reacciones bioquímicas (enzimáticas) in vivo se transforman en una amplia gama de productos que pueden participar en la biosíntesis de muchos metabolitos secundarios que afectan diversos procesos biológicos. Principalmente, en alimentos que incluyen tejidos animales (carne, pescado y aves de corral) post mortem y tejidos de plantas durante el almacenamiento poscosecha, la gran variedad de productos bioquímicos produce reacciones químicas que involucran aminoácidos libres y aminoácidos unidos a proteínas y péptidos. Estos influyen nutricional, sensorial, tecnológica, higiénica y toxicológicamente en la calidad de los alimentos.

Otras reacciones de estos compuestos son causadas por la acción de diversos factores físicos

(calor, fuerza mecánica, presión hidrostática y radiación) o agentes químicos (ácidos, bases, sales y surfactantes) durante el procesamiento y el cocinado. Estas reacciones, a menudo, resultan en la oxidación de las cadenas laterales, fragmentación de la cadena peptídica, agregación, inactivación enzimática y desnaturalización e incluso cambios en la estructura primaria de las proteínas, debido a hidrólisis de enlaces peptídicos. Proteínas, péptidos y aminoácidos reaccionan entre sí y con otros componentes de alimentos naturales, particularmente, con lípidos oxidados, azúcares reductores en la reacción de Maillard, compuestos fenólicos oxidados y algunos aditivos alimentarios (ácidos, álcalis, nitritos, sulfuros), agentes oxidantes y algunos contaminantes (por ejemplo, con disolventes halogenados).

La extensión y el tipo de reacciones que tienen lugar durante el almacenamiento y procesamiento de alimentos depende de: la comida (su composición química), las condiciones durante el almacenamiento y procesamiento (actividad del agua, temperatura, pH, oxígeno) y otros reactivos de reacción presentes. Las consecuencias positivas de estos cambios, las interacciones y las reacciones, son: la inactivación de enzimas y microorganismos indeseables, desnaturalización de proteínas, factores antinutricionales y toxinas, que dan como resultado una mayor digestibilidad y producción de compuestos activos deseados de sabor, cambios de color deseados y mayor vida útil de la comida.

La consecuencia negativa es una cierta reducción del valor nutricional de los alimentos (cantidades reducidas de aminoácidos esenciales, digestibilidad reducida de proteínas y utilización reducida de algunos productos de reacción). A veces, también puede ocurrir la formación de compuestos de sabor indeseables y decoloración indeseable. Además, algunas reacciones pueden afectar negativamente la calidad higiénico-toxicológica de los productos alimenticios, porque algunos productos de reacción tienen efectos biológicos específicos.

---

### ■ Las enzimas en la producción de alimentos

¿Qué son las enzimas? Las enzimas son proteínas que llevan a cabo reacciones biológicas actuando como catalizadores. Esta es la principal diferencia con las proteínas. Dentro de sus características se encuentra su alta especificidad a sus sustratos y la existencia de un centro activo.

Las enzimas juegan un papel fundamental en el sector agroalimentario. En la Tabla 5 se muestran diferentes aplicaciones de las enzimas en la industria alimenticia.



**Tabla 5***Enzimas y sus aplicaciones en la industria alimenticia*

Enzima	Aplicación
Amilasa	- Hidrólisis de almidón en jugo de caña. Se usa también como aditivo en la industria cervecera. - Obtención de hidrolizados de almidón con altos contenido de maltosa. Se ha usado en aditivo en panaderías.
Pulunasa	Hidrólisis de enlaces alfa 1-6 en almidón, enzima de desramificación.
Glucosa isomerasa	Obtención de fructosa a partir de jarabes de glucosa.
Dextranasa	Eliminación de dextranas en jugo de caña de azúcar.
Proteasa	- Obtención de hidrolizados proteicos. - Obtención de gelatinas. - Modificación de propiedades funcionales de proteínas.
Papaína	- Ablandamiento de carne de res. - Eliminación de la turbidez en frío de la cerveza.
Lipoxigenasa	Aditivo en panadería.
B-Glucanasas	Aditivo en cervecera.
Peptinasas	Extracción y clarificación de jugos de frutas.
Renina	Producción de queso.
Catalasas	Remoción de peróxido de hidrógeno.
Lipasas	- Maduración acelerada de quesos. - Reacciones de interesterificación. -Modificación de grasas.
Inulinasa	Hidrólisis de polímeros de fructosa.

*Fuente:* autoría propia

### ■ Estructura de las enzimas

Existe cuatro diferentes niveles de estructuras cuando se describen a las enzimas.

**Estructura primaria.** Es simplemente es la secuencia de aminoácidos.

**Estructura secundaria.** Describe cómo los “segmentos” del esqueleto del péptido se orientan en un patrón regular. Las principales estructuras secundarias son la alfa-hélice y la conformación beta.

**Estructura terciaria.** Detalla cómo la enzima se enrolla en una forma tridimensional global. Cuando la enzima se conforma de esta forma y la cuaternaria se dice que está nativa. Esta es la estructura espacial que le permite a la proteína cumplir su función.

**Estructura cuaternaria.** Muestra cómo las diferentes enzimas se integran para producir estructuras agregadas grandes.

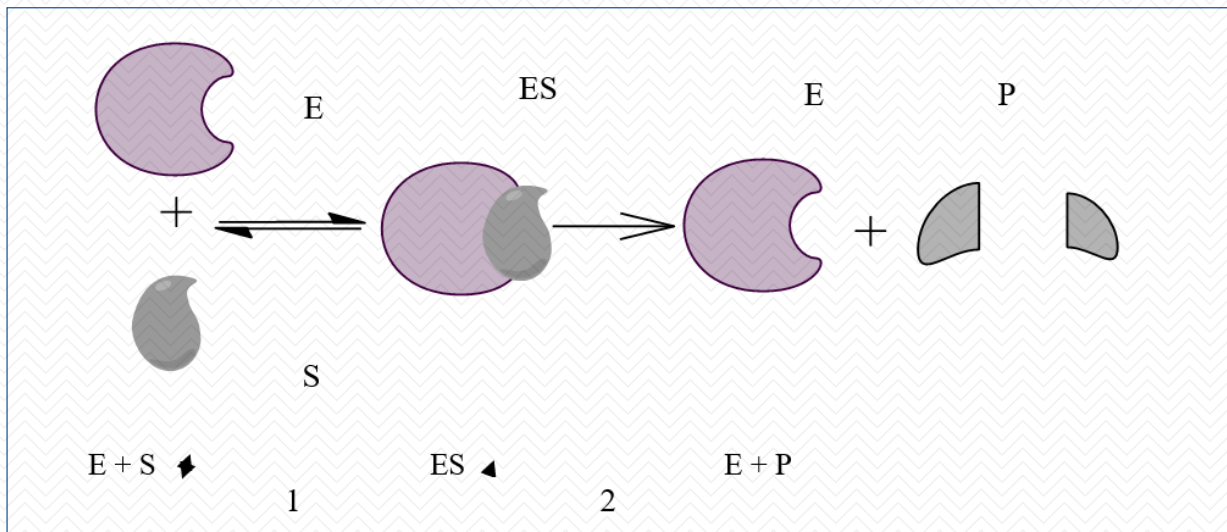
En conclusión, la estructura primaria se determina, secuenciando la proteína. Las estructuras secundarias, terciarias y cuaternarias se determinan por cristalografía de rayos X.

### ■ Mecanismo de acción

Las reacciones enzimáticas se realizan al menos en dos etapas. Una primera fase es la unión de la enzima (E) con el sustrato (S), dando origen al complejo enzima-sustrato (ES). Este paso es reversible. Solamente una vez que se forma el complejo ES, es cuando se realiza la transformación del sustrato en producto (P) y la enzima queda libre para volver a iniciar el proceso (Figura 6).

### Figura 6

*Mecanismo de acción de las enzimas.*



*Fuente:* autoría propia.

En la figura anterior, a la etapa 1 se le denomina etapa de unión y a la etapa 2 de transformación.

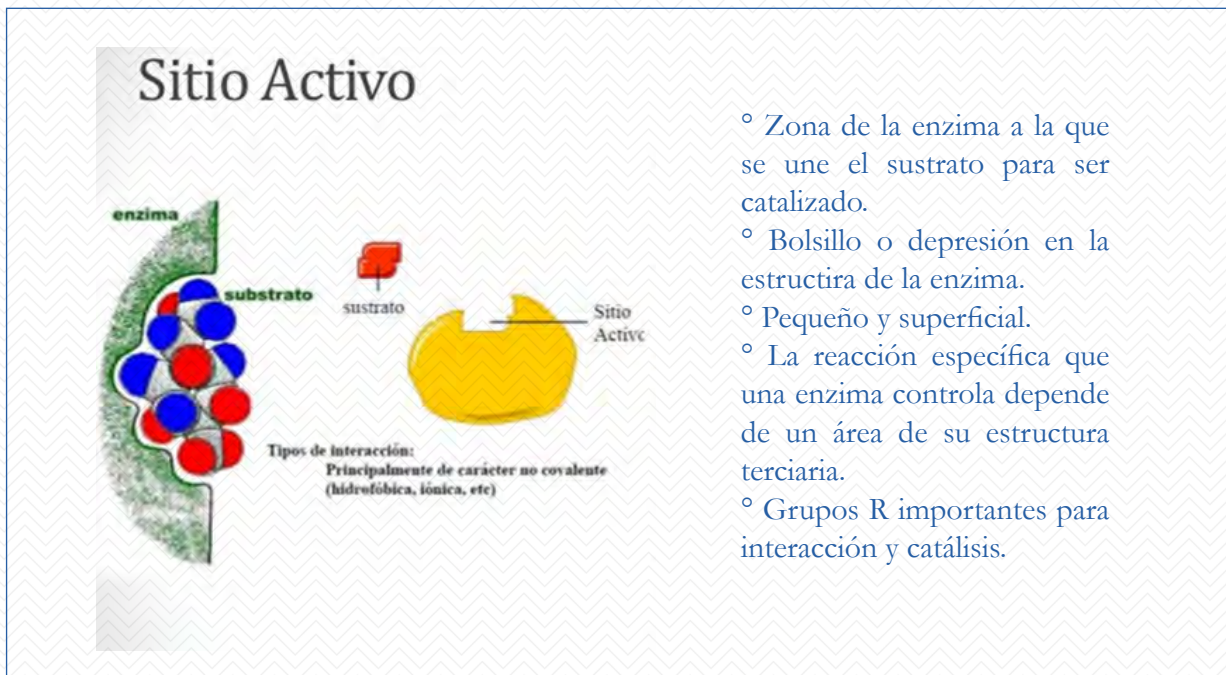
### ■ Sitio activo

El sitio activo o centro activo es el conjunto de dos regiones adyacentes en la estructura tridimensional o cuaternaria de la enzima. Esta se compone de un sitio de reconocimiento del sustrato y otro sitio catalítico, en donde se lleva a cabo la transformación de este último. En la Figura 7 se representa un esquema del sitio activo.



## Figura 7

### Sitio activo de las enzimas.



Fuente: tomado de Serrano (2015). <https://es.slideshare.net/slideshow/curso-de-bioquimica-12cinetica-enzimatica/51443453>

Dentro de las características del sitio activo se encuentran:

- El volumen que ocupa el sitio activo es muy pequeño comparado con el volumen total de la enzima.
- La especificidad por sustrato se cumple en el sitio activo, donde sólo el sustrato de la enzima se unirá a este, a través de un conjunto de grupos químicos ordenados de forma precisa.
- El sitio activo es una estructura tridimensional.
- Generalmente está situado en la superficie o cercana a la superficie de la enzima, de modo que permite el acceso de las moléculas del sustrato con facilidad al sitio activo.
- Los grupos de fijación del sustrato están conformados por cadenas laterales de aminoácidos, que presentan grupos funcionales capaces de establecer interacciones con el sustrato como puentes de hidrógenos, puentes salinos, enlaces iónicos, fuerzas de Van der Waals.
- Los grupos catalíticos son cadenas laterales de aminoácidos implicados en la transformación del sustrato. Generalmente, se encuentra el imidazol de la histidina, el hidroxilo de la serina, grupos sulfhidrilos de cisteína y el grupo funcional carboxilo del aspártico o del glutámico.

### ■ Cinética enzimática

Las enzimas son consideradas como catalizadores biológicos que incrementan la velocidad de reacción que ocurren en los organismos vivos. Los aspectos más importantes de este proceso son los factores que pueden modificar la velocidad de las reacciones enzimáticas. Estos factores son: concentración de enzimas, del sustrato, cofactores, iones  $H^+$  dado por la medida del pH, temperatura y la presencia de inhibidores. A continuación, se estudiarán cada uno de estos aspectos en detalles.

#### ■ Efecto de la concentración de enzima

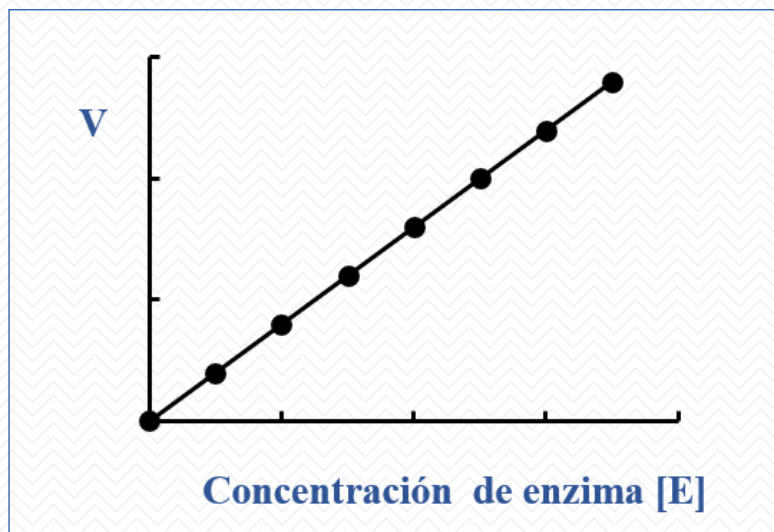
Si se analiza la Figura 8, se observa que la relación entre la velocidad y la concentración de enzima es de tipo lineal.

$$V = K \cdot C(E)$$

Esto significa que la reacción es de primer orden respecto a la concentración de enzima.

#### Figura 8

*Efecto de la concentración de enzima en la velocidad de reacción enzimática.*



*Fuente:* autoría propia.

Al incrementarse la concentración enzimática, el complejo ES se favorece, por lo que el resultado es que siempre habrá mayor transformación de sustrato en un producto. Por otra parte, se incrementa el número de centros activos capaces de transformar los sustratos en producto. La actividad catalítica de las enzimas es la cantidad de enzima que puede transformar 1 micromol de sustrato en 1 minuto, bajo determinadas condiciones específicas.



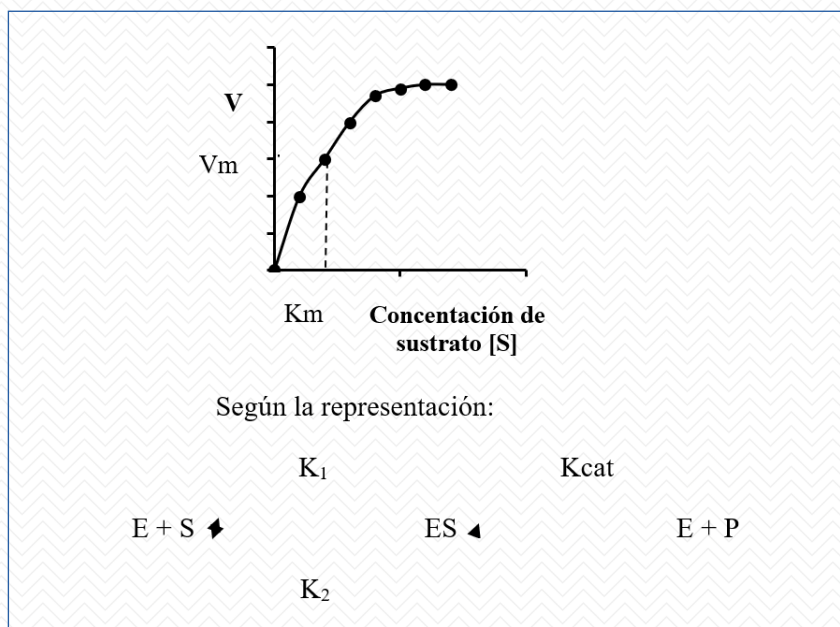
■ *Efecto de la concentración de sustrato*

En la Figura 9, se observa el comportamiento de la concentración de sustrato y la velocidad de reacción enzimática. Es así que se observa que, a medida que se incrementa la concentración de sustrato, la velocidad de reacción es mayor. Pero llega el momento en que, a cierta concentración de sustrato, los incrementos en la velocidad son menores; finalmente, a una determinada concentración la velocidad se hace constante. En este momento, se dice que la reacción ha alcanzado la velocidad máxima ( $V_m$ ).

En el gráfico se representa la afinidad ( $K_m$ ). Para esta, la concentración de sustrato es equivalente a la  $V_m/2$ . Este parámetro es un índice de la afinidad de la enzima por el sustrato. A menor valor de  $K_m$  mayor afinidad.

**Figura 9**

*Efecto de la concentración de sustrato en la velocidad de reacción enzimática.*



*Fuente:* autoría propia.

$$V = K_{cat} c(ES)$$

Donde la  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_{cat}$  son las constantes de velocidad específica para cada etapa de reacción. La  $K_{cat}$  se le conoce también como número de recambio de la enzima. Cuando la  $c(S) \gg \gg K_m$ , la ecuación de velocidad toma la forma de la ecuación de Michaelis.

$$V = V_m * C(S) / (K_m + C(S))$$

Cuando  $C(S) \ll \ll K_m$

$$V = V_m * C(S) / K_m$$

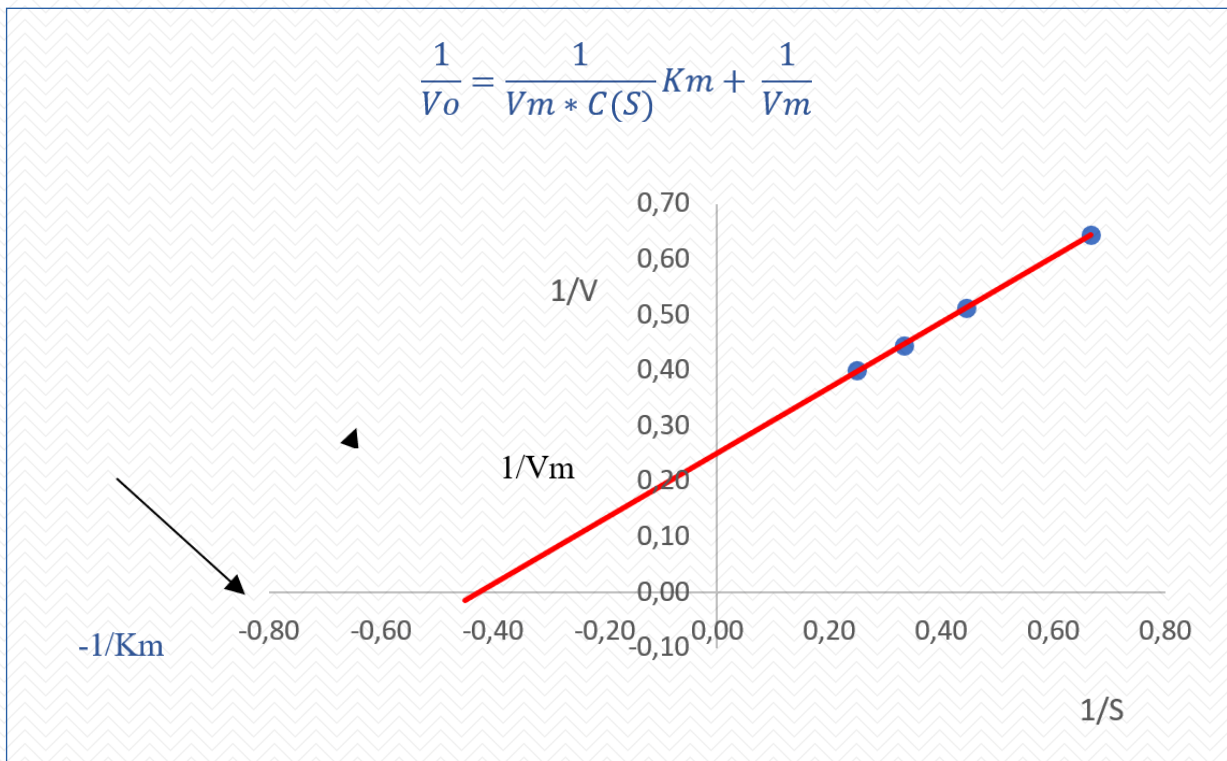
Cuando  $C(S) = K_m$

$$V = V_m / 2$$

Generalmente, la ecuación de Michaelis se transforma, de forma que se obtenga una línea recta para la facilidad del cálculo de sus términos como  $V_m$  y  $K_m$  (Figura 10).

**Figura 10**

Representación lineal de la ecuación de Michaelis-Menten.



Fuente: autoría propia.

En la Figura 10, se puede apreciar que:

$$\frac{1}{V_o} = \frac{1}{V_m * C(S)} K_m + \frac{1}{V_m}$$

Es muy similar a una ecuación de línea recta  $Y = Y_o + mX$ , donde  $m$  es la pendiente de la recta, coincidiendo en este caso con la relación  $K_m/V_m$  y  $Y_o$  es el intercepto en el eje  $Y$ , que corresponde a  $1/V_m$ . Este análisis servirá al analizar los inhibidores enzimáticos.

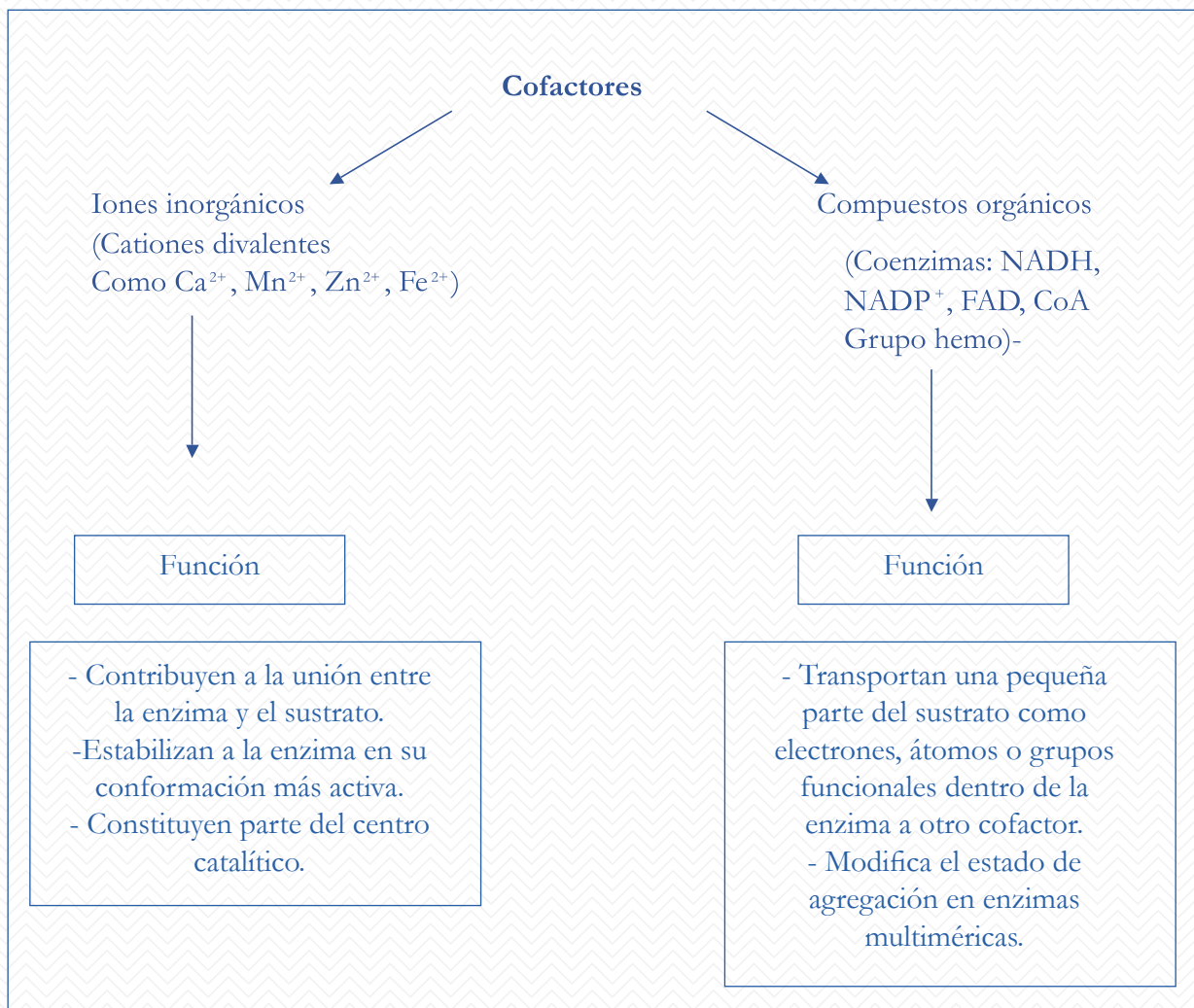
### ■ Efecto de la concentración de cofactores

En ocasiones, para llevar a cabo la reacción enzimática, además de la enzima, se necesita de otras moléculas de bajo peso molecular llamadas cofactores (Figura 11). El efecto en la velocidad es similar a la de los sustratos.



**Figura 11**

*Clasificación y función de los cofactores.*



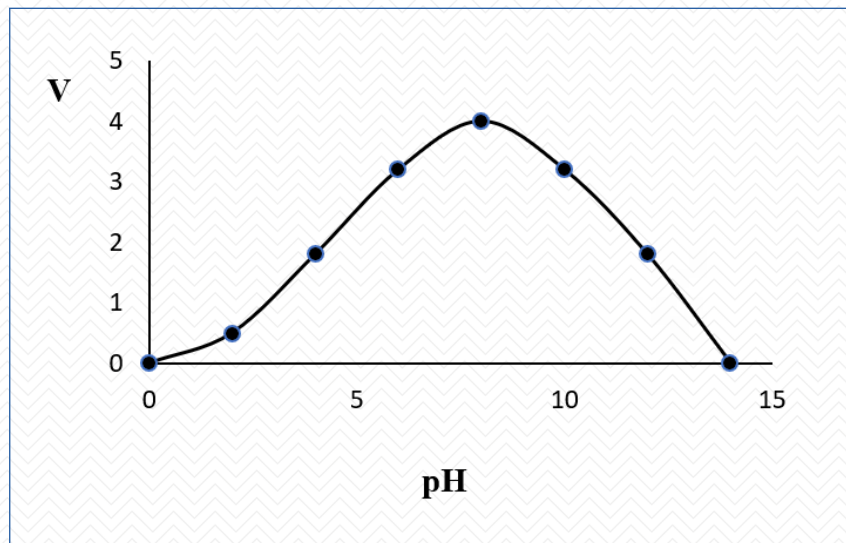
*Fuente:* autoría propia.

### ▤ Efecto del pH

En la Figura 12, se aprecia el efecto de la velocidad de reacción cuando se varía el pH. Como se observa, a pH extremos, la velocidad enzimática es insignificante. En estos puntos, se puede decir que la enzima se encuentra desnaturalizada. La mayor velocidad se alcanza donde la enzima presenta su pH óptimo.

**Figura 12**

*Efecto del pH en la velocidad de reacción.*



*Fuente:* autoría propia.

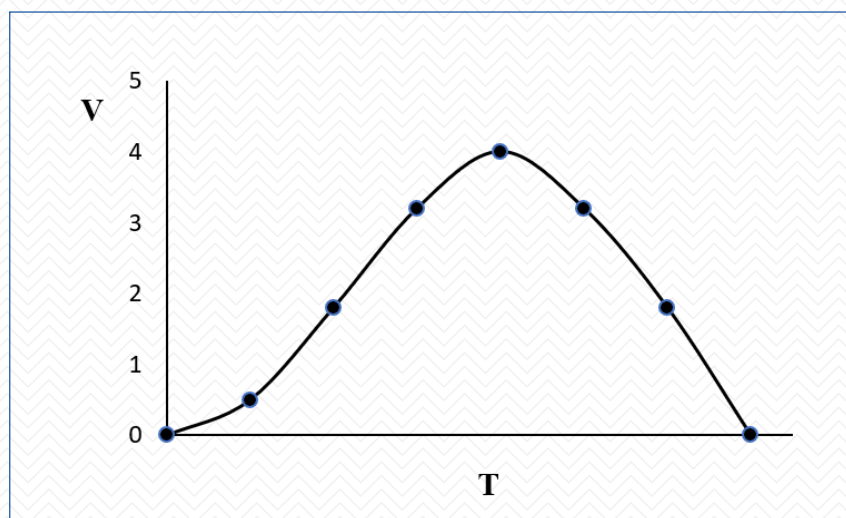
El pH óptimo es característico de cada enzima en particular y es donde la enzima se encuentra en su conformación más activa.

### ■ *Efecto de la temperatura*

En la Figura 13 se muestra el efecto de la temperatura en la velocidad de reacción.

**Figura 13**

*Efecto de la temperatura en la velocidad de reacción.*



*Fuente:* autoría propia.



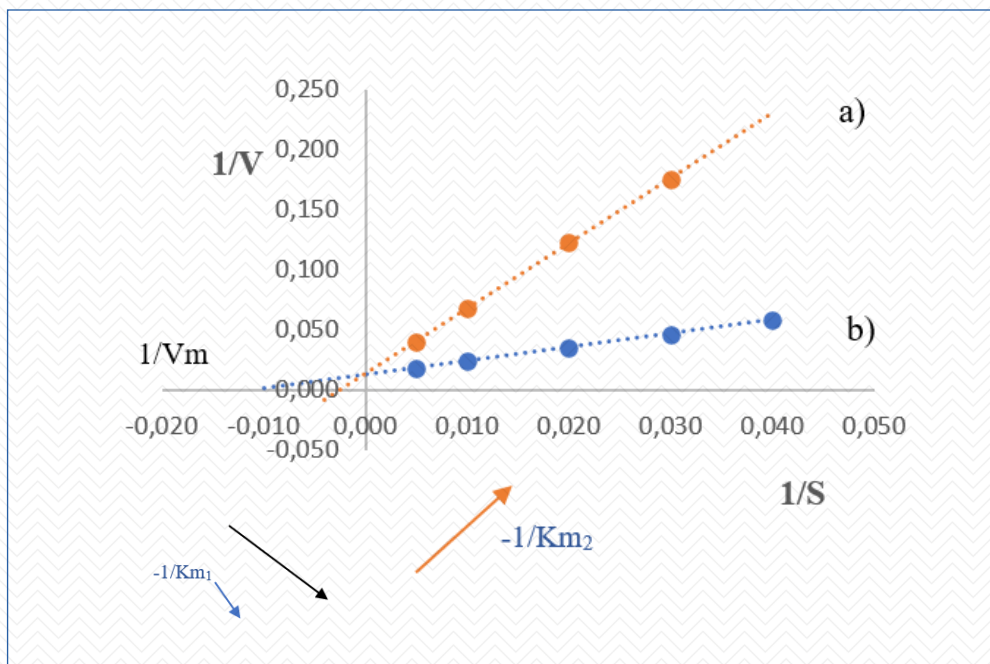
Al incrementarse la temperatura se incrementa la energía cinética de las moléculas, aumentando así la colisión entre el sustrato y la enzima. Pero llega un momento en que, si la temperatura sigue aumentando, la enzima comienza a desnaturalizarse. Con ello, al no estar en su conformación activa, la velocidad de reacción enzimática disminuye hasta llegar a cero, donde ya la enzima está completamente desnaturalizada.

### ■ Efecto de los inhibidores

Los inhibidores son sustancias que disminuyen la velocidad de reacción enzimática, existen dos tipos la irreversible, son modificaciones covalentes de la enzima que no pueden eliminarse fácilmente. En el caso de las reversibles existen dos, la inhibición competitiva y la no competitiva. La competitiva se muestra en la Figura 14.

#### Figura 14

*Inhibición competitiva: a) Sin inhibidor, b) Con inhibidor.*



*Fuente:* autoría propia.

Como se observa en la Figura 14, el inhibidor disminuye la velocidad de reacción enzimática respecto al sin inhibidor; es decir, que sólo a concentraciones elevadas de sustrato, la  $V_m$  se hace igual para ambas condiciones. En el gráfico se aprecia que las  $K_m$  son distintas. Cuando esto ocurre se dice que la inhibición es competitiva.

El incremento de la  $K_m$  indica una disminución de la afinidad de la enzima por el sustrato, debido a la unión probable del inhibidor al centro activo de la enzima. Una de las características de los inhibidores competitivos es que su estructura es muy similar a la del sustrato.

En la inhibición no competitiva, el inhibidor no se ubica en el centro activo. La característica de las curvas, en esta condición, es que se obtienen varias  $V_m$ , pero no se altera el valor de la  $K_m$ ,



aunque la disminución de la  $V_m$  por el inhibidor indica que, de una forma u otra, afecta la velocidad enzimática. Por ello, es probable que la unión del inhibidor no ocurra en el centro activo.

### ■ Pardeamiento enzimático

El pardeamiento enzimático está relacionado, principalmente, con la actividad de polifenol oxidasas. Estas catalizan la oxidación de compuestos fenólicos a quinonas, con la consecuente transformación a pigmentos oscuros no deseables para la calidad industrial. Los productos finales, llamados melaninas, son de color muy oscuro o negro, e insolubles en agua. Estos polímeros tienen propiedades antimicrobianas.

El control natural de la actividad de polifenol oxidasa se produce mediante la compartimentalización de los sustratos. El enzima se encuentra en los plástidos y cloroplastos (en los vegetales superiores) y también en el citoplasma celular, mientras que los compuestos fenólicos, que pueden servir de sustratos, se acumulan en vesículas. Cuando se rompe la compartimentalización por un daño mecánico, como el triturado, corte o congelación y descongelación, la reacción de pardeamiento se puede producir. También, se produce la inhibición de la enzima por productos de la reacción. Además, manteniendo la compartimentalización, la reacción de pardeamiento se puede frenar, actuando sobre diferentes factores:

- Evitando el contacto del oxígeno con la superficie de corte.
- Bajando la temperatura.
- Reduciendo el pH.
- Desnaturalizando el enzima.

Generalmente, estos factores actúan de forma combinada. Los reductores pueden actuar de varias formas, entre ellas, revertiendo la reacción de quinonas a fenoles. También, pueden actuar directamente sobre el centro activo de la enzima, transformando el cobre 2 en cobre 1, que se disocia más fácilmente. El sulfito y la cisteína, además de reaccionar con las quinonas reduciéndolas a difenoles, inactivan la enzima. Los sulfitos presentan el problema de su toxicidad diferenciada para algunas personas: un pequeño porcentaje puede producir crisis severas a los asmáticos, con cantidades incluso inferiores a los límites legales. Consecuentemente, existe una tendencia a reducir la utilización de sulfitos, lo que no siempre es posible.

En este sentido, el ácido ascórbico es un inhibidor muy eficaz del pardeamiento enzimático al reconvertir las quinonas en fenoles; pero la inhibición es solamente temporal al agotarse el ácido ascórbico en el transcurso de la reacción. Posteriormente, este puede ocasionar problemas, ya que el ácido dehidroascórbico formado da lugar a una reacción de pardeamiento específica. Dependiendo de las condiciones de uso, el ácido ascórbico puede también destruir la enzima, al modificar las histidinas del centro activo por reacciones mediadas por radicales libres.

Los agentes quelantes son inhibidores muy eficientes, capaces de eliminar los átomos de cobre del centro activo de la enzima y consecuentemente inactivarla. Pueden utilizarse el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), pirofosfato y especialmente el ácido cítrico, que combina el efecto de la acidez con la capacidad secuestrante de metales.



## Preguntas de reflexión de la tercera unidad

Proteínas y enzimas son dos de los componentes estructurales del organismo vivo. Su aplicación en la industria alimenticia ha regenerado un salto en el umbral de la tecnología, aportando mejores y más eficientes procesos en la elaboración de alimentos.

1. ¿Qué diferencia existe entre una enzima y una proteína?

2. Mencione y explique tres agentes que desnaturalicen a las proteínas. ¿Qué es desnaturalización en proteínas?

3. ¿Por qué las enzimas son específicas en la transformación de sustratos?

4. ¿Cuáles dos evidencias existen para que una enzima se encuentre inhibida?

5. ¿Cómo se controla la reacción de pardeamiento enzimático?

6. Si dos enzimas actúan sobre un mismo sustrato con  $K_m$  de 0.0003 y 0.000005, respectivamente ¿Qué información da este resultado?

7. ¿Por qué es necesario para la catálisis enzimática la formación del complejo enzima-sustrato (ES)? Discuta dos posibilidades.

8. En algunas ocasiones la desnaturalización de proteínas es necesaria. Ponga ejemplos y explique su respuesta.

## Actividades de trabajo de la tercera unidad

1. Realice una investigación donde se aborde la función de las proteínas en el mantenimiento del balance de fluidos, ácido-base, formación de hormonas y al sistema inmune. Realice un resumen escrito no mayor a 10 páginas de lo investigado.

---

2. La cantidad diaria recomendada (RDA) para adultos es de 0.8 gramos de proteína por kilogramo de peso corporal saludable. Esto es aproximadamente 56 gramos de proteína al día para una persona de 70 kilogramos (156 libras). El hombre promedio consume alrededor de 100 gramos de proteína. ¿Cómo incidirá el exceso de consumo de proteínas en enfermedades cardiovasculares y enfermedades del riñón? Una vez que haya determinado los riesgos, elabore un plan de acción para divulgar estos a su paciente.

---

3. En el centro activo de la enzima lipasa existen 3 aminoácidos claves que son la serina, histidina y glutámico. ¿Por qué la enzima es tan sensible a los cambios de pH?

---

4. Investigue dos mecanismos de catálisis de la enzima, describa sus diferencias.

---

5. Investigue cómo se controla a nivel industrial la velocidad enzimática en un proceso alimentario y en el pardeamiento enzimático.

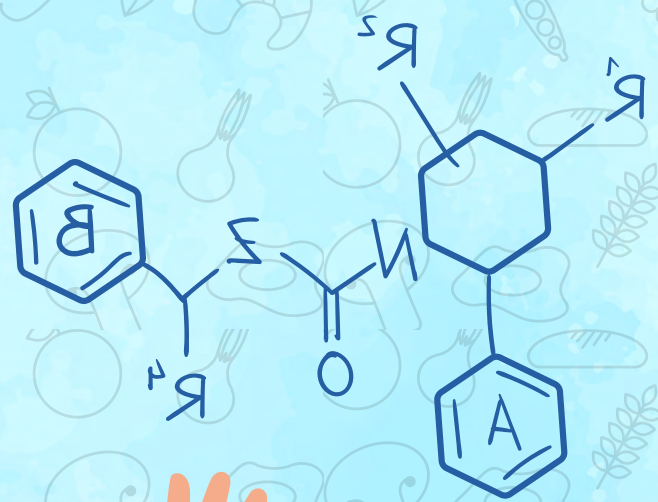
---





# CUARTA UNIDAD

## Lípidos y sustancias lipídicas



## Cuarta unidad: Lípidos y sustancias lipídicas

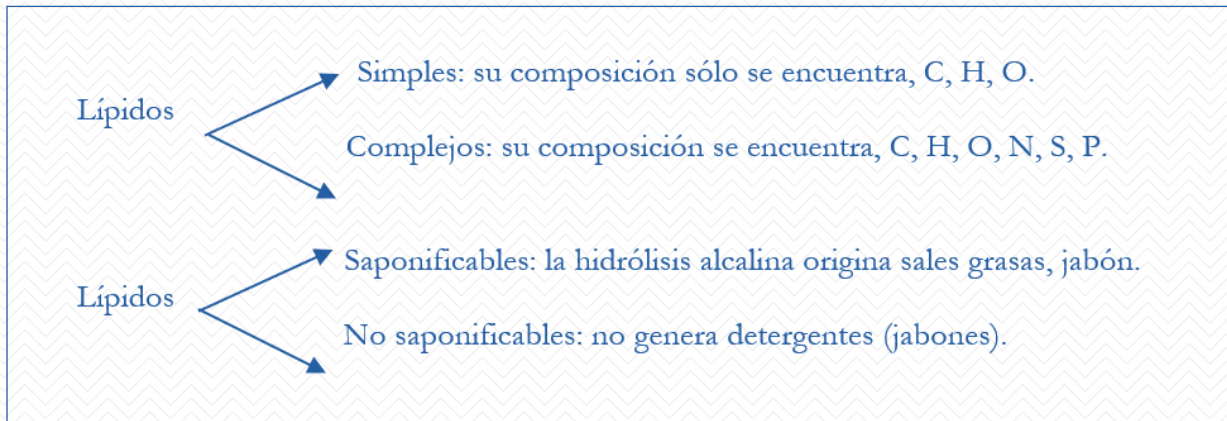
**Objetivo:** conocer la función y las reacciones químicas en las que se involucran los lípidos y sustancias lipídicas.

### ■ Clasificación de los lípidos

Los lípidos son uno de los principales componentes en los alimentos y su papel en la nutrición humana es una de las áreas más importantes de preocupación en el campo de la ciencia nutricional. Sin embargo, los lípidos son una gama tan diversa de compuestos que no hay una única definición acordada. El criterio principal para la inclusión en este grupo de compuestos es por su hidrofobicidad y no por sus propiedades químicas. De acuerdo a la Figura 15, hay diversas formas de clasificarlos.

#### Figura 15

*Clasificación de los lípidos.*



*Fuente:* autoría propia.

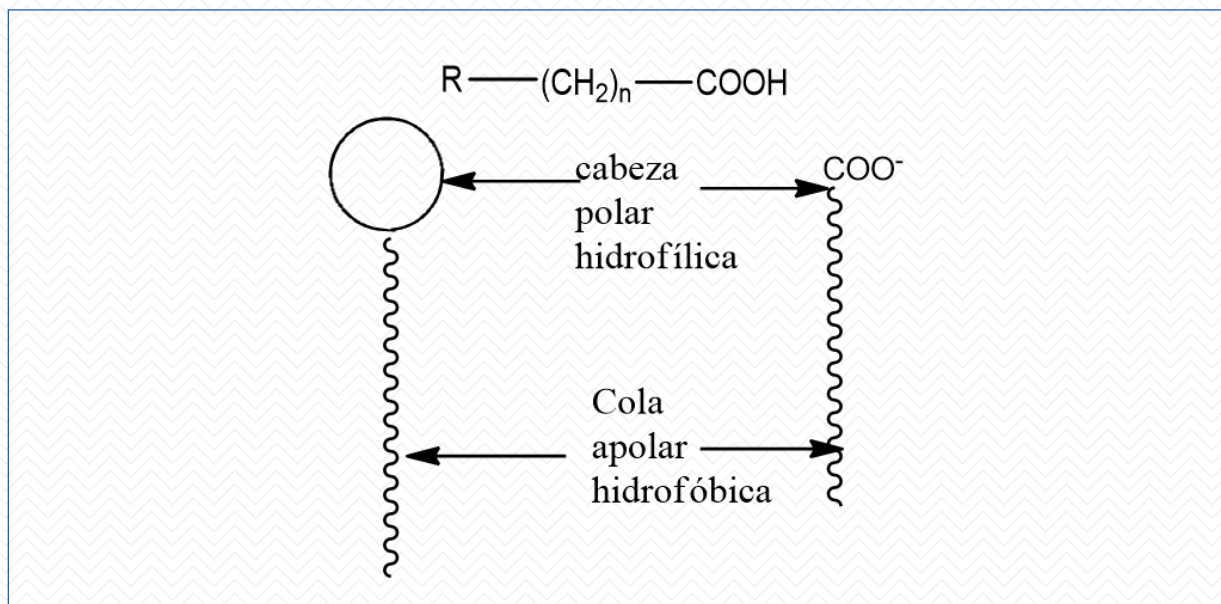
Los lípidos, de acuerdo a su similitud estructural, se clasifican en: ácidos grasos, ceras, Acilgliceroles, fosfátidos de glicerina, esfingolípidos, terpenos y esteroides.

**Ácidos grasos.** Son los componentes básicos de los lípidos, nutricionalmente, los componentes lipídicos más importantes. La estructura de los ácidos grasos, como se puede ver en la fórmula, son monocarboxílicos, presentando una cadena apolar de longitud variable. Generalmente es abierta y no ramificada. En la Figura 16 se representa su estructura.



**Figura 16**

*Representación estructural de los ácidos grasos.*



*Fuente:* autoría propia.

Los ácidos grasos son anfipáticos. Como se puede observar en la figura anterior, presentan una cabeza polar dada por el grupo carboxílico (COOH) y por una cola hidrofóbica. Esta estructura es la que fundamenta su acción detergente.

Los ácidos grasos pueden ser saturados (no presentan dobles enlaces) e insaturados (presentan dobles enlaces en su cadena carbonada). En la Tabla 6, se representa ácidos grasos saturados e insaturados, con sus nombres comunes, que generalmente se derivan de sus fuentes de obtención. La letra  $\omega$  se usa para ácidos grasos poliinsaturados, los cuales se clasifican en tres familias que son los ( $\omega$  9,  $\omega$  6 y  $\omega$  3), se leen de acuerdo al primer doble enlace a partir del carbono  $\omega$  que es el último carbono de la cadena carbonada del ácido y el carbono del grupo COOH.

**Tabla 6**

*Ácidos grasos de mayor significancia biológica.*

Fórmula semidesarrollada	Nombre comercial o común
$CH_3-(CH_2)_{10}-COOH$	Laúrico
$CH_3-(CH_2)_{12}-COOH$	Mirístico
$CH_3-(CH_2)_{14}-COOH$	Palmítico
$CH_3-(CH_2)_{16}-COOH$	Esteárico
$CH_3-(CH_2)_5-CH=CH-(CH_2)_7-COOH$	Palmitoleico ( $\omega$ 7)
$CH_3-(CH_2)_7-CH=CH-(CH_2)_7-COOH$	Oleico ( $\omega$ 9)
$CH_3-(CH_2)_4-CH=CH-CH_2-CH=CH-(CH_2)_7-COOH$	Linoleico ( $\omega$ 6)

*Fuente:* autoría propia.

Las representaciones más abreviadas se muestran a continuación:

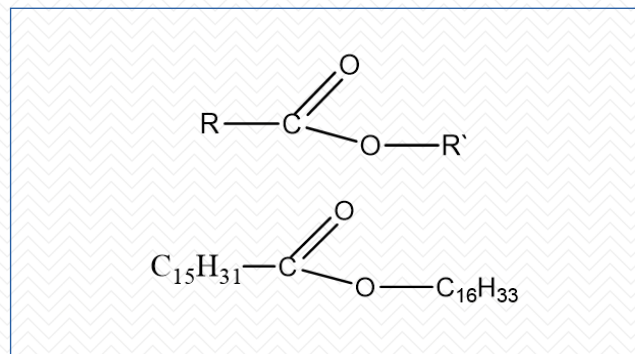
18:0	18:0: ácidos grasos de 18 átomos de carbono, saturado.
16:1(9)	16Δ9: ácido graso de 16 átomos de carbono, insaturado en el carbono 9.
18:3 (9,12, 15)	18Δ9-12-15 : ácido graso de 18 átomos de carbono, insaturado en los carbonos 9,12 y 15.

Dentro de los ácidos grasos, existen dos subtipos grasas y aceites. Las primeras son saturadas y permanecen sólidas a temperatura ambiente; su fuente de obtención proviene, generalmente, de animales. Por el otro lado, los aceites son líquidos a temperatura ambiente, debido a la o las insaturaciones que presentan los ácidos grasos; sus fuentes más comunes son de los vegetales, aunque también se puede obtener de algunos animales como el aceite del hígado de pescado.

**Ceras.** Son ésteres formados por un ácido carboxílico de alto peso molecular y un alcohol monohidroxilo que posee también un alto peso molecular. Las ceras se pueden obtener de las abejas, de la lana de la oveja o de la caña de azúcar. A continuación, se presenta su estructura, con el ejemplo del palmitato de cetilo:

### Figura 17

*Estructura del palmitato de cetilo.*



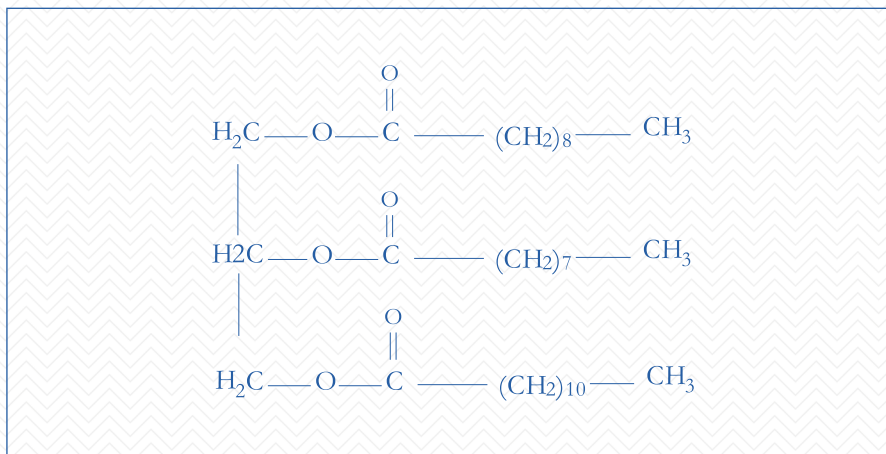
*Fuente:* autoría propia.

**Acilgliceroles.** Se conocen también como glicéridos y son ésteres formados por 3 moléculas de ácidos grasos de alto peso molecular y un alcohol trihidroxilado llamado glicerol o glicerina. De acuerdo a su dependencia del número de ácidos grasos esterificados pueden ser: monoacilgliceroles, diacilgliceroles o triacilgliceroles. Estos últimos constituyen una fuente importante de energía para el organismo. Un ejemplo de la estructura de un triglicérido se muestra a continuación.



**Figura 18**

*Estructura de un triglicérido.*

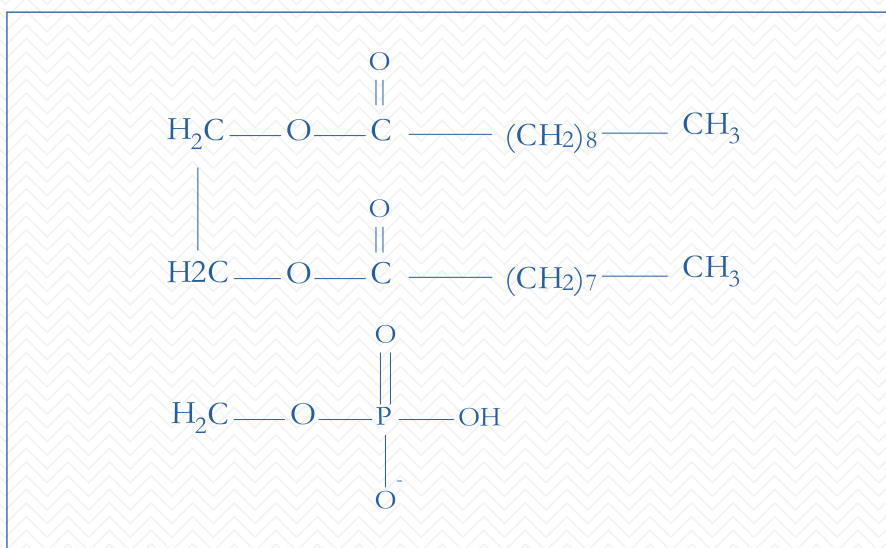


*Fuente:* autoría propia.

**Fosfátidos de glicerina.** Son lípidos complejos saponificables que poseen estructura anfipática. Estos están formados por glicerol, ácidos grasos y un grupo fosfato. Los fosfátidos son componentes de las membranas celulares. Su estructura general es:

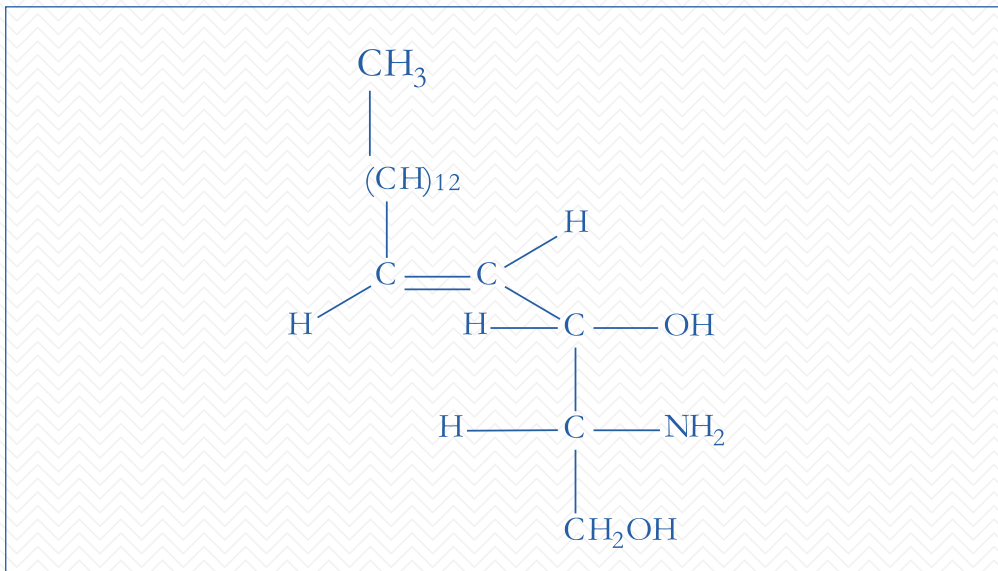
**Figura 19**

*Estructura de un fosfátido de glicerina.*

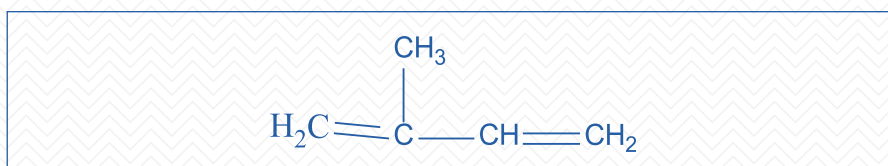


*Fuente:* autoría propia.

**Esfingolípidos.** Son lípidos complejos que contienen un alcohol nitrogenado e insaturado de 18 átomos de carbono el esfingol. Su estructura se representa a continuación.

**Figura 20***Estructura de un esfingolípido.**Fuente:* autoría propia.

**Terpenos.** Son lípidos isoprenoides, formados por unidades de isopreno (2 metil 1,3 butadieno). Estos son compuestos heterogéneos no saponificables y provienen, en gran parte, de origen vegetal. Ejemplo de ellos son las vitaminas A (retinol), vitaminas K y vitaminas E (tocoferoles). Su estructura se detalla a continuación:

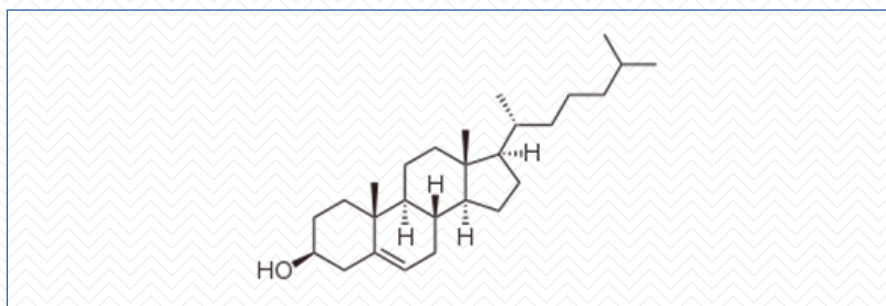
**Figura 21***Estructura de un terpeno.**Fuente:* autoría propia.

**Esteroides.** La característica más sobresaliente de este tipo de lípidos es la presencia de un sistema policíclico denominado ciclopentanoperhidrofenantreno. Los esteroides se clasifican en esteroides, ácidos biliares, corticosteroides, andrógenos y estrógenos. Una representación del colesterol es la que sigue.



**Figura 22**

*Estructura de un esteroide.*



*Fuente:* autoría propia.

En este sentido, el colesterol es un esteroide que se caracteriza por tener un grupo OH en la posición 3 del esqueleto esteroide. Esto es de gran importancia médica, puesto que es un lípido de membrana y precursor del resto de los esteroides.

### ■ Función de los lípidos en los alimentos

Los lípidos contienen más del doble de calorías por gramo (en promedio, 9 kcal) que proteínas e hidratos de carbono (en promedio, 4 kcal cada uno). Su presencia en la dieta es esencial para una buena salud. En general, los lípidos como los que se encuentran en los aceites vegetales, deben comprender entre el 20% y el 35% de la ingesta total de calorías de un adulto. Los triglicéridos son la principal forma de almacenamiento de energía del cuerpo. El exceso de calorías de carbohidratos, grasas, proteínas y alcohol se pueden convertir en ácidos grasos y luego en triglicéridos. Las células grasas contienen aproximadamente un 80% de lípidos y solo un 20% de agua y proteínas. Las células musculares también contienen grasa y proteína, pero tienen un 73% de agua. Esta diferencia significa que las células adiposas ricas en lípidos pueden entregar mucha más energía que las células musculares ricas en agua.

Otra razón por la que los triglicéridos son una excelente forma de almacenamiento de energía es que su cantidad de almacenamiento es casi ilimitada. Una sola célula adiposa (grasa) puede aumentar de peso unas 50 veces. Cuando las células adiposas se llenan al máximo de grasa, se pueden formar nuevas células de grasa. Los ácidos grasos esenciales, junto con los fosfolípidos y el colesterol, son componentes estructurales importantes de las paredes celulares. También mantienen el fluido de la pared celular, de modo que las sustancias pueden fluir dentro y fuera de la célula.

Si los humanos no consumen suficientes ácidos grasos esenciales, su piel se vuelve escamosa y a menudo se ven otros síntomas como infecciones. El crecimiento y la curación de heridas puede estar restringida. Muchas funciones en el cuerpo requieren el uso de ácidos grasos en forma de triglicéridos. Los triglicéridos se usan para almacenamiento de energía, aislamiento y transporte de vitaminas solubles en grasas.

Los eicosanoides, que están formados de ácidos grasos esenciales, tienen más de 100 diferentes acciones, como la regulación de la presión arterial, coagulación de la sangre, ciclos de sueño y vigilia, temperatura corporal, inflamación o reacciones de hipersensibilidad (por ejemplo, asma), secreciones estomacales, trabajo de parto, respuestas inmunes y alérgicas. Además, estos



regulan la velocidad de división del ciclo celular, previenen el cáncer, transportan oxígeno de las células rojas a los tejidos del cuerpo, mantienen el funcionamiento normal del riñón, el balance del fluido y dirigen hormonas a células diana.

### ■ Rancidez: hidrólisis y auto oxidación

**Rancidez hidrolítica.** Los ácidos grasos liberados durante la hidrólisis de las grasas no provocan rancidez en esta, porque son sensorialmente imperceptibles en pequeñas cantidades. Las excepciones son las grasas que contienen ácidos grasos cadena de carbono más cortas (4 a 10 carbonos). El ácido butírico se libera de la mantequilla e imparte un olor desagradable, muy picante. Ácidos con 6 a 10 átomos de carbono también están presentes en gran medida en el coco, así como también las grasas de la leche. El ataque enzimático le da al producto un típico sabor jabonoso.

**Rancidez oxidativa.** Las reacciones de oxidación de las cadenas de hidrocarburos de ácidos grasos son comunes para liberar ácidos grasos y sus ésteres, tales como triacilglicerolos. Sin embargo, los grupos carboxilo de los ácidos grasos libres, aceleran la descomposición de hidroperóxidos de ácidos grasos y puede reaccionar con algunos productos de oxidación en los alimentos. Existe varios tipos de oxidación en reacciones de lípidos que pueden ocurrir:

- Autooxidación por oxígeno triplete.
- Oxidación por peróxido de hidrógeno o hidroperóxidos.
- Oxidación por oxígeno singlete (principalmente fotooxidación).
- Oxidación catalizada por enzimas (lipoxigenasas).
- Oxidación por metales en mayor valencia.
- Oxidación por quinonas y compuestos relacionados.

Los hidroperóxidos, que dan como resultado la oxidación de grasas, no afectan la calidad de las grasas y aceites, pero sus productos de descomposición producen olores distintivos que dependen de la concentración de los productos secundarios y su composición. A menudo, un cierto rango de oxidación en reacciones, tanto enzimáticas como no enzimáticas, son deseables, porque conducen a la formación de un sabor característico activo en muchos alimentos (frutas, verduras y alimentos fritos).

**Rancidez cetónica.** La rancidez de cetónica o perfume, ocurre típicamente en la mantequilla, donde es indeseable. Esta conlleva ácidos grasos con 6 a 12 átomos de carbono, liberados de triacilglicerolos por hidrólisis con lipasas de microorganismos (hongos de los géneros *Penicillium* y *Aspergillus*). Adicional, son enzimáticamente degradados en gran medida por  $\beta$ -oxidación. Su descarboxilación produce metilcetonas.

**Reversión del sabor.** La reversión del sabor es característica en el aceite de soja y algunas veces ocurre en otros aceites que contienen ácido linolénico, por ejemplo, el aceite de canola. Dicha reversión se manifiesta cuando existe bajas cantidades de hidroperóxidos de ácidos grasos y son causados por diferentes compuestos resultantes de la descomposición de hidroperóxidos, incluyendo varios derivados de furano.

**Los lípidos oxidados presentan baja toxicidad aguda.** Por lo tanto, su efecto en la salud humana a menudo se subestima. La toxicidad de las grasas utilizadas para freír no se ha establecido,



por ello, los límites para su uso (25% de compuestos polares y 10% de polímeros) indican que en realidad las propiedades funcionales se están deteriorando y el sabor de la comida frita empeorará. Se ha reportado que la toxicidad crónica proviene de dímeros cíclicos y particularmente de ciclohexenos derivados. Un mayor contenido de hidroperóxidos causa síntomas de deficiencia de vitamina E y deficiencia de ácidos grasos esenciales, lo que resulta en un aumento de la permeabilidad de la piel al agua. También es difícil para hidrolizar enzimáticamente (digerir) lípidos oxidados. Recientemente, se ha demostrado que una mayor ingesta de grasas oxidadas, aumenta sus niveles en suero sanguíneo y ácidos grasos oxidados o radicales libres derivados de los ácidos grasos oxidados. Estos reaccionan con ciertas proteínas en el suero sanguíneo y en las paredes de los vasos sanguíneos y forman depósitos ateroscleróticos.

Los esteroides oxidados son particularmente activos en este aspecto. Similarmente, los depósitos se forman en el tejido nervioso y en algunos otros órganos importantes. Productos de oxidación de lípidos, especialmente la acroleína reactiva y el malondialdehído, reaccionan con proteínas y ácidos nucleicos, donde cualquier alteración puede facilitar el desarrollo de tumores malignos. Por estas razones, se recomienda un aumento de la ingesta de antioxidantes naturales, principalmente tocoferoles y carotenos, lo que conduce a una mayor ingesta de ácidos grasos poliinsaturados fácilmente oxidables.

---

### ■ Efecto en el valor nutritivo

Las grasas son una parte esencial de una dieta saludable, pero, para una salud óptima, la cantidad total y el tipo de grasa consumida necesita una atención cuidadosa. Una ingesta total de grasa que excede el 35% de las calorías significa una ingesta de grasas saturadas demasiado alta. Una baja ingesta de grasa total (menos del 20% de las calorías), aumenta las posibilidades de obtener muy poca vitamina E y ácidos grasos esenciales que puede afectar negativamente los niveles sanguíneos de triglicéridos y un tipo de colesterol llamado colesterol de lipoproteína de alta densidad (HDL), que a veces se denomina colesterol “bueno”.

De hecho, comparando con el siglo pasado, la ingesta de grasa se ha duplicado. Las grasas añadidas son aquellas que se agregan a los alimentos, como la mantequilla en el pan y las mantecas que se usan para hacer galletas, pasteles y alimentos fritos. En términos de variedades de grasa, muchas personas consumen demasiada grasa saturada y muy poca grasa monoinsaturada y poliinsaturada. Los productos lácteos (leche entera, queso, helado, mantequilla), carne de res, pollo y mayonesa son los principales contribuyentes de grasas saturadas. Las principales fuentes de grasas trans son la margarina y los productos horneados hechos con manteca, como pasteles, galletas, tartas y panes. Los aceites vegetales son los principales contribuyentes de la grasa poliinsaturada.

## Preguntas de reflexión de la tercera unidad

Los lípidos son compuestos que se encuentran distribuidos por toda la naturaleza. El conocimiento de su función, propiedades y características ha permitido emplearlo en la vida cotidiana del hombre. Un acercamiento al estudio de estos compuestos nos dio una visión de su importancia.

1. ¿Cuál es el lípido más usado como fuente de energía en el cuerpo humano?

2. ¿Qué tipo de alimentos contienen grasa escondida?

3. ¿Cuál es la estructura química de los ácidos grasos saturados e insaturados? Explique sus diferentes efectos de ambos en el cuerpo humano.

4. ¿Cuál es la principal función de los fosfátidos de glicerina?

5. ¿Qué característica debe tener un lípido para que tenga propiedades anfipáticas?

6. Haga coincidir los términos relacionados con la grasa a la derecha con sus definiciones.

- Lípido que es sólido a temperatura ambiente: \_\_\_\_\_
- Principal forma de grasa en los alimentos: \_\_\_\_\_
- Esterol fabricado en el cuerpo: \_\_\_\_\_
- Similar a los triglicéridos, excepto que un ácido graso ha sido reemplazado por un fósforo: \_\_\_\_\_
- Lípido que es líquido a temperatura ambiente: \_\_\_\_\_

- a) Grasa.
- b) Colesterol.
- c) Aceite.
- d) Fosfolípidos.
- e) Triglicérido.

7. Defina lo que es lípido

8. Cite tres ejemplos de terpenos y explique la importancia biológica de al menos uno de ellos.



## Actividades de trabajo de la tercera unidad

1. Relacione la necesidad de ácidos grasos omega-3 en la dieta con la recomendación de consumir pescado graso al menos dos veces por semana.

---

2. Realice una tabla donde relacione los siguientes tipos de ácidos grasos: ácidos grasos saturados e insaturados (monoinsaturado, poliinsaturado, ácidos grasos esenciales omega 3, omega 6) y ácidos grasos trans, con si estos presentan doble enlace o no y cuántos, principales fuentes y estado a temperatura ambiente.

---

3. Realice un estudio de la dieta con base en su contenido lipídico que se consume en los países del mediterráneo y en los polos donde viven los esquimales. El reporte deberá contener al menos 10 cuartillas. El trabajo debe contener una introducción, desarrollo y conclusiones, así como las referencias utilizadas.

---

4. Las grasas rancias huelen y saben mal. También contienen compuestos (peróxidos y aldehídos) que pueden dañar las células. Realice un ensayo donde se aborden aspectos como cuáles son los ácidos grasos más propensos a la rancidez, explicar el por qué y cómo se puede prevenir este fenómeno. A la misma vez, realice un reporte con fotografías del tema.

---

5. Realice un video en su hogar, donde usted exponga ejemplos de grasas susceptibles a la rancidez.

---

6. Analice los siguientes videos y realice un mapa conceptual de cada video.

a) María Fernanda Rizo. (2014). Rancidez oxidativa.  
<https://www.youtube.com/watch?v=bS11xsKLMsk>

b) Educacciontv. (2015). Los lípidos en la alimentación.  
<https://www.youtube.com/watch?v=afcrsfwUa44>

c) Los ecologistas de los bueno Podcast. (2017). Diferenciar los diferentes tipos de grasas en salud ecológica en 2017.  
<https://www.youtube.com/watch?v=55vyMWHVmJY>

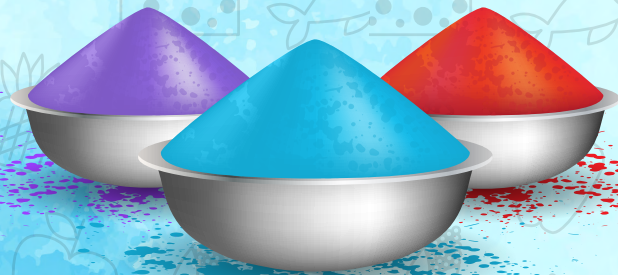
---





# QUINTA UNIDAD

## Colorantes, pigmentos y sistemas coloidales





## Quinta unidad: Colorantes, pigmentos y sistemas coloidales

**Objetivo:** identificar los diferentes tipos de colorantes y pigmentos relacionados a los alimentos, así como comprender las generalidades de los sistemas coloidales y su aplicación.

### ■ Colorantes y pigmentos

Generalmente, la calidad sensorial de los alimentos y su aceptabilidad, aparte del olor, sabor y textura, también se basa en el color y su percepción de materiales coloreados por la absorción selectiva de luz. En esta unidad, el término pigmento se usa para una sustancia cuya presencia en las células vivas determina su característica color. En otros contextos, un pigmento es cualquier material del que un tinte puede ser preparado. En este mismo sentido, el término colorante se refiere a una tintura utilizada por la industria para colorear o teñir diversos materiales, pero no para comida. En términos generales, colorante significa cualquier sustancia, tal como un pigmento o tinte que imparte color. Las sustancias utilizadas para impartir color a los alimentos o bebidas son aditivos de color. Los pigmentos son materiales inorgánicos u orgánicos, coloreados, blancos o negros que son prácticamente insolubles en el medio en el que se incorporan. Los tintes, a diferencia de los pigmentos, se disuelven durante su aplicación y en el proceso pierden su cristal o estructura particulada. Por lo tanto, por sus características físicas, más que por su composición química, los pigmentos se diferencian de esta manera de los tintes.

Los pigmentos alimenticios se dividen en tres principales tipos: pigmentos naturales, pigmentos sintéticos idénticos a los pigmentos naturales y pigmentos sintéticos.

Los pigmentos naturales son sustancias coloreadas sintetizadas, acumuladas o excretado en el ambiente por células vivas. Estos pigmentos son partes naturales de alimentos de origen animal o vegetal debido a las disposiciones genéticas del organismo dado. También puede ser parte de otros materiales naturales (pigmentos de algas, hongos, líquenes) o microorganismos) que se obtienen en su estado original como tal o están estructuralmente modificados y se utilizan para colorear alimentos.

Los como aditivos de color son productos coloreados, derivados de materias primas naturales a través de varios procesos tecnológicos, como el caramelo y el extracto de malta, que contienen melanoidinas; sin embargo, también se consideran colorantes naturales.

Adicionalmente, los colorantes naturales incluyen complejos de cobre de clorofila y clorofilinas que no ocurren en la naturaleza o pueden estar presentes en alimentos en cantidades insignificantes. También se encuentran los pigmentos inorgánicos, tales como carbonato de calcio, óxido de hierro (III) (trioxido de hierro), titanio (V) óxido (dióxido de titanio) y colorantes sintéticos idénticos a la naturaleza. Algunos de los pigmentos naturales se forman solo durante el procesamiento y almacenamiento de materias primas alimenticias y alimentos, principalmente, por reacciones con aminoácidos.



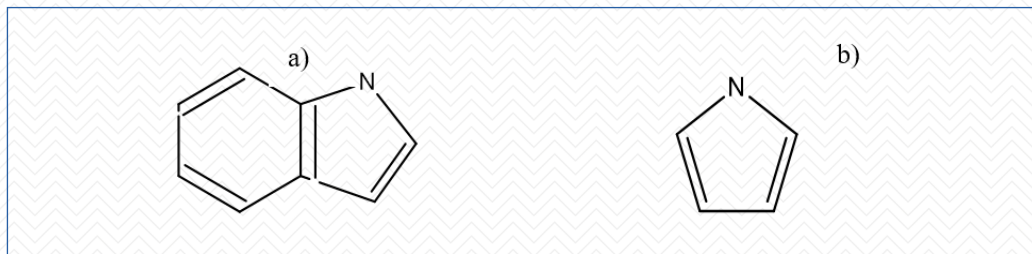
### ■ Estructura y función de los pigmentos en los alimentos

Los pigmentos naturales se clasifican según su estructura, ocurrencia en materiales biológicos y propiedades importantes (tales como su solubilidad en agua y grasa). Los siguientes pigmentos son reconocidos de acuerdo a su estructura:

**Compuestos heterocíclicos nitrogenados.** A estos pertenecen los pigmentos derivados de pirrol y pigmentos derivados de indol, isoquinolina, pirimidina, respectivamente de purina, pterina y flavina, fenazina y fenoaxazina relacionadas. Algunos de ellos son simultáneamente clasificados como alcaloides. Los pigmentos más importantes de este grupo incluyen los pigmentos de hemo y clorofila, derivados de pirrol, melaninas y betacianinas derivadas de indol (Figura 23).

**Figura 23**

*Representación de algunos heterociclos nitrogenados: a) heterociclo indol, b) heterociclo pirrol.*

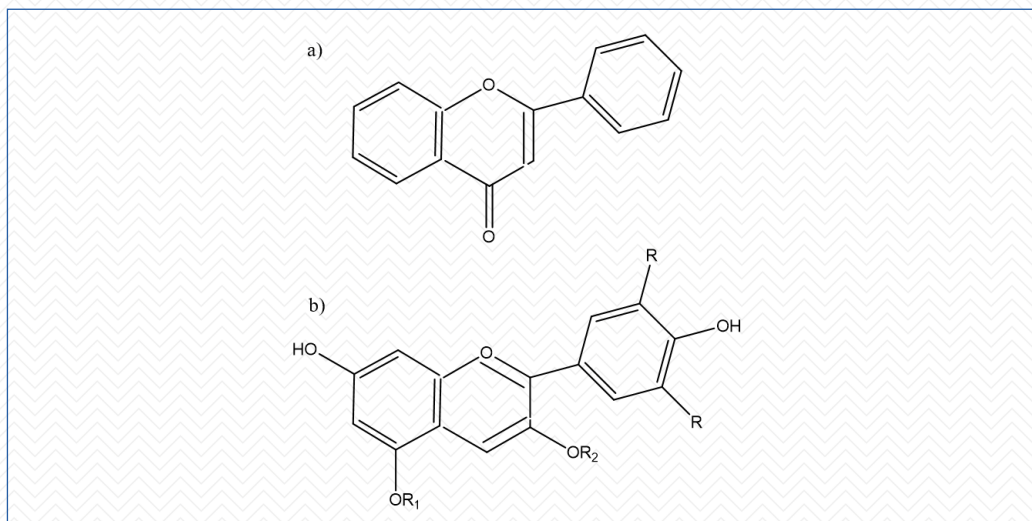


*Fuente:* autoría propia.

**Compuestos heterocíclicos que contienen oxígeno.** Incluyen muchos compuestos fenólicos. Los flavonoides son pigmentos de las antocianinas que están relacionadas con pigmentos derivados de isocromeno y xantona. La estructura básica de los flavonoides se visualiza en la Figura 24.

**Figura 24**

*Representación de heterociclos oxigenados: a) flavanoides, b) antocianinas.*



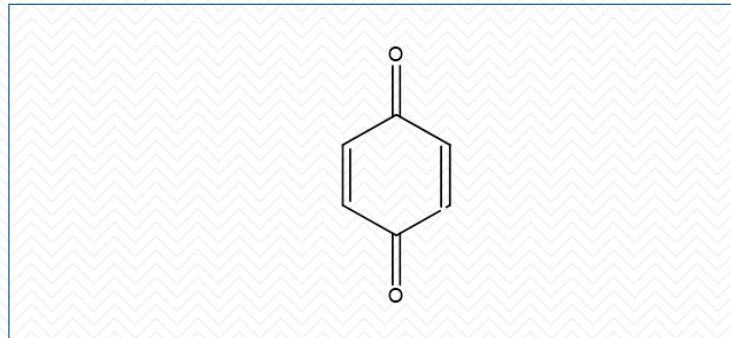
*Fuente:* autoría propia.



**Otros fenoles y quinonas derivadas.** Estas incluyen una gran variedad de pigmentos, sus oligómeros, condensación y otros productos, tales como curcuminoides (Figura 25).

**Figura 25**

*Representación de una quinona.*

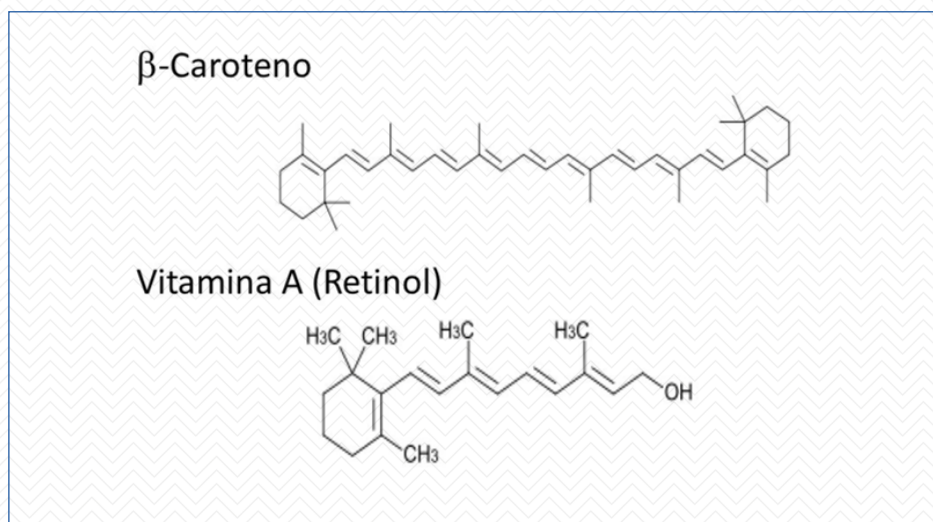


*Fuente:* autoría propia.

**Terpenoides.** En particular, estos incluyen tetraterpenoides: pigmentos derivados de tetraterpenos, conocidos como carotenoides, pigmentos monoterpénicos, iridoides y algunos otros compuestos coloreados.

**Figura 26**

*Representación de terpenoides.*



*Fuente:* autoría propia.

A continuación, se exponen algunos ejemplos de las funciones de los pigmentos en los productos alimenticios. Los consumidores suelen considerar el color rojo brillante de la carne como un signo de frescura. El color de la carne recién cortada o picada viene de dos tipos de pigmentos: mioglobina/oximioglobina y metamioglobina. Después de varias horas o días de exposición, la oximioglobina puede convertirse en metamioglobina, que tiene un color marrón grisáceo. El color de la carne empaquetada al vacío contiene deoximioglobina y es de color rosa pálido. El color de la

carne empaquetada en una atmósfera de monóxido de carbono es claramente rojo cereza.

En este mismo contexto, los pigmentos de clorofila son un grupo de pigmentos verdes que se encuentran en los tejidos de los organismos que proporcionan la fotosíntesis. Originalmente, el nombre de clorofilas solo se usaba para pigmentos verdes implicados en la fotosíntesis en plantas superiores, pero más tarde se extendió a todos los pigmentos de porfirina fotosintéticos que ocurren en casi todas las plantas superiores, musgos y algas. Las clorofilas se usan como pigmentos alimenticios, por ejemplo, para teñir productos de pasta, bebidas, dulces, sopas, yogures congelados y cremas. Estos colorantes se usan principalmente en productos cosméticos. Estos pigmentos también han encontrado su uso en medicina alternativa.

Algunos flavonoides son importantes como pigmentos naturales de plantas. Otros actúan como compuestos de sabor activo ya que son precursores de sustancias astringentes y amargas o tienen varios efectos biológicos importantes. De las pieles de la uva, donde se encuentran las antocianinas, se desprende el color tinto del vino. Durante la maduración y el envejecimiento, el color del vino cambia significativamente. Es así que la cantidad original de las antocianinas disminuyen.

---

### ■ Pigmentos sintéticos

Generalmente, los tintes sintéticos tienen un color más intenso que el natural. Estos, son más estables y no presentan ninguna característica en cuanto a olores y sabores en alimentos coloreados. Por lo tanto, los tintes sintéticos son bastante utilizados en la práctica de alimentos, principalmente por razones económicas. Los colores de los alimentos están contenidos en muchos de ellos, incluido los aperitivos: margarina, queso, mermeladas, jaleas, postres, bebidas y otros productos. Las siguientes clases de tintes se reconocen de acuerdo con su estructura:

- Colorantes azoicos (tintes monoazo, bisazo-, trisazo, polyazo).
- Colorantes de difenilmetano y trifenilmetano.
- Colorantes de pirazolona.
- Tintes de nitro.
- Tintes de xanteno.
- Tintes de antraquinona.
- Tintes de quinolina.
- Tintes de índigo.

Un ejemplo de pigmento sintético es la rodamina, visualizado en Figura 27.



**Figura 27**

*Pigmento sintético rodamina.*



*Fuente:* tomado de Made-in-China (2024). <https://bit.ly/3BXvliW>

Otros colorantes como acridina, diazonio, ftalocianina, tetrazolio y colorantes de tiazol, no están aprobados para alimentos. De acuerdo a sus propiedades fisicoquímicas, los tintes sintéticos pueden clasificarse en: colorantes amargos, tintes alcalinos y tintes neutros. De acuerdo con su solubilidad, los tintes sintéticos se dividen en colorantes liofílicos (solubles en agua) y colorantes lipofílicos (solubles en grasas).

Además de los criterios toxicológicos, se requiere que los tintes sintéticos sean sustancias químicamente puras, que no influyan en otras propiedades organolépticas de los alimentos (a excepción del color). Deben ser estables a los cambios de pH y a la exposición a la luz. En general, no existe tinte adecuado para todas las aplicaciones y situaciones. Por lo tanto, los tintes utilizados comprenden varios componentes y representan una mezcla de tintes. La mayoría de los colorantes sintéticos tienen suficiente estabilidad, particularmente, en alimentos secos y alimentos protegidos de la luz. Su estabilidad también es óptima en condiciones normales de producción, procesamiento y almacenamiento de alimentos.

### ■ Estabilidad de los pigmentos

La estabilidad de los pigmentos depende de su estructura y composición. Por ejemplo, en el caso de pigmentos con anillos de porfirina, esta dependerá del nivel de oxidación del átomo de hierro central, los ligandos que rodean el átomo central.

La carne fresca contiene agentes reductores (grupos tiol de proteínas oxidoreductasas con cofactores NADHs), que continuamente pueden reducir la metmioglobina a la mioglobina. Después de la oxidación de estas sustancias reductoras, una capa marrón de metmioglobina es gradualmente formada debajo de la superficie de la carne y eventualmente en toda la superficie que se vuelve marrón. Este color es una indicación que la carne no es particularmente fresca. La autooxidación de la hemoglobina metahemoglobina ocurre de la misma manera. En cambio, el color de la carne



empacada al vacío y de carne envasada en un monóxido de carbono atmósfera es más estable.

Además del cambio en el color de la carne y su autooxidación, los pigmentos tienen otras consecuencias indeseables. El oxígeno unido a la oximioglobina se disocia después de la protonación y la autooxidación de oximioglobina a metmioglobina produce radicales libres formando superóxido; los radicales libres y radicales hidroxilo, eventualmente formados, pueden iniciar la autooxidación de ácidos grasos, que puede conducir a la ranciedad en las partes grasas de la carne.

La prevención de cambios en el color durante el tratamiento térmico y la inhibición simultánea del crecimiento de bacterias patógenas se logra mediante la adición de sales de curado. Estas contienen sal (cloruro de sodio) en una mezcla con nitritos o nitratos.

En la mayoría de los productos cárnicos curados, la adición de nitritos y / o nitratos es necesario para prevenir el crecimiento de la toxina por la bacteria *Clostridium botulinum*. Los nitratos no presentan actividad directa contra la bacteria mencionada, pero actúan como reservorios de nitritos que se generan a partir de nitratos por la actividad microbiana. Los usos de nitratos y nitritos en carnes curadas y productos cárnicos deben cumplir con ciertas legislaciones.

En el caso de la clorofila, la mayoría de los procesos de fabricación y almacenamiento de frutas y vegetales verdes resultan en un mayor o menor grado de la degradación de clorofila. Esta se acelera por temperatura, luz, radiación ionizante, presencia de ácidos y algunas enzimas.

Desde la perspectiva tecnológica, la propiedad más importante de las antocianinas es el color y su estabilidad, que es relativamente bajo. Los principales factores que afectan la estabilidad del color de las antocianinas son la estructura de la molécula, la presencia de ciertas enzimas, pH, temperatura, presencia de oxígeno y exposición a la radiación. Las antocianinas pueden producir diversas reacciones coloreadas o incoloras, productos en reacciones con otros componentes alimentarios, como por ejemplo con ácido ascórbico, dióxido de azufre y otros fenoles e iones metálicos.

---

### ■ Estructura y función de aromas y sabores de los alimentos

En un sentido más amplio, los aditivos alimentarios o aromas son sustancias o mezclas que se agregan intencionalmente a la comida para mejorar su calidad. Cabe resaltar, que cualquier cosa que no es parte natural de un alimento se considera un alimento aditivo. El término aditivo alimentario significa cualquier sustancia que no se consume como un alimento en sí mismo y no se usa como un ingrediente característico de los alimentos. Sea que tenga o no valor nutritivo en los alimentos, el propósito de la adición es que no se pierda calidad en su fabricación, procesamiento, preparación, tratamiento, embalaje, transporte o almacenamiento.

El uso de aditivos alimentarios tiene una serie de ventajas, tales como:

- Reducción del deterioro del producto y vida útil prolongada de los alimentos que utilizan conservantes.
- Previenen envenenamientos por bacterias y hongos, incluido el botulismo que pone en



peligro la vida.

- Brindan valor nutricional mejorado o mantenido mediante la adición de vitaminas y minerales, lo que ayuda a reducir la desnutrición.

- Prevención de la formación de productos de oxidación potencialmente tóxicos en lípidos y otros constituyentes de alimentos por antioxidantes y prevención de formación de varios sabores y olores extraños.

- Otorgan a los alimentos una sensación deseable, mediante la adición de emulsionantes, espesantes y gelificantes que permiten que el producto mantenga una textura consistente y saludable en la producción de alimentos bajos en energía y otros nuevos con contenido de azúcar y grasa reducidos.

- Mejoramiento del sabor con la adición de especias naturales y sabores sintéticos, o la impartición de un color deseado mediante la adición de pigmentos naturales o colorantes sintéticos, que mejoran la apariencia de los alimentos para cumplir con las expectativas del consumidor.

En este sentido, hay dos tipos básicos de agentes que pueden prolongar la vida útil de los alimentos:

- Agentes antimicrobianos, conocidos como conservantes, que se utilizan para proteger los alimentos contra microorganismos indeseables.

- Antioxidantes, que protegen los lípidos y algunos otros alimentos sensibles constituyentes (como vitaminas) de la oxidación.

Las sustancias utilizadas para el aliño de alimentos son las más completas dentro del grupo de aditivos: sabores, edulcorantes, acidulantes, reguladores de la acidez, sustancias amargas, estimulantes y mejoradores de sabor.

---

### ■ Sistemas coloidales

La química coloidal trata con sistemas que contienen moléculas grandes o muy pequeñas partículas. Se encuentran entre las soluciones y las partículas gruesas. Su rango de tamaño es de aproximadamente 1-1000 nm. Algunos ejemplos de estados coloidales se muestran en la Tabla 7.

**Tabla 7***Ejemplos de estados coloidales.*

<b>Sólido/sólido</b>	<b>Sólido/líquido</b>	<b>Sólido/gaseoso</b>
- Preparaciones sólidas farmacéuticas - Plásticos reforzados	- Dispersiones - Suspensiones - Lodos de cal	- Aerosoles - Smoke
<b>Líquido/sólido</b>	<b>Líquido/líquido</b>	<b>Líquido/gas</b>
Geles y geles de separaciones cromatográficas	- Emulsiones - Cremas - Leche	- Aerosoles - Niebla - Spray
<b>Gas/sólido</b>	<b>Gas/líquido</b>	
- Productos espumosos - Aerogeles - Espumas minerales	- Espuma. - Espuma de caucho - Crema batida	

*Fuente:* autoría propia.

Las dispersiones coloidales simples son sistemas bifásicos que consisten en una fase dispersa (ejemplo un polvo) finamente distribuido en un medio de dispersión. Los soles y las emulsiones son los tipos más importantes de dispersiones coloidales. Las distribuciones finas de sólidos en un líquido anteriormente conocido como soles (expresión que se usó para distinguir las suspensiones coloidales de las macroscópicas) ahora se llaman suspensiones.

### ■ Soluciones

Las propiedades de ingredientes activos en las formulaciones (productos farmacéuticos, cosméticos, agroquímicos, colorantes, alimentos, bebidas, etc.), dependen, en gran medida, de su estado de agregación. Si una sustancia está formulada para alcanzar un objetivo rápidamente por difusión, entonces el ingrediente activo debe estar contenido en una solución de baja viscosidad. En microemulsiones, emulsiones, o preparaciones de vesículas, el material se transporta más lentamente.

Las cosas se ralentizan aún más, si la sustancia activa está en forma cristalina: por un lado, la cantidad en solución es menor, lo que reduce el transporte de masa, y por otro, el proceso de disolución en sí mismo puede ser determinante de la velocidad.

Una característica fundamental de las soluciones es que sus componentes no pueden separarse por métodos físicos o mecánicos, como decantación, filtración, centrifugación, debido a que interactúan a nivel de iones y moléculas; esto explica su carácter homogéneo de las soluciones.

Es así que, los componentes de una solución son el soluto y el solvente. El soluto es el que está en menor cantidad y es el que se disuelve. El solvente es el componente que está en mayor cantidad y disuelve al soluto. El solvente más común es el agua.



También, las soluciones se clasifican de acuerdo a su concentración:

**Diluidas.** Si la cantidad de soluto respecto al solvente es mínima.

**Concentradas.** Si la proporción de soluto con respecto al solvente es grande.

**Saturada.** Cuando a una temperatura determinada, la disolución no admite más cantidad de soluto disuelto.

**Sobresaturada.** Dilución que contiene mayor cantidad de soluto que la permitida a una temperatura determinada.

La solubilidad es la mayor cantidad de soluto (gramos de sustancia) que se puede disolver en 100 gramos de disolvente a una temperatura fija, para formar una disolución saturada. La concentración de una solución está dada por la cantidad de soluto disuelto en una determinada cantidad de disolvente o de la disolución.

**Molaridad.** Las soluciones molares se expresan en número de moles del soluto en 1 L litro de disolución. Se pueden encontrar diferentes formas de expresarla: mmol/L,  $\mu\text{mol/L}$ , 1 mol/L= 1M.

**Molalidad.** Es el número de moles del soluto en 1 Kg del disolvente.

**Normalidad.** Se expresa por el número de equivalentes gramos del soluto en 1 L de disolución. El equivalente no es más que dividir el peso molecular de la sustancia entre su número de valencia en la reacción que se analiza. Ejemplo:  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , un equivalente en gramo será  $M(\text{H}_2\text{SO}_4)/z^*= 97/2=48.5$  g. La concentración se expresa g/L.

**Porcentaje de concentración.** Este tiene variantes, dependiendo del uso de peso o volumen.

a) Por ciento, volumen/volumen (v/v): es la cantidad de soluto medida en volúmenes (mL) en 100 mL de disolución.

b) Por ciento, peso en volumen (p/v): es la cantidad de soluto medido por su peso en gramos, disueltos en 100 mL de disolución.

c) Por ciento, peso en peso (p/p): es la cantidad de gramos disueltos en 100g de disolución.

La cantidad de sustancia (n) presenta la siguiente forma:  $n(\text{X})=m(\text{X})/M(\text{X})$  y está dada en mol (1mol representa  $6.02 \times 10^{23}$  partículas). A este número se le llama avogrado, donde  $m(\text{X})$  es la masa de una sustancia X. De esta manera,  $M(\text{X})$  es la masa molar o peso molecular de la sustancia X.

---



## ■ Soles

En los alimentos es muy común la transformación de una fase dispersa sólida a una fase dispersante líquida. Las distribuciones finas de sólidos en un líquido se denomina soles. En el caso de los aerosoles, son dispersiones coloidales en las que se dispersa un sólido o un líquido en una fase continua de gas. Muy comúnmente se distinguen en la ciencia los siguientes tipos de aerosoles:

**Polvo.** Aerosoles de partículas sólidas (más de aproximadamente  $0,5 \mu\text{m}$  diámetro). Es el resultado de la desintegración mecánica de la materia más grande.

**Humo.** Aerosoles de partículas sólidas (menos de  $1 \mu\text{m}$  de diámetro) que surgen de la condensación de vapores a partir de una reacción química o reacción física (como evaporación y condensación).

**Niebla.** Aerosoles de gotitas de líquido. En algunas definiciones, la niebla se caracteriza por un rango de tamaño de gota particular; en otras, la niebla se refiere a que tiene una alta concentración de gotas para oscurecer la visibilidad.

**Smog.** Aerosoles de gotitas líquidas o partículas sólidas que componen la contaminación del aire (tienen diámetros inferiores a  $2 \mu\text{m}$ ).

**Bioaerosoles.** Partículas en el aire de origen biológico, como células bacterianas y hongos dispersas en el aire.

---

## ■ Espumas

La espuma es una dispersión gruesa de un gas en un líquido. La mayor parte del volumen está ocupado por el gas y el líquido se distribuye en películas delgadas entre las burbujas de gas llamadas lamelas. Las espumas acuosas típicas consisten en 95% de aire y solo 5% de líquido. Este último es, en sí mismo, más del 95% de agua. El resto está compuesto por tensioactivos y otras sustancias. En general, cuanto más bajo es la carboximetilcelulosa (CMC) de un agente tensioactivo, más eficaz es el agente espumante.

La acción espumante de los tensioactivos depende de su estructura. Para fines prácticos, la espuma creada debe ser estable al choque mecánico y térmico. Esto requiere moléculas que puedan estar densamente empaquetadas para formar una película firme. Para esto, los grupos hidrofóbicos deben ser largos y lineales. Dado que las cadenas hidrofóbicas más largas reducen la actividad superficial de la molécula, los buenos formadores de espuma deben tener una cadena de longitud media de alrededor de 12 a 14 átomos de carbono para alquilsulfatos y jabones de sodio a  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ . Para temperaturas más altas, las cadenas más largas son óptimas: 16 átomos de carbono para  $60 \text{ }^\circ\text{C}$ .

La modificación de las propiedades de formación de espuma es de considerable importancia práctica. Los aditivos más eficaces para estabilizar espumas, creados con la ayuda de tensioactivos, son las soluciones de compuestos polares de cadena larga. Estos, a menudo, son insolubles en agua, con cadenas lineales de grupos hidrocarbonados de aproximadamente la misma longitud que el grupo hidrófobo del agente tensioactivo. En este caso, un ejemplo es el alcohol laurílico, como



aditivo para el dodecil sulfato de sodio.

Hay dos tipos de agentes antiespumantes que deben distinguirse: rompedores de espumas e inhibidores de espuma. Los primeros destruyen las espumas existentes. Estos trabajan disminuyendo la tensión superficial a valores extremadamente bajos, en áreas pequeñas, haciendo que se formen rápidamente películas. De esta manera, las áreas circundantes, en las que la tensión superficial es más alta, hacen que se rompa la espuma.

Por el otro lado, los inhibidores de espuma evitan la formación de esta, es decir, actúan destruyendo la elasticidad de la película. Los inhibidores crean una superficie que mantiene una tensión superficial constante cuando se expande o se contrae. Algunos inhibidores de espuma logran este efecto, inundando la superficie con moléculas no coagulantes que se difunden rápidamente, de modo que cualquier aumento en la tensión superficial, como resultado de la expansión de la película, se contrarresta inmediatamente.

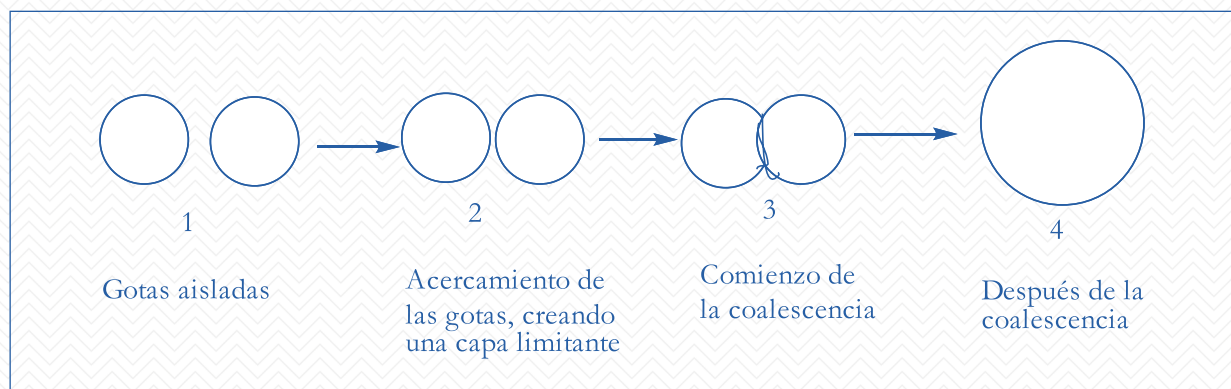
### ■ Emulsiones

Una emulsión es una dispersión termodinámicamente inestable de dos líquidos insolubles mutuos, como agua y aceite. Uno de estos dos componentes está presente en forma de gotitas esféricas finamente distribuidas en la segunda fase continua. Si el aceite se dispersa en agua, la emulsión se denomina emulsión de aceite en agua (o/w); por el contrario, el caso inverso es una emulsión de agua en aceite (w/o).

Cuando las gotas se fusionan y se unen irreversiblemente ocurre el fenómeno de la coalescencia. Las etapas individuales de la coalescencia de dos gotas de aceite en el agua se esbozan en la Figura 28. El carácter individual de las gotitas desaparece en su coalescencia. La coalescencia también ocurre en un sedimento o en una emulsión cremosa.

**Figura 28**

*Coalescencia de gotas estabilizadas.*

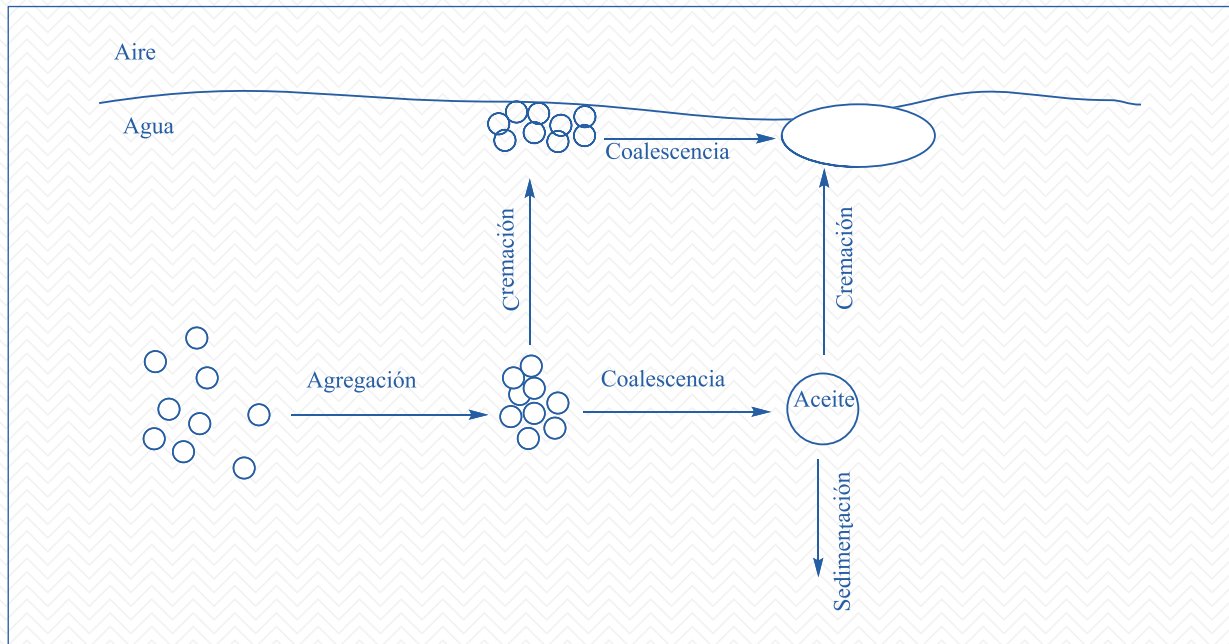


*Fuente:* autoría propia.

La causa de la coalescencia es la tendencia a minimizar el área superficial, mientras se maximiza el volumen. Una gota formada por coalescencia tiene una superficie más pequeña que la de sus dos gotas que le antecedieron juntas.

### Figura 29

Esquema del proceso que ocurre durante una emulsión inestable o/w.



Fuente: autoría propia.

En una emulsión inestable o/w, puede ocurrir los procesos representados en la Figura 29. Solamente cuando se produce la coalescencia, la emulsión se destruye irreversiblemente: las gotas de la emulsión pueden acumularse por difusión o convección, si las fuerzas que las separan son pequeñas. En los múltiplos así formados, las gotitas están separadas por películas delgadas y líquidas. Las formas de las gotitas en la colección dependen de las tensiones interfaciales. Los procesos posteriores que implican estabilidad, coalescencia y disolución están relacionados con las propiedades de las películas. Además de las propiedades de estas capas, las densidades de las sustancias involucradas son importantes; estas controlan la cremosidad y la sedimentación.

El tipo de emulsionante utilizado es un factor decisivo en el tipo de emulsión que resulta, o/w o w/o. Los emulsionantes hidrófilos de bajo peso molecular inducen la formación de emulsiones o/w; también, los emulsionantes lipófilos favorecen la formación de emulsiones w/o.

En este contexto, para que un agente tensioactivo actúe como un emulsionante, debe tener las siguientes propiedades:

- Debe mostrar buena actividad y crear una baja tensión superficial. Si esto no es el caso, el emulsionante puede combinarse con un agente tensioactivo adecuado. Así, debe tender a migrar a la superficie, en lugar de permanecer en solución en la fase masiva. Por lo tanto, debe tener ambos grupos hidrofílicos e hidrofóbicos. Demasiada solubilidad, en cualquiera de los dos las fases,



perjudican la eficacia.

- Debe formar una película en la interfaz, ya sea solo o junto con otras moléculas también adsorbidas allí. Estas deben estar condensadas: en el caso de emulsiones o/w, los grupos hidrofóbicos en la película interfacial deben interactuar fuertemente en una dirección lateral, es decir, con sus vecinos en la película. En el caso de las emulsiones sin grupos hidrófilos deberían interactuar así.

- Debe migrar a la interfaz lo suficientemente rápido para garantizar que la tensión interfacial se disminuya mientras se está fabricando la emulsión.

- Los emulsionantes que son preferencialmente solubles en aceite dan emulsiones w/o. Los emulsionantes hidrófilos en bajo peso molecular, como los jabones, inducen emulsiones o/w, al igual que los emulsionantes macromoleculares solubles en agua.

- Una mezcla de un tensioactivo, preferentemente soluble en aceite, con un agente tensioactivo soluble en agua, crea emulsiones más estables que un único agente tensioactivo.

- Cuanto más polar sea la fase oleosa, más hidrófilo debe ser el emulsionante. El menos polar es el aceite a emulsionar y el emulsionante es más lipófilo.

La formación de emulsiones por medios químicos (emulsionantes) ocurre de la siguiente manera.

Para empezar, el emulsionante debe estar presente en la interfaz, entre las fases a ser emulsionado, en una cantidad suficiente para asegurar que la adsorción sea rápida, disminuyendo la tensión en la interfase, de tal manera que las fases se separan en gotitas. Posteriormente, los flujos resultantes y la turbulencia causan una división más profunda, que se ve reforzada por la propagación de moléculas del emulsionante en la interfaz. Esta difusión contribuye a una cobertura rápida de esta. El suministro de más emulsionante también debe estar asegurado, es decir, la velocidad de difusión de la solución en la interfaz debe ser adecuada. Si a la energía suministrada al sistema ya no es suficiente para aumentar la superficie de las gotas, entonces la división de la fase interna se detiene.

Para seleccionar emulsificadores, el mejor sistema construido es el de Griffin, basado en el concepto de equilibrio hidrófilo - lipófilo (HLB). A cada emulsionante, se le asigna un número adimensional entre 0 y 20. Los dígitos entre 0 y 9 son emulsionantes hidrofóbicos solubles en aceite; los números entre 11 y 20 son emulsionantes hidrofílicos solubles en agua.

**Tabla 8**

Valores del balance hidrófilo - lipófilo y sus aplicaciones.

	Valor de HLB	Aplicaciones
Lipofílico ↓	0-3	Espumantes
	3-8	Emulsiones w/o
	7-9	Agentes humectantes
Hidrofilico	8-18	Emulsiones o/w
	11-15	Detergentes
	15-18	Solubilizadores

Fuente: autoría propia.

El tipo de emulsión, o/w o w/o, puede identificarse mediante diversas observaciones y métodos experimentales:

- Las emulsiones de o/w tienen una consistencia cremosa, mientras que las emulsiones de w/o no son aceitosas grasosas. La viscosidad de una antigua emulsión es poco diferente de una verdadera solución acuosa. En cambio, las emulsiones w/o tienen una consistencia untuosa o mantecosa, que generalmente es el resultado de una estructura de gel cristalino líquido.

- Una emulsión se mezcla inmediatamente con cualquier líquido miscible con su medio de dispersión.

- Una emulsión puede ser coloreada con colorantes que son solubles en el medio de dispersión, por ejemplo, azul de metileno para emulsiones o/w.

- Las emulsiones o/w, generalmente, son conductoras eléctricas.

Como las emulsiones son termodinámicamente inestables, la palabra “estable” se usa con referencia a la vida de la emulsión. En este contexto, tres conceptos importantes deben ser mencionados.

**Creimoso y sedimentación.** Estos fenómenos ocurren como resultado de disparidades en la densidad. El aumento o la sedimentación de las gotas dispersas no está necesariamente asociado con agregación y generalmente no se considera como inestabilidad.

**Floculación.** La floculación o coagulación de las partículas líquidas dispersas es un tipo de la inestabilidad de la emulsión. Sin embargo, mientras existan gotitas individuales, la emulsión no ha sido destruida, ya que las gotas pueden redispersarse.

**Rompimiento de la emulsión.** Fusión. La emulsión solo se interrumpe cuando las gotas se unen. Así, las fases se separan y el sistema emulsionado se destruye. Por lo tanto, la tasa de coalescencia de las gotitas se elige como la única medida cuantitativa para la estabilidad de una emulsión.



Por otro lado, la estabilidad cinética o inestabilidad de una emulsión depende de varios factores para su coalescencia: naturaleza de la película interfacial, barreras eléctricas y estéricas, viscosidad del medio de dispersión, relación de volumen de la fase dispersa y el medio de dispersión, distribución del tamaño de la gota y temperatura.

---

### ■ Geles

Un gel es un semisólido que consiste en una especie de red en la que el solvente está atrapado. Se puede categorizar como una dispersión de líquido en sólido. Un gel muestra algunas propiedades de sólidos, así como propiedades similares a los líquidos, es decir, es un sistema viscoelástico. Los geles se pueden clasificar convenientemente en dos categorías principales: geles basados en macromoléculas (geles poliméricos) y geles basados en materiales particulados sólidos.

Se pueden identificar numerosos ejemplos de geles basados en polímeros: producidos por superposición de cadenas de polímeros (geles físicos), producidos por asociación de cadenas poliméricas (espesantes asociativos), producidos mediante la reticulación física o química de cadenas de polímeros (microgeles) y así sucesivamente. Los geles particulados más comunes son aquellos basados en el hinchamiento de las arcillas (tanto acuosas como no acuosas) y óxidos finamente divididos (geles de sílice).

Además de las dos clases principales anteriores, los geles también se pueden producir a partir de surfactante en fases cristalinas líquidas: estructuras hexagonales, cúbicas o lamelares. Estos geles pueden ser producido a partir de moléculas de surfactante individuales, generalmente a altas concentraciones (> 30%). Asimismo, pueden producirse utilizando mezclas de surfactantes y otros anfífilos tales como alcoholes de cadena larga, como mezclas de alcoholes etoxilados con cetil-estearil- o cetostearil-alcohol. Los geles también pueden producirse a partir de tensioactivos iónicos, mediante la adición de otros ingredientes, por ejemplo, sales y / o alcoholes de cadena larga.

---

### ■ Estabilidad de los coloides en los alimentos

Los coloides se estabilizan por fuerzas Van der Waals, electrostáticas y estéricas. Para prevenir el rompimiento del estado coloidal es necesario crear barreras energéticas de naturaleza eléctrica y/o mecánica. Los fenómenos de superficie que ocurren en la capa límite, entre la fase dispersa y la fase dispersante, determina la estabilidad del coloide. En dependencia de la polaridad de los sistemas, será la fuerza que actuará: para un sistema lípido agua la fuerza que predominará es la de Van der Waals; sistemas polares serán enlaces de hidrógeno y fuerzas de Van der Waals. Cuando dos componentes no son miscibles, sólo se formará un coloide si la tensión interfacial disminuye a 10 dina/cm. Esto se puede lograr empleando un agente emulsificante. En general, se puede decir que, al aumentar la hidratación de las partículas se incrementa la estabilidad del coloide liofílico.

## Preguntas de reflexión de la quinta unidad

Esta unidad abarcó tres grandes grupos químicos que se emplean en la industria alimenticia: colorantes, pigmentos y coloides. Para las materias de nutrición es de vital importancia conocer las características y propiedades de estos elementos.

1. ¿Qué diferencia existe entre pigmentos y colorantes?
2. ¿Cuáles son las funciones de los aditivos en los alimentos?
3. Explique los distintos tipos de soluciones y exponga al menos tres formas de representar la concentración de una solución.
4. ¿Qué diferencia existe entre soles y geles?
5. Explique en qué consiste el balance hidrófilo-lipófilo.
6. Explique cuáles son los factores que inciden en la estabilidad de una emulsión.
7. ¿Cómo se logra en dos componentes inmiscibles la estabilidad coloidal del sistema?
8. Exponga ejemplos de soles, aerosoles, suspensión, emulsiones.



## Actividades de trabajo de la quinta unidad

1. Realice una tabla donde se reflejen los valores de equilibrio hidrófilo - lipófilo (HLB) de distintos emulsificantes. Clasifíquelos y exponga el uso de los mismos en la industria alimenticia. Proponga una mezcla de distintos emulsificadores e investigue como puede variar el HLB de esta nueva mezcla.  
-----
2. Realice una investigación en internet, donde se busquen distintos reactores de emulsificación. Describa el equipo y cuál es su razón de ser a través de imágenes, esquemas, diagrama de flujo y un reporte que conste de una introducción, desarrollo, conclusiones y referencias. Su extensión debe ser de al menos 10 cuartillas.  
-----
3. Realice un ensayo donde se aborde el uso de las espumas en la industria.  
-----
4. En un álbum de fotografías refleje los distintos tipos de pigmentos y colorantes. Este deberá tener la clasificación y uso de los mismos.  
-----
5. Realice un álbum de cocina tradicional, donde exponga cuáles son los aromas, sabores y aditivos que se le añaden a la comida. Explique la función de cada uno de ellos.  
-----



# SEXTA UNIDAD

Vitaminas, minerales  
y sabores en los alimentos





## Sexta unidad: Vitaminas, minerales y sabores en los alimentos

**Objetivo:** entender cómo las vitaminas, minerales y sabores afectan a la nutrición y la calidad de los alimentos, identificando su rol en la salud y en la percepción del sabor.

### ■ Vitaminas y minerales

Las vitaminas y minerales tienen funciones específicas y esenciales en el cuerpo. Las vitaminas son pequeñas moléculas orgánicas necesarias en bajas cantidades que apoyan procesos bioquímicos y fisiológicos sin ser una fuente de energía. Se dividen en hidrosolubles (B y C) y liposolubles (A, D, E, K). Por otra parte, los minerales, obtenidos del suelo y transferidos a través de la cadena alimentaria, son cruciales para el metabolismo, la contracción muscular y la regulación de la presión arterial. Se clasifican en macrominerales (como calcio y magnesio) y oligoelementos (como hierro y zinc), los que se necesitan en cantidades menores. En las Tablas 9 y 10 se presentan sus características.

**Tabla 9**

*Función, fuentes y dosis diarias de las vitaminas.*

Vitamina	Función	Fuente	Dosis diaria
<b>B1, Tiamina</b>	Ayuda a convertir los carbohidratos en energía y es esencial para el funcionamiento del sistema nervioso, músculos, corazón y cerebro.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cereales integrales (arroz integral y avena).</li> <li>- Pan y pasta enriquecidos.</li> <li>- Legumbres (lentejas, frijoles, garbanzos).</li> <li>- Nueces y semillas (nueces de Brasil, semillas de girasol).</li> <li>- Carne de cerdo.</li> <li>- Pescado (atún, trucha).</li> <li>- Huevos.</li> <li>- Levadura (levadura de cerveza).</li> </ul>	1,5 mg
<b>B2, Riblofavina</b>	Es esencial para la producción de energía, ya que ayuda a descomponer carbohidratos, proteínas y grasas. También apoya el crecimiento celular y la salud de la piel, los ojos y el sistema nervioso.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lácteos (leche, queso, yogur).</li> <li>- Huevos.</li> <li>- Carne (hígado, ternera, pollo).</li> <li>- Pescado (caballa, salmón).</li> <li>- Cereales integrales y enriquecidos.</li> <li>- Frutos secos (almendras).</li> <li>- Verduras de hoja verde (espinacas, acelgas).</li> <li>- Setas (champiñones).</li> </ul>	1,7 mg

**B3,  
Niacina**

Es clave para convertir los alimentos en energía y ayuda a mantener el funcionamiento normal de las células. Además, es importante para la salud de la piel, el sistema nervioso y el sistema digestivo. La niacina también contribuye a reducir los niveles de colesterol en la sangre y a mejorar la circulación.

- Carnes magras (pollo, pavo, cerdo).
- Pescado (atún, salmón).
  - Hígado.
- Cereales integrales y enriquecidos.
- Legumbres (frijoles, lentejas).
- Frutos secos (cacahuates, almendras).
  - Semillas.
- Setas (champiñones).

10 mg

**B5, Ácido  
pantoténico**

Es crucial para el metabolismo energético, ya que ayuda a descomponer carbohidratos, grasas y proteínas en energía. También participa en la síntesis de hormonas esteroides y neurotransmisores. Adicional, es importante para la salud de la piel, el cabello y los ojos.

- Carnes (pollo, ternera, cerdo).
- Pescado (salmón, atún).
  - Huevos.
- Lácteos (leche, queso, yogur).
- Cereales integrales (avena, arroz integral).
- Legumbres (frijoles, lentejas).
  - Frutos secos (almendras, nueces).
- Vegetales (brócoli, champiñones, patatas).
  - Aguacate.

10 mg

**B6,  
Piridoxina**

Es esencial para el metabolismo de proteínas, grasas y carbohidratos, así como para la producción de neurotransmisores que regulan el estado de ánimo y la función cerebral. También, ayuda en la formación de hemoglobina, que transporta oxígeno en la sangre y apoya el funcionamiento adecuado del sistema inmunológico.

- Carnes (pollo, pavo, cerdo).
- Pescado (salmón, atún, bacalao).
  - Papas.
  - Bananas.
- Legumbres (garbanzos, lentejas, frijoles).
- Cereales integrales (avena, trigo).
- Nueces y semillas (pipas de girasol, nueces).
  - Vegetales (espinacas, zanahorias).

2 mg



**B7,  
Biotina**

Es esencial para el metabolismo de grasas, carbohidratos y proteínas. Ayuda a convertir los alimentos en energía y juega un papel importante en la salud del cabello, la piel y las uñas. También contribuye a la regulación del azúcar en la sangre y al mantenimiento de un sistema nervioso saludable.

- Yema de huevo.
- Carnes (hígado, ternera).
- Pescado (salmón).
- Frutos secos (almendras, nueces).
- Semillas (semillas de girasol).
- Legumbres (soja, frijoles).
- Cereales integrales (avena, trigo integral).
- Vegetales (espinacas, brócoli).

300 µg

**B9, Ácido  
fólico**

Es esencial para la síntesis de ADN y la producción de células sanguíneas. También es crucial durante el embarazo para el desarrollo adecuado del tubo neural en el feto, lo que ayuda a prevenir sus defectos. Además, contribuye a la salud del sistema nervioso y al metabolismo de aminoácidos.

- Vegetales de hoja verde (espinacas, acelgas, lechuga).
- Legumbres (lentejas, frijoles, garbanzos).
- Cereales integrales y enriquecidos.
- Frutos secos (nuez, almendras).
- Cítricos (naranjas, pomelos).
- Aguacate.
- Hígado (especialmente de res).
- Brócoli.

400 µg

**B12,  
Cobalamina**

Es crucial para la formación de glóbulos rojos, el mantenimiento del sistema nervioso y la síntesis de ADN. También ayuda en el metabolismo de las células y en la prevención de anemia. La vitamina B12 es especialmente importante para la salud cerebral y la función cognitiva.

- Carnes (res, cerdo, cordero).
- Pescado (salmón, atún, trucha).
- Mariscos (almejas, mejillones, camarones).
- Productos lácteos (leche, queso, yogur).
- Huevos.
- Cereales enriquecidos con vitamina B12.
- Levadura nutricional (en algunos productos fortificados).

6 µg

**Vitamina C,  
Ácido  
ascórbico**

Protege las células como antioxidante, ayuda en la síntesis de colágeno, mejora la absorción de hierro, apoya el sistema inmunológico y facilita la cicatrización de heridas.

- Cítricos (naranjas, pomelos, limones).
    - Kiwi.
    - Fresas.
  - Pimientos rojos y verdes.
    - Brócoli.
    - Coles de Bruselas.
    - Tomates.
    - Mango.
    - Papaya.
- 60 mg

**Vitamina A,  
Retinol**

Es esencial para la visión, salud de la piel, membranas mucosas, sistema inmunológico, crecimiento y desarrollo de tejidos y órganos.

Estos alimentos proporcionan vitamina A en forma de retinol o beta-caroteno, que el cuerpo los convierte en vitamina A.

- Hígado (de res, pollo, cerdo).
  - Vegetales de color naranja y amarillo (zanahorias, batatas, calabaza).
  - Vegetales de hoja verde (espinacas, col rizada).
  - Productos lácteos (leche, queso).
  - Huevos.
  - Pimientos rojos.
- 5000 UI

**Vitamina D3,  
Colecalciferol**

Facilita la absorción de calcio y fósforo, mantiene la salud ósea, apoya el sistema inmunológico y contribuye a la función muscular.

- Exposición al sol (la piel produce vitamina D cuando se expone a la luz solar).
  - Pescado graso (salmón, atún, sardinas).
  - Aceite de hígado de bacalao.
  - Hígado (de res o de pollo).
  - Huevos (especialmente la yema).
  - Productos lácteos fortificados (leche, yogur).
  - Cereales y jugos fortificados.
- 400 UI



---

<b>Vitamina E, Tocoferol</b>	Actúa principalmente como antioxidante, protegiendo las células del daño causado por los radicales libres. También contribuye a la salud de la piel y los ojos, apoya el sistema inmunológico y ayuda en la prevención de la coagulación sanguínea excesiva.	<ul style="list-style-type: none"><li>- Aceites vegetales (aceite de germen de trigo, aceite de girasol, aceite de cártamo).</li><li>- Frutos secos (almendras, avellanas).</li><li>- Semillas (semillas de girasol).</li><li>- Verduras de hoja verde (espinacas, col rizada).</li><li>- Pescado (salmón, trucha).</li><li>- Aguacate.</li></ul>	30 UI
<b>Vitamina K1 Filoquinona</b>	Es esencial para la coagulación sanguínea y salud ósea.	<ul style="list-style-type: none"><li>- Vegetales de hoja verde. (espinacas, col rizada, acelgas).</li><li>- Brócoli.</li><li>- Coles de Bruselas.</li><li>- Lechuga.</li><li>- Perejil-</li><li>- Aceite de soja.</li></ul>	80 µg

---

*Fuente:* autoría propia.

**Tabla 10***Función, fuentes y dosis diarias de las vitaminas.*

Mineral	Función	Fuente	Dosis diaria
<b>Calcio (Ca)</b>	Es esencial para la salud ósea, contracción muscular, transmisión nerviosa, coagulación sanguínea y regulación de enzimas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Productos lácteos (leche, queso, yogur).</li> <li>- Vegetales de hoja verde (col rizada, espinacas, brócoli).</li> <li>- Pescado con espinas comestibles (sardinas, salmón).</li> <li>- Frutos secos (almendras).</li> <li>- Semillas (semillas de sésamo).</li> <li>- Cereales y jugos fortificados.</li> </ul>	1000 mg
<b>Magnesio (Mg)</b>	Es esencial para el metabolismo energético, función muscular, transmisión nerviosa, salud ósea y regulación de enzimas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Frutos secos (almendras, nueces de Brasil).</li> <li>- Semillas (semillas de calabaza, semillas de girasol).</li> <li>- Vegetales de hoja verde (espinacas, acelgas).</li> <li>- Cereales integrales (avena, trigo integral).</li> <li>- Legumbres (frijoles, lentejas).</li> <li>- Pescado (salmón, caballa).</li> <li>- Aguacate.</li> </ul>	400 mg
<b>Sodio (Na)</b>	Regula el equilibrio de fluidos, la presión arterial, la transmisión nerviosa y la contracción muscular.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sal de mesa (sal común).</li> <li>- Alimentos procesados (como embutidos, comidas enlatadas y snacks).</li> <li>- Salsas (soja, ketchup).</li> <li>- Comidas rápidas (hamburguesas, pizzas).</li> <li>- Quesos procesados.</li> <li>- Pan y productos horneados.</li> </ul>	Menor a 2400 mg
<b>Cloro (Cl)</b>	Mantiene el equilibrio de líquidos y el pH, ayuda en la producción de ácido gástrico y participa en la función nerviosa y muscular.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sal de mesa (sal común, que contiene cloruro de sodio).</li> <li>- Alimentos procesados (comidas enlatadas, snacks salados).</li> <li>- Quesos (especialmente los procesados).</li> <li>- Salsas (como la salsa de soja).</li> </ul>	3400 mg



<p><b>Potasio (K)</b></p>	<p>Mantiene el equilibrio de líquidos y el pH, ayuda en la producción de ácido gástrico y participa en la función nerviosa y muscular.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sal de mesa (sal común, que contiene cloruro de sodio).</li> <li>- Alimentos procesados (comidas enlatadas, snacks salados).</li> <li>- Quesos (especialmente los procesados).</li> <li>- Salsas (como la salsa de soja).</li> </ul>	<p>3400 mg</p>
<p><b>Potasio (K)</b></p>	<p>Regula el equilibrio de fluidos, facilita la función nerviosa, ayuda en la contracción muscular y contribuye a mantener una presión arterial saludable.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Frutas (plátanos, naranjas, kiwis).</li> <li>- Vegetales (espinacas, camote, brócoli).</li> <li>- Legumbres (frijoles, lentejas).</li> <li>- Pescado (salmón, bacalao).</li> <li>- Frutos secos (almendras, nueces).</li> <li>- Semillas (semillas de calabaza).</li> <li>- Aguacate.</li> </ul>	<p>80 µg</p>
<p><b>Fósforo (P)</b></p>	<p>Es esencial para la formación de huesos y dientes, producción de energía (ATP), regulación del pH y el buen funcionamiento celular.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lácteos (leche, queso, yogur).</li> <li>- Carnes (pollo, cerdo, ternera, pavo).</li> <li>- Pescados (salmón, atún, sardinas).</li> <li>- Huevos (especialmente la yema).</li> <li>- Frutos secos y semillas (almendras, nueces, semillas de girasol).</li> <li>- Legumbres (lentejas, garbanzos, frijoles).</li> <li>- Cereales integrales (avena, arroz integral, quinoa).</li> </ul>	<p>1000 mg</p>
<p><b>Cromo (Cr)</b></p>	<p>El cromo regula el azúcar en la sangre, mejora el metabolismo de macronutrientes y ayuda a mantener niveles saludables de colesterol.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Carnes (pollo, res, pavo).</li> <li>- Pescados (atún, salmón).</li> <li>- Granos integrales (pan integral, arroz integral).</li> <li>- Frutas y verduras (brócoli, uvas, papas, manzanas).</li> <li>- Frutos secos (nueces, almendras)</li> <li>- Especias (pimienta negra).</li> </ul>	<p>120 µg</p>

<b>Cobre (Cu)</b>	Es esencial para la formación de glóbulos rojos, el funcionamiento del sistema nervioso, producción de energía, protección antioxidante y la formación de tejido conectivo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mariscos (ostras, cangrejo, langosta).</li> <li>- Frutos secos y semillas (almendras, nueces, semillas de girasol).</li> <li>- Vísceras (hígado de res o cerdo).</li> <li>- Legumbres (lentejas, garbanzos, frijoles).</li> <li>- Cereales integrales (avena, trigo integral).</li> <li>- Chocolate oscuro.</li> <li>- Verduras de hoja verde (espinacas, acelgas).</li> </ul>	2 mg
<b>Flúor (F)</b>	Fortalece los dientes, huesos y protege contra las caries.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agua fluorada (muchas fuentes de agua potable contienen flúor).</li> <li>- Pasta de dientes y enjuagues bucales.</li> <li>- Mariscos (pescados y mariscos).</li> <li>- Té (especialmente el té negro).</li> <li>- Algunos alimentos (cereales y bebidas procesadas enriquecidas con flúor).</li> </ul>	1-2 mg
<b>Yodo (I)</b>	El yodo es esencial para la producción de hormonas tiroideas, el desarrollo cognitivo y la regulación del metabolismo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sal yodada.</li> <li>- Mariscos (pescados como el bacalao, camarón).</li> <li>- Algas marinas.</li> <li>- Lácteos (leche, queso y yogur).</li> <li>- Huevos (especialmente las yemas).</li> <li>- Algunos vegetales (patatas, maíz).</li> </ul>	90-150 µg
<b>Hierro (Fe)</b>	<p>El hierro es crucial para el transporte de oxígeno, la producción de energía, la función cognitiva y el sistema inmunológico.</p> <p>Para mejorar la absorción del hierro, es útil combinar estos alimentos con fuentes de vitamina C, como cítricos o pimientos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Carnes rojas (carne de res, cordero y cerdo).</li> <li>- Aves: (pollo y pavo).</li> <li>- Pescados y mariscos (atún, salmón, ostras).</li> <li>- Legumbres (lentejas, garbanzos, frijoles).</li> <li>- Cereales y granos fortificados (pan integral).</li> <li>- Verduras de hoja verde (espinacas, acelgas).</li> <li>- Frutos secos y semillas (almendras, semillas de calabaza).</li> </ul>	18 mg



<b>Manganeso (Mn)</b>	El manganeso es esencial para el metabolismo de nutrientes, la formación de huesos, la protección antioxidante y la función neurológica.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Frutos secos y semillas: Nueces, almendras, semillas de girasol.</li> <li>-Granos enteros: Arroz integral, avena, trigo integral.</li> <li>-Verduras de hoja verde:                         <ul style="list-style-type: none"> <li>-Espinacas, col rizada.</li> </ul> </li> <li>-Legumbres: Lentejas, garbanzos.</li> <li>-Té: Especialmente el té negro.</li> <li>-Frutas: Piña, plátanos.</li> </ul>	2 mg
<b>Zinc (Zn)</b>	El zinc es esencial para el sistema inmunológico, el crecimiento y el desarrollo, la síntesis de proteínas, la función enzimática y la salud de la piel.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Carnes (res, cerdo, pollo).</li> <li>- Mariscos (ostras, camarones, cangrejo).</li> <li>- Frutos secos y semillas (nueces, semillas de calabaza, almendras).</li> <li>- Legumbres (lentejas, garbanzos, frijoles).</li> <li>- Cereales integrales (avena, arroz integral).</li> <li>- Lácteos (leche, queso, yogur).</li> <li>- Granos enriquecidos (cereales de desayuno, pan).</li> </ul>	15 mg
<b>Selenio (Se)</b>	El selenio es esencial para la protección antioxidante, la función tiroidea, el sistema inmunológico y la protección contra enfermedades.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nuez de Brasil.</li> <li>- Mariscos (ostras, atún, camarón).</li> <li>- Carnes (res, pollo, cerdo).</li> <li>- Cereales integrales (arroz integral, trigo integral).</li> <li>- Productos lácteos (leche, queso).</li> <li>- Huevos (especialmente la yema).</li> </ul>	70 µg

Fuente: autoría propia.

## ■ Sabores

Aunque parezca sorprendente, el sabor no está en la comida en sí, sino que es creado por el cerebro a partir de la comida. La percepción del sabor es una respuesta multimodal a estímulos químicos y físicos que el cerebro interpreta. Los sabores se generan cuando las moléculas se adhieren a los receptores en la boca o la cavidad nasal. El gusto se diferencia del olfato en que tiene solo cinco modalidades básicas: dulce, amargo, umami (sabor agradable), ácido y salado. Además, la percepción del gusto es menos sensible que la del olfato, ya que se necesitan concentraciones más altas de moléculas para detectarlo.

**Tabla 11**

*Características de los distintos sabores.*

Sabores	Características	Componentes	Uso
<b>Dulce</b>	El sabor dulce es percibido a través de diferentes moléculas y los humanos están programados para preferirlo por la atracción hacia los alimentos energéticos.	Los azúcares, como la fructosa y la sacarosa, varían mucho en intensidad de dulzura entre otras sustancias. La fructosa es aproximadamente el doble de dulce que la sacarosa, por lo que puede reemplazarla para reducir el contenido calórico, manteniendo el mismo nivel de dulzura.	Fructosa: endulza bebidas y alimentos, reduce calorías. Galactosa: se usa en productos lácteos y procesados. Maltosa: empleada en cervezas y jarabes. Lactosa: encontrada en productos lácteos y fórmulas infantiles. Oligosacáridos (inulina): añadidos a alimentos para mejorar la fibra y textura.
<b>Amargo</b>	La sensibilidad al sabor amargo ayuda a evitar venenos y hace que los alimentos amargos sean menos atractivos. Los receptores T2R detectan el sabor amargo y también regulan el uso de nutrientes y el apetito en el cuerpo.	Aunque el rechazo a los alimentos amargos está relacionado con el miedo a intoxicarse, algunos alimentos mantienen sabores amargos únicos: rúcula, col rizada, brócoli, café, cacao, cáscara de cítricos, aceitunas y vino.	Café y cacao: en bebidas y repostería. Cáscara de cítricos: para aromatizantes. Aceitunas y vino: en alimentos y bebidas. Rúcula, col rizada y brócoli: en productos alimenticios para sabor y nutrientes.



**Umami**

El sabor umami, descrito como carnoso y sabroso, se encuentra en carne, mariscos, algas, hongos, queso, soja, tomate y alimentos fermentados. Aunque menos intenso, persiste más tiempo en el paladar y solo se reconoció como un sabor básico a finales del siglo XX.

La neutralización del ácido glutámico con NaOH convierte el ácido en glutamato monosódico (MSG), que se usa ampliamente para sazonar y realzar el sabor de los alimentos. El glutamato genera el sabor umami al unirse a los receptores T1R en las papilas gustativas.

Sazonadores: amplia aplicación en productos alimenticios para mejorar y realzar el sabor.  
Comida procesada: utilizado en sopas, salsas, snacks y comidas preparadas para intensificar el sabor umami.

**Salado**

La percepción del sabor salado no utiliza receptores de proteínas específicos, como los sabores dulce, amargo y umami. En su lugar, el sabor salado se genera cuando los iones de sodio (Na<sup>+</sup>) ingresan a los canales en las membranas celulares de tipo I en las papilas gustativas.

El sodio (de la sal) realza la dulzura y reduce el amargor en alimentos. Los fabricantes de chocolate añaden sal para mejorar la dulzura y minimizar el sabor amargo.

Realzar dulzura: se añade a productos dulces para intensificar el sabor.  
Reducir amargor: usado en alimentos para minimizar el sabor amargo.

**Ácido**

El sabor ácido se estimula por ácidos débiles en los alimentos. La acidificación mejora el sabor y previene el deterioro al reducir el pH y detener el crecimiento de microorganismos. La percepción de acidez está relacionada con los iones de hidrógeno (H<sup>+</sup>).

Los ácidos débiles como el ácido láctico o cítrico proporcionan un sabor ácido, que es apreciado en muchos alimentos. La intensidad del sabor ácido en los ácidos débiles no está relacionada con su fuerza ácida (pKa de los grupos carboxilo). A igual concentración, la intensidad del sabor ácido sigue el orden: ácido cítrico > ácido tartárico > ácido succínico > ácido láctico > ácido acético.

Ácido cítrico: acidulante y conservante.  
Ácido tartárico: en panadería y estabilizadores.  
Ácido succínico: acidulante y saborizante.  
Ácido láctico: conservas y regulador de pH.  
Ácido acético: vinagre y conservante.

## Preguntas de reflexión de la sexta unidad

1. ¿Cómo impactan las vitaminas y minerales en la salud y bienestar general de una persona?  
.....
2. ¿De qué manera los sabores (dulce, ácido, amargo, salado, umami) afectan la aceptación y el disfrute de los alimentos?  
.....
3. ¿Cómo se pueden utilizar los conocimientos sobre vitaminas y minerales para diseñar dietas más equilibradas y nutritivas?  
.....
4. ¿Qué papel juegan los sabores en la preservación de alimentos y cómo pueden estos influir en la calidad del producto?  
.....
5. ¿Cómo influyen las técnicas de procesamiento de alimentos en el contenido de vitaminas y minerales y en la percepción de los sabores?  
.....
6. ¿Qué estrategias pueden emplearse para mantener o aumentar el contenido de vitaminas y minerales en los alimentos procesados?  
.....



## Actividades de trabajo de la sexta unidad

1. Investigación de nutrientes: investigue y presente un informe sobre las principales vitaminas y minerales en varios alimentos comunes, incluyendo su función en el cuerpo y sus fuentes dietéticas.
2. Realice una cata de alimentos para identificar y clasificar los sabores (dulce, ácido, amargo, salado, umami). Luego, discuta cómo estos sabores afectan a la percepción y el disfrute de los alimentos.
3. Análisis de etiquetas: examine las etiquetas de productos alimenticios para identificar los contenidos de vitaminas y minerales. Comente sobre la precisión y la utilidad de la información nutricional proporcionada.
4. Comparación de alimentos: compare alimentos procesados y frescos, en términos de contenido de vitaminas y minerales. Investigue cómo el procesamiento afecta el valor nutritivo y la calidad sensorial.
5. Diseñe un plan de dieta equilibrada que incluya una variedad de alimentos ricos en diferentes vitaminas y minerales. Explique cómo tu plan contribuye a una salud óptima.
6. Análisis de etiquetas de suplementos: investigue diferentes suplementos vitamínicos y minerales. Compare sus beneficios y riesgos; discuta si son necesarios para una dieta equilibrada.

## Bibliografía

Badui Dergal, S. (2006). *Química de los alimentos*. 4a edición. Pearson Educación.

Belitz, H.D., Grosch, W., Schieberle, P. (2008). *Food Chemistry*. 4a edición. Springer.







ISBN: 978-9942-676-93-1



9 789942 676931



**Matriz La Magdalena:** Calle Jambelí Oe3-158 y La Unión.  
**Campus Eloy Alfaro:** José Barreiro y Av. Eloy Alfaro N52-85, Sector Solca.  
**Campus Calderón:** Calle Los Cipreses N6-99 y Giovanni Calles.  
**Campus Pífo:** Ignacio Fernández Salvador Oe2-439 y Pasaje Baldeón.  
**Sede Santa Elena:** La Libertad, barrio 25 de Septiembre, Av. 25 y calle 28.  
**Sede Guayaquil:** Calle 6 de Marzo y Rosendo Avilés, Barrio del Centenario.

[www.tecnoecuatoriano.edu.ec](http://www.tecnoecuatoriano.edu.ec)

