



**Uleam**  
UNIVERSIDAD LAICA  
ELOY ALFARO DE MANABÍ



**EDITORIAL  
MAR ABIERTO**

# Nutrición General Humana y para el *deportista*



Colección  
**S.B.**

Damaris Hernández Gallardo  
Ricardo Arencibia Moreno  
Martha Linares Manrique



# **Nutrición general humana y para el deportista**

Colección Dossier Académico

*Salud y Bienestar (S.B)*





# **Nutrición general humana y para el deportista**

## **Parte I**

Damaris Hernández Gallardo

Ricardo Arencibia Moreno

Martha Linares Manrique



# Uleam

UNIVERSIDAD LAICA  
ELOY ALFARO DE MANABÍ

**UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ**  
Ciudadela universitaria vía circunvalación (Manta)  
[www.uleam.edu.ec](http://www.uleam.edu.ec)

---

**Autoridad Académica:**

Miguel Camino Solórzano, Rector  
Iliana Fernández, Vicerrectora Académica  
Doris Cevallos Zambrano, Vicerrectora Administrativa

---

**NUTRICIÓN GENERAL HUMANA Y PARA EL DEPORTISTA. PARTE I**

© Damaris Hernández Gallardo  
© Ricardo Arencibia Moreno  
© Martha Linares Manrique

---

**Revisión pares académicos:**

Nombre: José Antonio Naranjo  
Institución: Universidad de Granada  
Tiempo completo, parcial o agregado: completo  
Teléfono: 34659217465  
Email: [jnaranjo@ugr.es](mailto:jnaranjo@ugr.es)

Nombre: Daniel Linares Girela  
Institución: Universidad de Granada  
Tiempo completo, parcial o agregado: completo  
Teléfono: 34649894320  
Email: [dlinares@ugr.es](mailto:dlinares@ugr.es)

---

Consejo Editorial: Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí  
Director Editorial: Hernán Murillo Bustillos  
Diseño de cubierta: Hernán Murillo Bustillos  
Diseño y diagramación: José Márquez  
Estilo, corrección y edición: Alexis Cuzme  
(DEPU)

---

**ISBN:** 978-9942-959-93-5  
Edición: Primera. Septiembre 2017  
Departamento de Edición y Publicación Universitaria (DEPU)  
Editorial Mar Abierto  
2 623 026 Ext. 255  
[www.marabierto.uleam.edu.ec](http://www.marabierto.uleam.edu.ec)  
[www.depu.uleam.blogspot.com](http://www.depu.uleam.blogspot.com)  
[www.editorialmarabierto.blogspot.com](http://www.editorialmarabierto.blogspot.com)  
Manta - Manabí - Ecuador

# Resumen

**L**a alimentación es un proceso bio-psico-social, depende de diversos factores que implican la selección de un alimento u otro, pero de este simple hecho, se desencadena el complejo proceso de la nutrición que culmina con la utilización de los nutrimentos contenidos en los alimentos por parte de todas las células del organismo y debe garantizar un adecuado estado nutricional y de salud, con el desarrollo de la actividad física deseable, es por ello que es imprescindible el conocimiento del papel de los nutrimentos en el organismo y los alimentos que los contienen en especial para los individuos de actividad física sistemática.

La obra pretende brindar una visión integradora del impacto de la aportación de nutrientes sobre el actuar metabólico del organismo humano, eje central que guía su desarrollo, así, se presenta una explicación exhaustiva de las diferentes fases del metabolismo celular centrado en el uso y aportaciones de dichos nutrimentos al actuar fisiológico, partiendo de las leyes de la nutrición, la función de los alimentos y sus componentes nutrimentales, además de sus transformaciones bioquímicas. Se analiza de la primera fase del metabolismo la Nutrición como proceso fisiológico que implica las transformaciones de los alimentos hasta sus moléculas absorbibles en el tubo digestivo.

Palabras clave: deportes, digestión, metabólico, nutrición.



## Introducción

En la actualidad es ampliamente aceptado que el cien por ciento de las enfermedades crónicas no transmisibles tienen un origen directo o indirecto de carácter nutricional, todo relacionado con el sustrato energético sustancial que representan los nutrimentos aportados por alimento integrantes del régimen dietético del hombre y posibilitan la realización del metabolismo celular, función fundamental de todo ser vivo y sostenedora de la vida en el tiempo y en el espacio.

Por su parte, la alimentación es un proceso bio-psico-social, depende de diversos factores que implican la selección de un alimento u otro, pero de este simple hecho, se desencadena el complejo proceso de la nutrición y el uso o vías de almacenamiento de las moléculas en el organismo y como resultado un determinado estado nutricional y de salud, es por ello que conocer el importante papel de los nutrimentos en el organismo y los alimentos que los contienen es de vital importancia para los individuos y en especial para los practicantes de actividad física sistemática. Lo que convierte el proceso de tomar un alimento en un acto de total responsabilidad.

Dado lo expuesto se pretende brindar una visión integradora del impacto de la aportación de nutrientes sobre el actuar metabólico del organismo humano, eje central que guía el desarrollo de la obra, así, se presenta una explicación exhaustiva de las diferentes fases del metabolismo celular centrado en el uso y aportaciones

de dichos nutrimentos al actuar fisiológico, partiendo de las leyes de la nutrición, la función de los alimentos y sus componentes nutrimentales, además de sus transformaciones bioquímicas, de forma que se evidencie y argumente la necesidad de una adecuada alimentación para mantener el estado de salud y el éxito psico-motriz o estado armónico de bienestar en el individuo practicante de actividad física sistemática.

Tal concepción haría la obra en extremo extensa para un solo texto, por lo que los autores decidieron dividir la misma en partes que se corresponden a la temática central que los ocupa. En la presente se integran conceptos generales de tipo nutricional, con aspectos relacionados a la composición química y papel funcional de los macro y micronutrientes, a continuación se hace un análisis anatómico y fisiológico del suministro de nutrientes a la célula, información que permite valorar las causas de las insuficiencias o alteraciones en aspectos de ingesta, digestión o absorción, en correspondencia adelantar soluciones sobre causas y no simplemente la manifestación del fenómeno.

Para lograr tal empeño se impone conciliar el funcionamiento del organismo con carácter holístico, es decir, considerar el momento de la alimentación y su continuo fisiológico por órganos asociados a las transformaciones que tienen lugar en el proceso de la nutrición, hasta la obtención de sustancias absorbibles y los mecanismos por los cuales ingresan a los órganos y/o tejidos de almacén, elaboración y distribución, por lo que se valora en esta obra solo la primera fase del metabolismo, la

fase extracelular, siendo tópicos a estudiar:

- Generalidades acerca de la nutrición humana.
- Alimentos y nutrimentos.
- Energía metabólica, necesidades del organismo.
- Bases biológicas del metabolismo: primera fase. Digestión y absorción de los nutrientes.
- Distribución de nutrientes en el organismo.

En obras consecutivas se analiza la posterior transformación del nutrimento visto desde el nivel de biomolécula compleja hasta formas moleculares simples al transitar por las subsiguientes fases del metabolismo celular, para finalmente considerar los principios para el establecimiento de las dietas, citando ejemplos de su aplicación tanto en la vida del ciudadano común como de aquellos interesados en la práctica del ejercicio físico y el deporte, según intereses de modelación corporal o de manejo exitoso del rendimiento deportivo.

Si la obra logra cumplir su cometido, estaremos satisfechos por ello.

Los autores.





# Índice

## Capítulo I

<b>Generalidades acerca de la nutrición humana.....</b>	<b>21</b>
Conceptos generales.....	23
Funciones de los alimentos.....	32
Leyes de la alimentación. ....	37

## Capítulo II.

<b>Alimentos y nutrimentos.....</b>	<b>41</b>
Clasificación de los alimentos .....	43
Clasificación de los nutrimentos .....	48
Nutrimentos. Composición e importancia .....	49
Dioxígeno.....	49
Agua.....	49
Macronutrientes.....	58
Proteínas .....	58
Lípidos.....	74
Glúcidos.....	86
Fibra dietética.....	96
Micronutrientes .....	97
Vitaminas.....	98
Factores modificadores de la incorporación de vitaminas (Hernández Triana, M. y cols, 2008) . . . .	125
Minerales .....	127
Hambre oculta en practicantes de actividad	

física sistemática y deportes.. . . . .	151
---	-----

### **Capítulo III**

#### **Energía metabólica, necesidades del organismo. . . . . 157**

Distribución de la energía aportada por los alimentos.. . . .	170
---	-----

### **Capítulo IV**

#### **Bases biológicas del metabolismo: primera fase.**

#### **Digestión y absorción de los nutrientes. . . . . 175**

La alimentación: apetito y saciedad. . . . .	185
--	-----

Digestión. . . . .	195
--------------------	-----

Ingestión . . . . .	196
---------------------	-----

Digestión de los alimentos en las diferentes

porciones del tubo digestivo. . . . .	196
---------------------------------------	-----

Digestión oral . . . . .	198
--------------------------	-----

Digestión gástrica. . . . .	217
-----------------------------	-----

Digestión intestinal. . . . .	234
-------------------------------	-----

Digestión de las proteínas en el intestino delgado. . . . .	242
---	-----

<b>ABSORCIÓN . . . . .</b>	<b>253</b>
----------------------------	------------

Absorción de los nutrientes en el intestino delgado.. . . . .	253
--	-----

Absorción de los glúcidos.. . . . .	256
-------------------------------------	-----

Absorción de los aminoácidos. . . . .	260
---------------------------------------	-----

Absorción de los lípidos.. . . . .	262
------------------------------------	-----

Absorción del agua. . . . .	266
-----------------------------	-----

Absorción de las vitaminas. . . . .	267
-------------------------------------	-----

Absorción de los minerales. . . . .	268
-------------------------------------	-----

Digestión y absorción en el intestino grueso. . . . .	268
Defecación. . . . .	272
Distribución de nutrientes en el organismo. . . . .	273
Distribución de los glúcidos . . . . .	276
Distribución de los aminoácidos. . . . .	280
Distribución de las grasas . . . . .	284
Distribución de otros nutrientes . . . . .	288
Glosario de términos . . . . .	291
Bibliografía Consultada. . . . .	301
Datos de los autores . . . . .	311

## Índice de Figuras

Figura 1. Ciclo Tráfico. Fuente autor. . . . .	28
Figura 2. Enlace peptídico. Fuente: ( <a href="http://www.genomasur.com/BCH/BCH_libro/capitulo_02.htm">www.genomasur.com/BCH/BCH_libro/capitulo_02.htm</a> ) . . . . .	59
Figura 3. Conformación espacial de las proteínas. Fuente: (Pliego Pastrana, P., Rodríguez Torres, Tetlalmatzi Montiel, Soto Campos, 2013). . . . .	60
Figura 4. Representación lineal de un ácido graso saturado, Fuente: autor. . . . .	78
Figura 5. Estructura en cis y trans. Curvatura de un ácido graso monoinsaturado en forma isómera cis. Fuente: autor. . . . .	79
Figura 6. Ácidos grasos insaturados. Fuente: autor . . . . .	79
Figura 7. Trifosfato de adenosina (ATP). Fuente: Autores. . . . .	161

Figura 8. Hidrólisis y fosforilación de la adenosina).	
Fuente: Autores . . . . .	161
Figura 9. Utilización del ATP en el trabajo celular.	
Fuente: autores . . . . .	162
Figura 10. Gasto calórico diario. Fuente: autores. . . . .	164
Figura 11. Relaciones de las vías metabólicas.	
Fuente: autores. . . . .	179
Figura 12. Transformaciones metabólicas generales y fases de ocurrencia. Fuente: autores. . . . .	181
Figura 13. Procesos de la digestión. Fuente: autores. . . . .	195
Figura 14. Sistema Digestivo.	
Fuente: Natalia e Grabiely (2011). . . . .	197
Figura 15. Cavidad bucal y nasal.	
Fuente: Companioni Landín y Bachá Rigal, (2012) . . . . .	199
Figura 16. Estructura de la lengua.	
Fuente: Companioni Landín y Bachá Rigal, (2012) . . . . .	200
Figura 17. Papilas gustativas, localización.	
Fuente: Dovalé Borjas (2004) . . . . .	201
Figura 18. Sensibilidad a las sensaciones gustativas primarias de la lengua. Fuente: (Mejía Jervis, 2017) . . . . .	203
Figura 19. Aparato masticador.	
Fuente: Instrumentación Científico Técnica. Catálogo (2017) . . . . .	204
Figura 20. Capas del diente. ( <a href="http://www.paraserbella.com/2015/12/por-que-se-manchan-los-dientes/">http://www.paraserbella.com/2015/12/por-que-se-manchan-los-dientes/</a> ) . . . . .	206
Figura 21. Estructura dentaria en humanos. Dentición permanente. Fuente de la imagen Netter (1995) . . . . .	207

Figura 22. Músculos de la masticación.	
Fuente de la imagen Netter (1995) . . . . .	208
Figura 23. Glándulas salivales.	
Fuente: Rua Hernández, et al. (2002) . . . . .	211
Figura 24. Inervación del sistema nervioso autónomo en las glándulas salivales. Fuente: Rua Hernández, et al (2002) . . . . .	213
Figura 25. Transformaciones de los glúcidos en la cavidad bucal. Fuente: autor. . . . .	215
Figura 26. Partes componentes del estómago.	
Estructura externa. Fuente de la imagen Netter (1995) . . . . .	220
Figura 27. Estructura interna del estómago.	
Fuente: Dovale Borjas (2004) . . . . .	222
Figura 28. Partes del estómago. Estructura interna.	
Fuente de la Imagen Netter (1995) . . . . .	225
Figura 29. Fases de la Regulación de la Digestión. . . . .	228
Figura 30. Transformación de las proteínas en el estómago.	
Fuente: autores. . . . .	229
Figura 31. Transformación del caseinógeno en el estómago.	
Fuente autores. . . . .	230
Figura 32. Intestino delgado.	
Fuente: <a href="http://yasalud.com/intestino-delgado/">http://yasalud.com/intestino-delgado/</a> . . . . .	235
Figura 33. Duodeno. Fuente de la imagen Netter (1995). . . . .	236
Figura 34. Especializaciones de la mucosa del intestino delgado. Células constituyentes. Fuente: Dovale Borjas (2004). . . . .	238
Figura 35. Sección transversal del intestino.	
Criptas de Lieberkühn. Fuente de la imagen Netter (1995) . . .	239

Figura 36. Glándulas anexas del tubo digestivo. Fuente de la imagen Netter (1995) . . . . .	240
Figura 37 Transformación del tripsinógeno. Fuente: autores. . . . .	244
Figura 38. Activación de elastasa y carboxipeptidasas. Fuente: autor . . . . .	245
Figura 39. Digestión de proteínas hasta aminoácidos libres. Fuente: autores. . . . .	246
Figura 40. Transformaciones de los glúcidos en el intestino delgado. Fuente: autores. . . . .	249
Figura 41. Válvulas conniventes y vellosidades en la luz del intestino delgado Fuente: Dovale Borjas (2004) . . . . .	254
Figura 42. Vellosidades intestinales. Fuente: Rua Hernández, et al (2002). . . . .	255
Figura 43. Hígado y vena porta hepática. Fuente de la imagen Netter (1995) . . . . .	259
Figura 44. Transformación de la glucosa en glucógeno. Fuente: autores. . . . .	260
Figura 45. Ciclo del $\gamma$ (gamma) Glutamilo. Fuente: autores. . . . .	262
Figura 46. Micela en solución acuosa. Fuente de imágenes: <a href="http://www.genomasur.com/BCH/BCH_libro/capitulo_02.htm">http://www.genomasur.com/BCH/BCH_libro/capitulo_02.htm</a> . . . . .	263
Figura 47. Síntesis de lípidos. Fuente: autores. . . . .	266
Figura 48. Intestino grueso. Fuente de la imagen Netter (1995) . . . . .	269
Figura 49. Estructura interna del intestino grueso. Fuente: Dovale Borjas (2004) . . . . .	270

Figura 50. Recto y canal anal.	
Fuente de la imagen Netter (1995) . . . . .	272
Figura 51. Uso metabólico de monosacáridos.	
Fuente: autores.. . . . .	280
Figura 52. Uso metabólico de los aminoácidos.	
Fuente: autores.. . . . .	284
Figura 53. Uso metabólico de los fosfolípidos.	
Fuente: autores.. . . . .	287

## Índice de Tablas

Tabla 1. Contenido de agua en diferentes tejidos y órganos del cuerpo. Fuente: Guyton y Hall (2001); Rodríguez Rodríguez y Rodríguez Lega (2005) . . . . .	51
Tabla 2. Efectos de la deshidratación sobre la práctica deportiva y la pérdida de peso corporal. Fuente: Ortega (2008); Colegio Americano de Medicina del Deporte (2007). . . . .	56
Tabla 3. Aminoácidos esenciales. . . . .	63
Tabla 4. Aminoácidos ramificados. . . . .	64
Tabla 5. Contenido de aminoácidos esenciales en la ovoalbúmina y requerimientos humanos. . . . .	65
Tabla 6. Contenido proteico, valor aminoácido limitante y valor lisina de alimentos vegetales. . . . .	69
Tabla 7. Calidad de las proteínas. . . . .	71
Tabla 8. Valoración de la digestibilidad de diferentes tipos de carnes.. . . . .	73
Tabla 9. Ejemplos de ácidos grasos.. . . . .	76

Tabla 10. Clasificación de los monosacáridos. . . . .	89
Tabla 11. Márgenes de las metas de ingesta de nutrientes para la población propuesta por la Organización Mundial de Salud. Serie de Informes Técnicos 916 (OMS, 2003, págs. 63, Cuadro 6) . . . . .	172
Tabla 12. Umbral del sabor en la lengua. . . . .	201
Tabla 13. Tipos de papilas gustativas. . . . .	202
Tabla 14. Composición química de la saliva en relación con el plasma sanguíneo. Fuente: Cardella Rosales (2007) . . . .	211
 Tabla 15. Enzimas secretadas en el jugo gástrico. Fuente: autores . . . . .	224
Tabla 16. Composición de los jugos que intervienen en la digestión. . . . .	242
Tabla 17. Enzimas que actúan durante la digestión de las proteínas, grasas y glúcidos. . . . .	252



# **Capítulo I**

## **Generalidades acerca de la nutrición humana.**



## **Conceptos generales.**

La estructura corporal del organismo está determinada por la norma de reacción, es decir, por la interacción del genotipo con el medio ambiente con expresión en el fenotipo, por lo que básicamente la misma depende de la determinación genética, las actividades físicas que realiza y el régimen alimentario, este último como sustento de dicha actividad y de la propia funcionabilidad orgánica.

Desde tiempos remotos se asocia la alimentación con la composición corporal de los individuos, así en la comunidad primitiva la búsqueda e ingestión de alimentos constituyó una de las actividades prioritarias a realizar, conjuntamente con la procreación, definiéndose un status dentro de la misma, en la que cada cual era tratado según lo que era capaz de aportar, y se marca una diferencia con la alimentación y la toma de decisiones de sus integrantes, favoreciendo a los cazadores exitosos que aseguraban el sustento, además de propiciar el apareamiento selectivo espontáneo –o intencionado– en la búsqueda empírica de la mejora genética de la comunidad, actuando directa e indirectamente la selección natural, el más apto dejará mayor descendencia.

Poco a poco el hombre fue dejando a un lado el importante papel de la nutrición en su propio desarrollo, en su dedicación a la esfera productiva dentro del quehacer científico técnico y otras actividades enriquecedoras del saber, y es arrastrado por los nuevos hábitos de consumo que en nada ayudan a la salud

humana, hoy muchos autores afirman que el ciento por ciento de las enfermedades crónicas no transmisibles tienen un origen nutricional directo o no, pero todas están relacionados con trastornos nutricionales (González Pérez,, 2002)

Para los seres humanos la obtención de alimentos es solo una de las tantas vías que utiliza para intervenir en el entorno en que se inserta, y en sí, permite establecer la relación hombre-naturaleza de acuerdo con su propio desarrollo social y orgánico, tal relación se puede concebir desde dos vertientes, la primera, al considerar como centro el medio físico biogeográfico — fuentes hidrográficas, tierras fértiles de cultivo, disponibilidad de pastos, entre otras — en tal relación el medio es dominante sobre la cultura y la civilización —tendencia determinista— en la segunda, el medio natural define una potencialidad para establecer limitaciones secundarias al desarrollo del hombre avanzado.

La concepción determinista ambiental se expresa en las diferencias entre las culturas humanas, sin embargo, su nivel de determinación es relativa si consideramos que los más variados ambientes —desde el trópico hasta las regiones más frías— se han visto invadidos por el hombre e incluso dan paso a manifestaciones de urbanización, además destaca el valor de la importación de alimentos, precisamente por la desigual distribución de los recursos naturales, la migración, la distribución y adquisición desigual de los productos, los centros de concentración de la población humana y su incremento en el mundo moderno.

De hecho, la ingestión de alimentos, constituye un proceso proveedor de materia prima, en primer lugar para la obtención de energía metabólica, utilizable en el sostenimiento de las funciones vitales y de los gastos que tienen lugar en la economía fisiológica del individuo, y en segundo lugar, por el aporte de las sustancias necesarias para la reconstrucción y renovación de tejidos que garantizan el crecimiento y desarrollo de los organismos.

Así, los nutrimentos contenidos en la dieta constituyen las sustancias químicas abastecedoras y sostenedoras de la función metabólica del ser humano, de aquí la importancia capital que tiene su consumo y absorción en las cantidades absolutas y relativas requeridas por el organismo, de manera que estén biodisponibles para las células de los diferentes tejidos y órganos —según sus necesidades— integrantes del biosistema humano. (González Pérez y Marcos Placencia, 2008)

Autores como Weisz (1968) o Lehninger, et al (2009) plantean que el metabolismo, como función general en la biosfera y forma del movimiento en la materia viva, se inicia con el suministro e incorporación de las materias primas o alimentos al organismo, y todos estos proceden, en último término, del ambiente físico de la Tierra, por ser:

- Suministrador básico de todas las materias primas para el establecimiento de las estructuras y su reparación en los organismos vivos.
- Proporcionar la base física y química a partir de la cual

se desarrollan los procesos metabólicos.

- Aportar la base orgánica contenedora de la energía para su ulterior transformación en el organismo.
- En sí, el alimento contiene la energía química potencial en los enlaces macroérgicos de las moléculas que los constituyen, que al ser liberada permite:
- Variaciones mecánicas como la contracción muscular, lo que hace posible el trabajo del corazón, el movimiento de toda la musculatura lisa y la funcionabilidad motora del organismo.
- Actividad eléctrica, como la generación y transmisión de los impulsos nerviosos, base para la regulación de las funciones orgánicas.
- Distintos tipos de transporte de sustancias, como en los procesos de secreción, reabsorción, filtración y otros de orden transmembranosos.
- El actuar químico, como ocurre en los casos de formación de nuevos enlaces moleculares durante la biosíntesis de compuestos orgánicos complejos, sin los cuales no es posible el continuo recambio celular, y por tanto el crecimiento y renovación orgánica, además de la regulación humoral y actuar enzimático.

Así, todos los organismos construyen sus cuerpos, en primera instancia, a expensas de materias inorgánicas extraídas directamente del ambiente físico, en un proceso que transita por

escalones ascensionales o eslabones de transferencia energético nutricional, con base en los vegetales sostenedores, mediante su condición autótrofa, del resto de los seres vivos, por lo que las plantas constituyen la fuente primaria de alimentos, y por tanto, el primer eslabón de las cadenas y tramas alimentarias; en ellas comienza el flujo de energía (productores), pasando de un nivel trófico a otro a través de los llamados consumidores de diferentes órdenes —primarios, secundarios, terciarios—, hasta llegar al hombre que por su condición biosocial puede situarse en cualquiera de los eslabones de los citados consumidores.

Finalmente, los productos de excreción resultantes del uso fisiológico de los alimentos y formados dentro de los organismos, son devueltos al ambiente por aquel, e incluso cuando los individuos mueren, todas las sustancias que forman su cuerpo regresan a dicho ambiente, a expensas de la acción de una microbiota (hongos y bacterias) que transforma gradualmente los sustratos de putrefacción en sustancias inorgánicas nuevamente utilizables por otros seres vivos.

La energía obtenida de las transformaciones metabólicas de la materia orgánica, suministrada mediante los alimentos, constituye el combustible necesario para el mantenimiento de la estructura y trabajo celular, y por tanto, garantiza el actuar de todo el sistema, y si bien la necesidad primaria de todo organismo es de índole energética, bajo el riesgo de que su restricción torne al metabolismo progresivamente catabólico y destructivo reduciendo al mínimo el anabolismo con afección al

crecimiento (Gallagher, 1968), todos y cada uno de los nutrimentos incorporados con el suministro alimentario, juegan un papel decisivo en el desarrollo y funcionamiento del individuo.

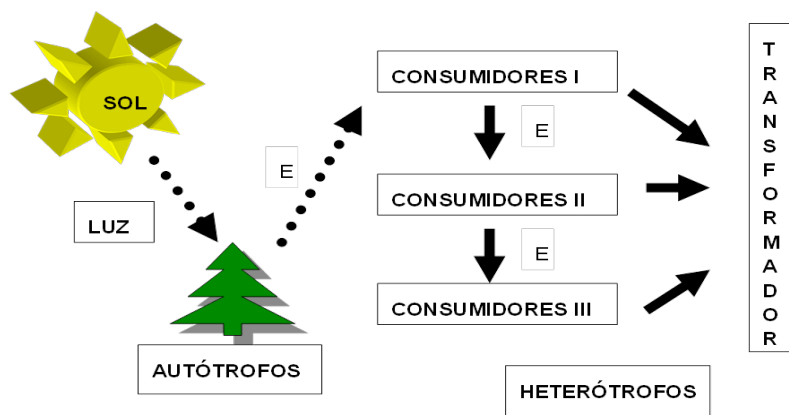


Figura 1. Ciclo Trófico. Fuente autor.

La necesidad de energía de un individuo se conoce como la dosis de energía alimentaria ingerida —cantidad de alimentos y su aporte calórico— que compensa el gasto energético, cuando el tamaño y composición del organismo, y el nivel de actividad física de ese individuo, son compatibles con un estado duradero de buena salud, y que permite, además, el mantenimiento de la actividad física que sea económicamente necesaria y socialmente deseable, y tiene su expresión en las recomendaciones nutricionales establecidas para las poblaciones de diversos países. (Gómez Candela & Cos Blanco, 2001; Placencia Concepción, 2005).

Según lo planteado, las recomendaciones de energía alimentaria



para los seres humanos se basan principalmente en estimaciones del gasto de energía de los individuos acaecido por la Tasa Metabólica Basal, la Actividad Física y la Termogénesis Inducida por los Alimentos, de los cuales solo la segunda puede sufrir variaciones inmediatas y momentáneas, en correspondencia con la posibilidad o no de suplir energéticamente su realización.

No obstante, los individuos, y de forma general las poblaciones, sometidas a condiciones alimentarias carenciales o de subalimentación pueden adaptarse a tales deficiencias en la ingestión de alimentos y con ello soportar la citada carencia y su reflejo en la biodisponibilidad energético-nutricional, pero solo a costa de disminuir su nivel de actividad física, el peso corporal o incluso en el caso de niños y adolescentes manifestar afectaciones en su crecimiento y desarrollo, por lo que estas adaptaciones no son deseables, lo cual reafirma que el componente ergogénico de los alimentos puede convertirse en factor de ayuda o límite en la ontogenia de los seres humanos (Porrata Maury, Carmen & Manuel Hernández Triana, 1995)

Así, la ingesta de alimentos en los seres humanos se encuentra determinada por un conjunto de factores, que sin restar importancia de acuerdo al orden en que se enuncian son los siguientes:

- La disponibilidad.
- La capacidad de adquisición.
- Los hábitos alimentarios y condiciones socioeconómicas de desarrollo.
- Las necesidades reales o ficticias del individuo (psicológicas).

- Y las tendencias alimentarias de cada época.

Por tanto, depende de aspectos fisiológicos, económicos, cognitivos y psicoculturales, pero en cualquier caso determinados por el cerebro y su centro nervioso, en un primer nivel, y luego por la capacidad de adaptación y supervivencia, aunque es de destacar que lo desconocido, desagradable o prohibido por principios religiosos o culturales, puede erigirse en barrera al consumo de alimentos y resalta que la ingesta diaria de ellos debe ser un proceso consciente y de selección.

Así, se considera a la **alimentación** como un proceso imprescindible para todos los organismos, se cumple bajo condiciones específicas —particularidades biológicas, disponibilidad de sustancias alimentaria, economía, hábitos alimentarios o nicho trófico, entre otras— y como proceso permite la ingestión de alimentos, su digestión y absorción de los nutrientes para alcanzar y mantener, el mayor grado de competitividad y enfrentar, en el plano adaptativo, las variaciones que se producen tanto en el medio ambiente como en el medio interno, así como las relaciones intra e interespecíficas que genera la comunidad biológica.

Sin embargo, la **nutrición**, como proceso posee una extraordinaria complejidad biológica y se refiere a la distribución, utilización, transformación, almacenamiento y/o eliminación de los nutrimentos en el organismo. Involucra a la función metabólica celular y no es susceptible de ser cambiado, es decir,

en si constituye un hecho imprescindible para sostener la vida, aun cuando recibe la influencia de los cambios en el régimen de alimentación, cuyo reflejo se da en el estado nutricional.

Por tanto, el **estado nutricional** es el reflejo de la condición del organismo que resulta de la ingestión, absorción y utilización de los alimentos e implica no solo la utilización metabólica de la energía de que portan los mismos, sino la incorporación de elementos reguladores no aportadores energéticos, pero determinantes de un rendimiento físico y mental adecuados, así como ausencia de síntomas o factores de significación patológica.

Así, los **alimentos o categoría química alimentaria** son aquellas sustancias orgánicas o productos que el individuo toma del entorno, los cuales pueden ingerirse en su forma natural o elaborados, siendo inabsorbibles en su mayoría del modo en que se incorporan al organismo, por lo que necesitan ser transformados mediante el proceso de digestión, es decir, son los componentes de la dieta que ingiere el ser humano y que contienen o portan en cantidades variables los llamados nutrimentos o nutrientes.

Los **nutrientes, nutrimentos o categorías químicas nutrimentales** son sustancias o especies químicas contenidas en los alimentos y que un organismo necesita para lograr sostener, en el tiempo y en el espacio, las estructuras y fisiología de sus órganos y sistemas de órganos, son los sostenedores del metabolismo celular y por tanto de la vida.

La ausencia de algún tipo de nutrimento de manera regular en la ración diaria de alimentos o su disminución por debajo de un límite mínimo, produce enfermedades carenciales, si la situación alcanza períodos relativamente prolongados, ya que en sí son responsables de la función de los alimentos, por lo que se pueden conceptualizar como elementos simples y absorbibles imprescindibles para el adecuado funcionamiento del individuo.

Los nutrientes incorporados por el organismo con los alimentos en la ración que conforma su ingesta, está regularmente relacionada a hábitos o preferencias enmarcados en una dieta diaria y es considerada como un régimen, método o modelo alimenticio.

## **Funciones de los alimentos.**

Los alimentos de forma general permiten cumplir las siguientes funciones:

1. Satisfacer el hambre, concebida como el impulso urgente de encontrar alimentos, factor básico de la supervivencia. Indica que las necesidades de energía no están satisfechas y se expresa como debilidad física, sensaciones de tensión abdominal, entre otras.
2. Permitir la realización del actuar fisiológico: La energía aportada por los alimentos es transformada y utilizada en la realización de trabajo que garantiza el mantenimiento de la vida. En el hombre el rendimiento del trabajo es del 25%, es decir, de cada cuatro calorías ingeridas, una produce trabajo y las otras tres se utilizan en el

mantenimiento del organismo y su funcionamiento.

3. Termorregulación: es la energía que se emplea en el mantenimiento de la temperatura corporal, conservando la temperatura de núcleo, entendiéndose por esta la de los órganos situados en la caja encefálica, torácica, abdominal y pelviana, la temperatura de superficie puede variar en dependencia de las condiciones ambientales pero hasta un cierto rango, aquel que no afecte a la temperatura central o de núcleo.

Esto se debe al hecho de que una célula humana puede tolerar una temperatura de entre 35° y 42° centígrados, siendo la temperatura adecuada de 37° C y para el mantenimiento de esta el organismo tiene diversos mecanismos en los cuales utiliza energía.

Toda variación térmica implica un aumento del metabolismo, si la temperatura externa disminuye, la repuesta fisiológica normal es la elevación de la misma impidiendo que disminuya la temperatura de núcleo y para esto se sintetiza tiroxina, se recurre al estremecimiento u otro mecanismo que eleve el metabolismo y con ello la temperatura.

En caso de elevación de la temperatura corporal también implica un aumento del metabolismo, pues es un conjunto de reacciones químicas y como tal se incrementa en caso de elevación de la temperatura, para lo cual existen tres mecanismos fundamentales: la evaporación, la conducción y la radiación,

todo lo cual implica vasodilatación y vasoconstricción.

4. Reparar las células, reconstrucción de tejidos y estructuras y garantizar el crecimiento: el crecimiento y reparación celular es muy activo durante la infancia y la adolescencia, un 50% más que en el adulto, por lo que la ingesta de proteínas en esta etapa debe garantizar dichas actividades, pues estos son los nutrientes plásticos por excelencia y constituyen la principal fuente de incorporación de nitrógeno al organismo.

Las proteínas mantienen el equilibrio dinámico mediante la regeneración y el crecimiento celular, reemplazando células que ya han cumplido su ciclo vital, por ejemplo: las células epiteliales, viven ocho días; las musculares, entre tres y seis meses, según sea un músculo estriado o liso; los glóbulos rojos viven ciento veinte día, luego cada una de ellas es sustituida.

5. Mantener constante el metabolismo basal: esta es la energía gastada por un individuo en completo reposo, es decir la energía utilizada en la realización de las funciones vitales, el mismo depende de la superficie corporal, sueño, el sexo, el hábitus muscular, la altitud, la fiebre, la ansiedad y la angustia, los medicamentos farmacodinámicos, el consumo de tabaco y la edad.
6. Regulación de las funciones.

De acuerdo con lo expuesto el hombre por ser heterótrofo y específicamente quimio-organótrofo requiere tanto de nutrientes inorgánicos como orgánicos prefabricados y procedentes del medio ambiente en que vive, de lo que se deduce que su condición biosocial reafirma la existencia y extensión de la relación organismo-ambiente a su propia existencia, siendo solo sostenible bajo el actuar del metabolismo en relación con su entorno.

La **biodisponibilidad energética–nutrimental** se conoce como la cantidad o equivalente neto del total de energía y nutrimentos particulares ingeridos con la dieta y que llega a la célula, para ser captados por esta y utilizados en el medio intracelular en la realización de todas sus funciones, garantizando su actuar metabólico y el funcionamiento de todo el organismo.

Según Troadio Lino González Pérez, Doctor en Ciencias Fisiológicas e Investigador Titular del Instituto de Nutrición e Higiene de los Alimentos, La Habana (in memoriam, †2010) “... **una dieta** es un conjunto de alimentos que, además de llenar los requisitos de palatabilidad y satisfacción, debe contribuir con los nutrientes requeridos por el hombre para que éste pueda cumplir sus funciones fisiológicas de crecimiento y desarrollo”, (Comunicación personal)

En tal concepción se expresa la necesidad orgánica de una dieta balanceada, que para Rodríguez Marcos (2008, pág. 874), “...la **dieta balanceada**... desde el punto de vista conceptual, es la cantidad y calidad de alimentos que debe ingerir el individuo para satisfacer sus reales necesidades de energía y nutrimentos en un

*intervalo de tiempo determinado, fijado éste en 24 horas...sólo esta es capaz de alimentar debidamente la función metabólica general de la persona, según el patrón metabólico que la misma ha de sostener para enfrentar autorregenerativamente los cambios o variaciones de energía y sustancias, y de cualquier naturaleza en definitiva, que puedan sucederse en el entorno de la misma”*

Por su parte González Pérez y Marcos Placencia (2008, p.19) señalan que para que una dieta sea **balanceada o normal** debe cumplir determinados requisitos, tales son:

- *Ser adecuada, es decir, -ajustarse en términos de cantidad y calidad- a la etapa de la vida -desarrollo ontogenético-, al sexo, -a la actividad física- y al estado funcional (fisiológico) del sujeto.*
- *Ser suficiente, que equivale a decir proporcione las cantidades de energía y nutrientes que las células de los diferentes tejidos y órganos del cuerpo puedan necesitar.*
- *Ser variada, o lo que es lo mismo, en la dieta deben figurar categorías químicas alimentarias que procedentes de diferentes fuentes (animal y vegetal) y de distinta naturaleza, aseguren en su conjunto las demandas energéticas y sustanciales de las células a nivel tisular y orgánico.*
- Ser equilibrada, constituye posiblemente el requisito más difícil de cumplimentar tratándose de una dieta balanceada.



En su esencia, significa que cada componente alimentario y nutrimental debe estar presente en la dieta ingerida por el sujeto en determinadas cantidades absolutas y relativas, con lo cual se evitaría el estrés de cualquier ruta metabólica a nivel tísulo-orgánico.

- Ser ingerida de forma fraccionada (preferiblemente en seis “pequeñas” porciones) donde cada una de las fracciones debe contribuir a la satisfacción de una determinada cantidad porcentual de la necesidad energética total del individuo para 24 horas.
- Suministrar determinadas cantidades y tipos de fibra dietética.
- Proporcionar determinadas cantidades y tipos de sustancias fitoquímicas con diferentes capacidades y poderes antioxidantes.
- Ser inocua (no provocar enfermedad).

Todo lo cual se ve reflejado además en las leyes de la alimentación.

### **Leyes de la alimentación.**

Una nutrición adecuada debe cubrir los requisitos que resumen las leyes de alimentación que Roberti (2003) describe como:

- Primera ley o ley de la cantidad: la cantidad de alimentos debe ser suficiente para satisfacer las necesidades energéticas del individuo y mantener su equilibrio.

- Segunda ley o ley de la calidad: el régimen alimentario debe ser completo para ofrecer al organismo, que es una unidad indivisible, todas las sustancias que lo integran, llamadas nutrientes básicos o esenciales.
- Proteínas
- Vitaminas
- Glúcidos
- Minerales
- Lípidos o grasas
- Agua
- Tercera ley o ley de la armonía: las cantidades de los diversos nutrientes que integran la alimentación deben guardar una relación de una determinada proporción entre sí.
- Cuarta ley o ley de la adecuación: es quizá la más importante a tener en cuenta para la realización de una dieta, porque es la que contempla al individuo en su conjunto, adecuando la alimentación a sus gustos, hábitos, tendencias, su situación socioeconómica y cultural, su realidad laboral, actividad física, edad, sexo, entre otras. Sin obviar entre los requerimientos nutricionales, las necesidades básicas emocionales del individuo, elemento de importancia vital en el niño, que comprende no solo con qué se lo alimenta, sino cómo se lo hace.

Ello incluye entre los **alimentos** la necesidad de ser amado,

respetado y comprendido: la de afecto y compañía, autonomía y ejercicio de la iniciativa, comunicación, entre otros. La insatisfacción de las mismas puede originar enfermedad y, sobre todo en el niño, alteraciones de su crecimiento y desarrollo y frustraciones de grado variable que deterioren su rendimiento y creatividad.



# **Capítulo II.**

## **Alimentos y nutrimentos.**



## **Clasificación de los alimentos**

La clasificación de los alimentos responde a diferentes criterios como:

### **1. Origen:**

- Vegetales
- Animales

### **2. Función nutritiva: de acuerdo a tres grupos:**

- Grupo 1: Constructores y reparadores.

Constructores o reparadores de tejidos, además de integrarse a sistemas enzimáticos y hormonales. Son ejemplo de ello su contribución al crecimiento y desarrollo, en el embarazo, la lactancia, la reparación o cicatrización de tejidos en heridas, quemaduras o en la reposición normal de las células. En este grupo se encuentran las proteínas, que de acuerdo a su origen pueden ser animales o vegetales. Son alimentos suministradores:

- ◇ De origen animal: leche y productos lácteos (excepto el queso crema y la mantequilla), carnes (res, cerdo, carnero, conejo, aves, pescado) y los huevos.
- ◇ De origen vegetal: Leguminosas y oleaginosas.

- Grupo 2: Energéticos.

Son alimentos que aportan energía a los seres vivos. Esta energía procede de la oxidación biológica que tiene lugar en las células de los tres componentes orgánicos principales de la materia viva: los glúcidos, las proteínas y las grasas o lípidos. El

organismo humano también puede obtener energía del alcohol contenido en las bebidas alcohólicas.

Los alimentos que por su elevado contenido en estos nutrientes son considerados dentro de este grupo son:

- ◇ Alimentos grasos:
  - Origen animal: manteca de cerdo, mantequilla, queso crema, enjundia de gallina, tocino, bacón, sebo de res y de carnero, entre otros.
  - Origen vegetal: aceites vegetales de todas clases (maní, soya, girasol, algodón).
- ◇ Alimentos ricos en glúcidos.
  - Contenido elevado de almidón: los cereales y productos de cereales, las raíces y tubérculos.
  - Con gran contenido de azúcar como la miel, el azúcar, caramelos, entre otros.
- Grupo 3: Reguladores.

Actúan como catalizadores en el metabolismo de las proteínas, las grasas y los glúcidos. Los nutrientes principales son las vitaminas y los minerales. Los alimentos que básicamente los contienen son las frutas, los vegetales y las hortalizas.

### **3. Por su aporte energético.**

- Hipocalórico: alimentos bajos en calorías.
- Hipercalórico: alimentos con un valor calórico elevado.



Existen otras clasificaciones que responden tanto a aspectos de orden funcional como del uso otorgado en poblaciones, comunidades o países, tales son:

- **Alimento Básico:** es el alimento que se consume regularmente en un país o comunidad y brindan una proporción importante del suministro total de energía nutrimental, generalmente son de uso secular.
- **Alimento funcional:** de manera general son considerados alimentos que al ser utilizados de manera regular en la dieta diaria producen efectos fisiológicos beneficiosos para la salud, con independencia de las aportaciones nutrimentales que realizan al organismo, interviniendo además en la reducción del riesgo de enfermedades crónico-degenerativas. Así el concepto de alimento funcional se concibe en la actualidad en el marco del empleo de microorganismos como suplementos dietéticos, que mejoran el balance de la microbiota intestinal o de alimentos que constituyen un sustrato de preferencia selectivo, para aquellos otros microorganismos existentes en el sistema digestivo humano, cuya acción o degradación metabólica, según sea el caso, redunde en efectos fisiológicos positivos.

Entre los alimentos funcionales se encuentran los prebióticos y los probióticos. Según Fuller (1991) los alimentos funcionales del tipo de los probióticos son un “... suplemento alimentario microbiano que afecta beneficiosamente al hospedero por

mejoramiento de su balance microbiano intestinal”.

Por lo tanto son formas vivas que —al ser agregados o adquiridos como suplemento en la dieta— benefician la microbiota intestinal y estimulan las funciones protectoras del sistema digestivo, los parámetros para su clasificación son:

- Habitan de modo normal en el intestino.
- Poseen un ciclo corto de reproducción.
- Producen compuestos antimicrobianos.
- Estables durante el proceso de producción, comercialización y distribución, llegando vivos al intestino.
- Capaces de atravesar la barrera gástrica para poder multiplicarse y colonizar el intestino.

El efecto protector de estos microorganismos se realiza mediante dos mecanismos:

- El antagonismo al competir por los nutrientes o los sitios de adhesión impidiendo.
- O limitando la reproducción de los patógenos mediante la producción de toxinas.

En tal sentido, se debe considerar que la acepción alimentaria de los probióticos no implica un carácter de objeto nutricional, es decir, su actuar metabólico se concreta en una relación de protooperación huésped-hospedero, con beneficio mutuo, que para el hombre en general, se traduce en:

- Regular el crecimiento de agentes potencialmente patógenos

como el *Clostridium*.

- Favorecer la degradación total de sustratos parcialmente digeribles y su ulterior absorción por el organismo, como es el caso de la lactosa.
- Mejoramiento de la resistencia natural a enfermedades infecciosas en el tracto digestivo.
- Supresión de formas pre-carcinógenas activas.
- Disminución del colesterol plasmático.
- Producción de vitaminas.
- Estimulación del sistema inmunológico, entre otros.

Los alimentos prebióticos se encuentran estrechamente vinculados a los probióticos y por sí, al igual que los primeros, no constituyen un artículo alimentario para el hombre.

Los prebióticos son definidos como “... ingredientes alimentarios no digeribles que afectan beneficiosamente al hospedero por estimulación del crecimiento y/o actividad de uno o un número limitado de bacterias colónicas...” (Milanés Santana, R.; Rivero Jaspe, N & Echemendía, O., 2000)

En correspondencia con tal definición, los alimentos prebióticos son de carácter colónico, es decir, su acción se enmarca en su indigestibilidad en cualquier otra porción del tubo digestivo que no sea el colon, lugar donde constituye un sustrato electivo para determinados integrantes de la microbiota intestinal particularmente las bifidobacterias, aunque no son las únicas, ejerciendo además una acción estimulante que altera el equilibrio

de dicha microbiota a favor de una estructura comunitaria colónica más favorable al huésped.

El consumo de los alimentos prebióticos tiene un efecto acentuado sobre el individuo, si se combinan adecuadamente con los probióticos, particularmente se podrá alcanzar una completa digestión de los primeros y de la mayoría de los alimentos que llegan al tracto digestivo, pero combinados o no influyen en:

- Reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares y la obesidad.
- Favorecen la biodisponibilidad de calcio.
- Reducen el riesgo al cáncer de colon.
- Reducen la sensibilidad a la insulina y el riesgo de infección intestinal.
- Cambios en la microbiota colónica a favor de agentes con beneficios comprobados, con represión de poblaciones potencialmente patógenas.

## **Clasificación de los nutrimentos**

Por su parte los nutrientes o nutrimentos son clasificados del siguiente modo:

- Nutrientes indispensables o esenciales: todos aquellos cuyas necesidades son cubiertas a partir de su incorporación exógena a consecuencia de no ser sintetizados por el organismo, perteneciendo a esta categoría ocho aminoácidos, tres ácidos grasos, todas las vitaminas, a excepción de la D y K, y todos los minerales.
- Nutrientes secundarios o accesorios: sintetizables por

el organismo en cantidades insuficientes a velocidades muy bajas en comparación a su uso en la nutrición y metabolismo, por lo que deben ser complementados mediante su incorporación por vía alimentaria, entre ellos se encuentran dos aminoácidos (arginina e histidina) y dos vitaminas D y K.

- Nutrientes no esenciales: sintetizables por el organismo a la velocidad y en cantidad suficiente para cubrir todas sus necesidades, lo que determina que no sea necesaria su incorporación por vía alimentaria.

## **Nutrimientos. Composición e importancia**

### **Dioxígeno.**

El dioxígeno ( $O_2$ ) es el nutrimento más importante de todos, no se incorpora al organismo precisamente mediante la dieta, sino, por el subsistema respiratorio, determinando el carácter aerobio de todos los seres humanos, además de que sin la incorporación de este al sistema metabólico, no se podrían obtener las cantidades necesarias de Energía Libre para la realización de los diferentes tipos de trabajo biológico. Evidentemente y como generalidad se pueden tener reservas de prácticamente todos los nutrientes en el organismo, pero nunca del  $O_2$ .

### **Agua**

En importancia al dioxígeno le sigue el agua, principal componente, en términos de masa, de todo organismo viviente, alcanzando valores superiores de un 65% del peso corporal

total. No hay vida activa en nuestro planeta sin agua, debido a las múltiples funciones en las que interviene, siendo las más importantes:

- Es el principal medio de transporte del organismo, tanto de sustancias nutritivas a las células como de los desechos resultantes del metabolismo a los órganos excretores.
- Representa el seno de prácticamente la totalidad de las reacciones químico-metabólicas.
- Por sus características de calor específico y propiedades de orden coligativa actúa en la regulación de la temperatura corporal.
- Es responsable de imponer flexibilidad y elasticidad a los tejidos (tendones, ligamentos, cartílagos), importante acción que además le permite actuar en funciones de lubricante y de amortiguación mecánica, especialmente en las articulaciones.
- Conserva el ambiente físico-químico contribuyendo al mantenimiento de la homeostasis del organismo.
- Constituye la base de los sistemas líquidos del organismo: sangre, linfa, orina, saliva, jugos gástricos e intestinal, líquido cenobial, cerebrospinal y líquido intracelular.

El agua se encuentra formando parte de todos los órganos y tejidos del cuerpo humano en diferentes proporciones, como se mostrará en la siguiente tabla:

Tabla I. Contenido de agua en diferentes tejidos y órganos del cuerpo. Fuente: Guyton y Hall (2001); Rodríguez Rodríguez y Rodríguez Lega (2005)

TEJIDO U ÓRGANO	AGUA %
Sustancia gris del cerebro	84
Sustancia blanca del cerebro	70
Riñones	82
Corazón	79
Pulmones	79
Sangre	80-85
Músculos	76
Piel	72
Hígado	70
Huesos	46
Tejido adiposo	25-30

Las necesidades de agua varían en los seres vivos según la temperatura del medio ambiente, el carácter de la actividad que se realiza y la composición de los alimentos que se consumen, la pérdida de agua del 20% suele ser peligrosa para la vida.

La homeostasis del agua depende principalmente del mecanismo de la sed con balance entre ingesta y pérdida acaecida en las diferentes funciones orgánicas, así como de la acción de la hormona antidiurética (ADH), la función renal —esta última con el envejecimiento sufre una disminución de la filtración glomerular promedio de 0.75 ml/min por año—, así como del flujo sanguíneo renal, de la masa renal y retardo de la diuresis.

La sed, así como la secreción de ADH (Hormona Antidiurética o vasopresina, secretada por la neurohipófisis) son controladas por osmorreceptores hipotalámicos sensibles a la deshidratación celular, por barorreceptores ubicados en los vasos sanguíneos

torácicos y por el sistema renina- angiotensina.

La deshidratación celular y la hipovolemia producida por la pérdida de volumen extracelular, son los dos principales estímulos de la sed —aunque como estímulos pueden ser confundidos con una apetencia alimentaria—, está demostrado que aún en ancianos sanos con concentraciones plasmáticas de sodio y osmolaridad alta, está disminuida, lo que puede constituir un serio problema en caso de enfermedad, principalmente por las alteraciones de su percepción por los quimiorreceptores.

El agua corporal total (ACT) está determinada por el equilibrio entre el ingreso de agua —incluyendo la contenida en los alimentos y la producida durante el metabolismo, es decir, fuentes endógenas y exógenas— y la pérdida hídrica en la orina, heces, sudor y aire espirado. El equilibrio se mantiene con ajustes adecuados entre esos distintos factores cuando hay modificaciones, por ej., si se pierde excesiva cantidad de agua con la sudoración, disminuye la excreción urinaria; y si ingresa agua en exceso, por la misma vía se incrementa la excreción mencionada.

Los dos factores de regulación más importantes en el mantenimiento del equilibrio hídrico son:

- Ingestión voluntaria de agua, controlada por la sensación de sed.
- Excreción de orina, controlada por la ADH (Hormona antidiurética).

Las exigencias de agua se satisfacen tomando alimentos y bebidas, y no solamente de manera directa, con ello se suplen



las cantidades de alrededor de 2,5 litros diario perdidos en la actuación fisiológica normal acaecida a través de la orina, las heces, el sudor y los pulmones.

El porcentaje de agua en el organismo decrece notablemente con la edad: en un niño recién nacido llega a representar el 85% del peso de su cuerpo, pero va disminuyendo lentamente a medida que pasan los años hasta llegar a cifras entre 60 y 70% en ancianos. El niño pierde mucha agua en el metabolismo diario, así durante las 24 horas del día esta llega a alcanzar entre un 30 y 50% del total ingerida, en cambio, en el adulto esto equivale a solo 15% aproximadamente.

Cuando se realiza una práctica deportiva o ejercicio físico, las pérdidas se incrementan significativamente, así, la actividad física sin sudor visible causa una pérdida de 0.5 a 1 litro de agua por hora, mientras que la actividad con sudor provoca una pérdida de 1 a 3 litros en el mismo tiempo, lo cual está provocado por la transpiración a través de la piel, el aire espirado y por la dificultad de su reposición durante el ejercicio, e incluso la movilización de las reservas energéticas durante la actividad física que consume 1 ml de agua por cada kcal gastada.

Durante la actividad intensa, especialmente en climas cálidos, la pérdida de agua puede llegar a cifras muy altas, hasta el 8% del peso inicial. Esto trae como resultado un deterioro en el rendimiento físico y se manifiesta en la elevación de la temperatura rectal y de la frecuencia del pulso, esta última indica el esfuerzo adicional de los mecanismos de regulación térmica

y cardiovascular requerido durante el ejercicio, finalmente conlleva a un agotamiento precoz.

De hecho, durante la práctica deportiva o el entrenamiento una medida muy útil es la de chequear el peso corporal antes y luego del entrenamiento con vistas a prevenir los efectos nefastos de la pérdida de líquido o deshidratación y muy importante restituir el agua y los minerales perdidos aportando de forma regular pequeñas cantidades de líquidos y minerales —por ejemplo mediante el consumo de pequeñas porciones de frutas, como el plátano fruta o banano muy rico en potasio (K)—, antes, a lo largo y después de la práctica deportiva o ejercitación física, sin esperar a las manifestaciones de sed, ya que es una señal tardía de alarma que se origina cuando se han producido cambios orgánicos ostensibles.

La deshidratación tiene efectos negativos en la salud en general y en el caso de atletas o deportistas, sobre el rendimiento deportivo. Perder agua origina una concentración anormal de líquidos corporales e incrementa la viscosidad de la sangre, con disminución del transporte de  $O_2$  hacia la musculatura, provoca una disminución del desempeño y la aparición o aumento de los calambres musculares. Además, eleva los niveles de amoníaco en el cerebro, lo que hace disminuir la concentración y la coordinación, con aumento del trabajo del corazón.

Los tejidos corporales como tendones y ligamentos pierden elasticidad y son más propensos a sufrir lesiones cuando los niveles de hidratación son crítico, así mismo, aumenta el ácido

láctico en los tejidos y como consecuencia, el cansancio llega antes. Además, el mecanismo de sudoración, indispensable para enfriar los órganos internos, se altera.

La deshidratación no es más que la falta de líquidos corporales adecuada para que el cuerpo lleve a cabo sus funciones a nivel óptimo. Puede ocurrir por pérdidas de líquidos, falta de ingesta, o ambas situaciones:

1. Deshidratación por pérdidas. Puede ocurrir en situaciones de:
  - Vómitos
  - Diarrea
  - Exceso de pérdidas por orina (poliuria)
  - Sudoración profusa (situaciones de fiebre, por ejemplo)
2. Deshidratación por falta de aporte. Puede ocurrir en situaciones de:
  - Náuseas
  - Estomatitis (inflamación de la boca) o faringitis (de la faringe)
  - Enfermedad aguda con pérdida de apetito. Es mucho más importante en niños, enfermos y con fiebre, que rechazan los líquidos.

Tabla 2. Efectos de la deshidratación sobre la práctica deportiva y la pérdida de peso corporal.

Fuente: Ortega (2008); Colegio Americano de Medicina del Deporte (2007)

Pérdida de peso corporal (%)	Efectos de la deshidratación
1	Límite de conservación de la termorregulación, disminución del 4 al 6% de resistencia, un 4 a 7% de fuerza y hasta el 8% de coordinación y atención.
2	Sed intensa, malestar general e irritación nerviosa, pérdida del apetito y sentimiento de opresión en la cavidad torácica.
3	Sequedad bucal, aumento de la hemoconcentración, disminución significativa de la excreción urinaria.
4 a 5	Pérdida de entre un 20 a 30% de la capacidad de llevar adelante actividades físicas.
6	Cefalea, pobre concentración en la actividad que se realiza, incremento de la irritabilidad nerviosa o apatía.
7	Degradación grave de la regulación de la temperatura, riesgo de golpe de calor.
8	Golpe de calor y coma de continuar con la actividad física.

Existen dos fuentes de suministro de agua al organismo una exógena y otra endógena (agua metabólica). La primera corresponde al medio ambiente, es decir, el agua ingerida con las bebidas y las comidas que se absorbe en todas las porciones del tubo digestivo, fundamentalmente en el intestino. De fuente de agua endógena tenemos la descomposición oxidativa – respiración oxibiótica– de las diferentes sustancias orgánicas, por ejemplo, al oxidar un gramo de grasa se obtiene un ml de agua, mientras que si es almidón por cada gramo se produce 0,6 ml. Esto significa que la cantidad de agua endógena depende de las características de los sustratos en descomposición y se obtiene aproximadamente:

- Al oxidarse 100 g: 102 ml de agua.
- Al oxidarse 100 g de proteínas: 41 ml de agua.

- Al oxidarse 100 g de glúcidos: 55 ml de agua.

El agua obtenida en la descomposición oxidativa es fundamental para los animales adaptados a condiciones desérticas o de carencia de agua exógena, como los insectos, o los camélidos que pueden aguantar prolongados períodos sin beber porque utilizan el agua producida al quemar su grasa y se acepta que la formación de agua endógena aumenta con el trabajo muscular, así como con el enfriamiento del organismo.

En los seres humanos, la producción de agua endógena o metabólica con una dieta normal no pasa de los 0,3 litros al día, por lo que es muy importante consumir una cantidad suficiente de agua cada día para el correcto funcionamiento de los procesos de asimilación y, sobre todo, para los de eliminación de residuos del metabolismo celular. Se requieren unos tres litros de agua al día como mínimo, de los que la mitad aproximadamente proviene de los alimentos y la otra mitad del acto de beber agua o líquidos ingeridos. Por supuesto, en determinadas situaciones o etapas de la vida estas necesidades pueden aumentar considerablemente.

El agua suministrada en grandes cantidades al organismo se deposita en la piel y el hígado, siendo el exceso de consumo tan desfavorable como el deficiente, con el primero, aumenta la carga que soporta el corazón y los riñones, y propicia la evacuación, conjuntamente con ella se pierden elementos inorgánicos necesarios; con el suministro insuficiente incrementa la viscosidad de la sangre, lo que dificulta el funcionamiento del corazón y puede ocurrir retención de productos de excreción

del metabolismo del nitrógeno, cuyas concentraciones alteran el funcionamiento normal de las reacciones metabólicas de las células, con afección de la termorregulación en caso de aumento de la temperatura corporal.

## **Macronutrientes**

Luego del agua y según su orden de importancia, se encuentran los aminoácidos, los ácidos grasos y los glúcidos; los dos primeros por su aporte en componentes orgánicos que no son sintetizados por el organismo, y el tercero, y por su poder energético —aunque no se excluyen a los dos primeros de esta capacidad— todos son considerados como macronutrientes por la cantidad neta del material aportado a la dieta.

## **Proteínas**

Uno de los macronutrientes incorporados al organismo y que sigue en orden de importancia al agua son las proteínas, palabra que deriva del griego proteus y significa: “...yo soy el primero...” o en primer lugar, siendo desde el punto de vista de la economía fisiológica de los individuos más caras que prácticamente todo el resto de los nutrientes.

Las proteínas son las moléculas orgánicas más abundantes del organismo, constituyen el 50% o más del peso seco de la célula, se encuentran integradas por aminoácidos, que conforman su estructura primaria, al unirse el grupo carboxilo (COOH) de uno de ellos con el grupo amino (NH<sub>2</sub>) del siguiente, estableciendo un enlace peptídico con liberación de una molécula de agua y así se

constituye una cadena larga de muchas unidades aminoacídicas en conformación primaria.

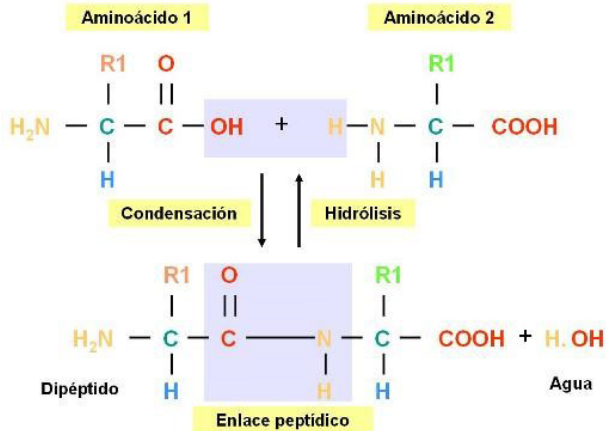


Figura 2. Enlace peptídico. Fuente: ([www.genomasur.com/BCH/BCH\\_libro/capitulo\\_02.htm](http://www.genomasur.com/BCH/BCH_libro/capitulo_02.htm))

Sin embargo tal estructura en cadena no es suficiente para sostener la actividad biológica en que intervienen, solo a partir de la adopción de conformaciones tridimensionales específicas —según el plegamiento de la cadena polipeptídica— intervienen en múltiples funciones, no obstante, bajo las condiciones del medio intracelular adoptan la conformación espacial más estable denominada forma nativa o primaria.

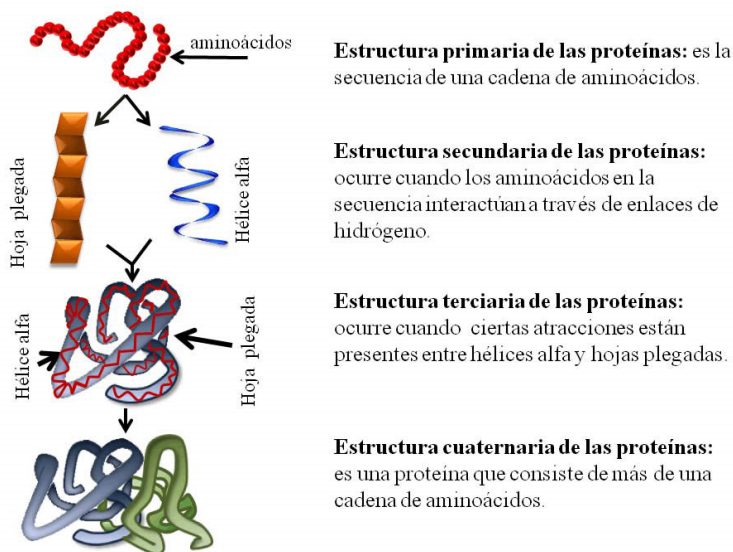


Figura 3. Conformación espacial de las proteínas. Fuente: (Pliego Pastrana, P., Rodríguez Torres, Tetlalmatzi Montiel, Soto Campos, 2013)

### Funciones de las proteínas en el organismo.

La importancia de las proteínas radica en el hecho de intervenir, como ningún otro elemento, en la base estructural y fisiológica celular, garantizando la realización de la totalidad de sus funciones, destacándose entre las más importantes:

- La función catalítica, las enzimas actúan como catalizadores biológicos incrementando la velocidad de la totalidad de las reacciones químicas que tiene lugar en el organismo.
- Las proteínas intervienen en el transporte de sustancias en el organismo, por ejemplo, la hemoglobina se combina con el di-oxígeno formando la oxihemoglobina, transportando este nutriente desde los pulmones a las células y luego



de cederlo transporta en sentido inverso al dióxido de carbono en forma de carbaminohemoglobina; además, interviene en el llamado transporte mediado en la membrana citoplasmática, por otro lado, otras proteínas de la sangre fijan vitaminas, hormonas, ácidos grasos, triacilglicéridos, colesterol, calcio, entre otras sustancias y las conducen a sus lugares de acción o de utilización.

- Tienen función reguladora debido a que forman parte de la estructura de muchas hormonas, por ejemplo, la tiroxina, la oxitocina, vasopresina, angiotensina, entre otras.
- Tienen función de defensa en el organismo, ejercida específicamente por los llamados anticuerpos, eliminando los gérmenes que invaden al individuo, además, el fibrinógeno interviene en la coagulación de la sangre, disminuyendo las pérdidas del preciado líquido.
- Participan en la contracción de los músculos por la actividad de las moléculas de actina y miosina, posibilitando el movimiento y la relajación.
- Otra de sus funciones se relaciona con su carácter estructural al formar parte de la membrana celular y sistemas internos de membrana, considerándose la base estructural de las células. Se localizan formando el colágeno en el tejido conectivo, la queratina de pelos, uñas y piel, y la elastina de la pared vascular.
- Finalmente por su potencial utilización metabólica en el

proceso alimentario-nutricional, constituyen reserva de materiales nutritivos, por ejemplo, el vitelio en el óvulo, facilitador del desarrollo y crecimiento del feto; la caseína en la leche, imprescindible para el mantenimiento de la vida en neonatos de mamíferos.

No existen depósitos de proteínas en el organismo como sucede con la grasa y hasta cierto punto, con las reservas de glúcidos en forma de glicógeno o glucógeno, gran parte de la proteína del cuerpo humano se encuentra en los músculos, por lo que deben ser incorporadas con la dieta diaria, siendo además aportadoras de aminoácidos esenciales, nitrógeno y energía nutricional, aun cuando esta última función no sea la más importante. Sin embargo, una persona bien nutrida tiene suficiente proteína acumulada y está capacitada para permanecer varios días sin reposición y mantener el buen estado de salud.

Como fue expresado, las proteínas se encuentran constituidas por unidades monoméricas denominadas aminoácidos, estando los vegetales en posesión de la capacidad de sintetizar los mismos a partir de sustancias químicas inorgánicas simples, propias de sus procesos nutricionales, mientras que los animales carecen de tal posibilidad, pero los obtienen del consumo alimentario de plantas o de productos animales como carne (músculos), leche, huevos de otros animales para sintetizar sus proteínas, creando su composición orgánica.

Los seres humanos manifiestan las mismas limitaciones que el resto de los animales y es de su consumo alimentario que

obtienen su fuente proteica, por lo que constituye un axioma que todos los aminoácidos en las dietas humanas se originan en principio de las plantas.

Se conocen cerca de 170 aminoácidos, y solo 22 forman parte de los cinco millones que forman las proteínas del organismo humano, entre ellos, ocho no pueden ser sintetizados en él, por lo que es imprescindible que se incorporen a través de la dieta, recibiendo el nombre de aminoácidos esenciales, estos son:

Tabla 3. Aminoácidos esenciales.

Valina	Metionina
Lisina	Leucina
Triptófano	Treonina
Fenilalanina	Isoleucina

Fuente: Lehninger, Nelson, & Cox (2009)

A este grupo de aminoácidos citados es factible la incorporación de la histidina y la arginina dado que poseen una velocidad de síntesis muy baja.

El resto de los aminoácidos reciben el nombre de no esenciales, ya que se pueden obtener a partir de los esenciales, sin embargo, en caso de error congénito o dificultades metabólicas, pueden pasar a ser esenciales, por ejemplo, la tirosina, la metionina y la cisteína cuando existe un mal funcionamiento del hígado o después de una hepatitis.

## Funciones de los aminoácidos

### Esenciales:

- Entre ellos, los llamados aminoácidos ramificados (leucina, isoleucina y valina) intervienen conjuntamente en la síntesis de proteínas, la producción de energía y la protección del sistema inmunológico.

Tabla 4. Aminoácidos ramificados.

Aminoácidos ramificados	Símbolo	Estructura
Valina	Val - V	$  \begin{array}{c}  \text{H}_3\text{C} \\    \\  \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\    \\  \text{NH}_2  \end{array}  $
Leucina	Leu - L	$  \begin{array}{c}  \text{H}_3\text{C} \\    \\  \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\    \\  \text{NH}_2  \end{array}  $
Isoleucina	Ile - I	$  \begin{array}{c}  \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\    \\  \text{H}_3\text{C} \\    \\  \text{NH}_2  \end{array}  $

Fuente: Lehninger, Nelson, & Cox (2009)

- La fenilalanina, precursora de la tirosina, es básica en la formación de ciertos neurotransmisores o neuromediador interneuronal. La DL-fenilalanina, una mezcla de la forma natural de la fenilalanina, permite a hormonas parecidas a la morfina, como las endorfinas y encefalinas —neurotransmisores opioides producidos en el Sistema Nervioso Central— mejorar el equilibrio de los estados de ánimo y reducir la percepción del dolor.

- La lisina es esencial en la construcción de todas las proteínas del organismo y sus tejidos componentes —en especial: tejido conjuntivo. Desempeña un papel central en la absorción del calcio; en la recuperación de las intervenciones quirúrgicas o de las lesiones deportivas, así como en la producción de hormonas, enzimas y anticuerpos.
- La metionina es un antioxidante rico en azufre. Importante para la salud de piel y uñas.

Tabla 5. Contenido de aminoácidos esenciales en la ovoalbúmina y requerimientos humanos.

Contenido de aminoácidos esenciales de la proteína ideal (ovoalbúmina).		Requerimiento de aminoácidos esenciales para los seres humanos (mg/kg de peso)
Aminoácido esencial	Proteína ideal (mg)	
Lisina	340	23
Treonina	250	14
Met + Cist	220	31
Leucina	440	31
Isoleucina	250	20
Valina	310	23
Fenilalanina + Tirosina <sup>2</sup>	380	31
Triptófano	60	7

Fuente: Siegel A & Fawcet, (1976) ; Cardella Rosales, (2007)

Met + Cist<sup>[1]</sup>

Fenilalanina + Tirosina<sup>[2]</sup>

### No esenciales:

- La tirosina es precursora de neurotransmisores tan

1 Cisteína:  $\alpha$  aminoácido no esencial con la fórmula química  $C_3H_7NO_2S$ , sintetizado a partir de la metionina.

2 Tirosina: aminoácido no esencial en los mamíferos con la fórmula química  $C_9H_{11}NO_3$  ya que su síntesis se produce a partir de la hidroxilación de la fenilalanina.

importantes como la dopamina, noradrenalina y adrenalina. Es fundamental para el movimiento y el metabolismo.

- El triptófano es importante en la nutrición cerebral, ya que es también precursor de neurotransmisores como la serotonina y la melatonina.
- La carnitina es básica en el metabolismo de las grasas y transporte de ácidos grasos hasta las mitocondrias para producir energía. Protege al músculo cardíaco y desintoxica el organismo.
- La cisteína es un antioxidante que contiene azufre y apoya la salud de piel, pelo y uñas. Fundamental en el metabolismo de los ácidos grasos.
- La glicina es imprescindible en la producción de energía ya que interviene en el almacenaje de la glucosa en forma de glucógeno.
- El glutatión es un potente antioxidante y desintoxicante.
- La histidina es importante para la reparación y el crecimiento de los tejidos.
- La taurina es esencial para la estabilización eléctrica de las membranas celulares facilitando el paso de iones (electrolitos) como magnesio, sodio, calcio y potasio.

Las necesidades de proteínas en los seres humanos, al igual que las de energía, están en función del peso corporal, aunque dependen también de la edad y el sexo, debido a que intervienen no solo en un continuo recambio celular, sino que son indispensables para el crecimiento. Cuanto más rápido

sea este —en los primeros años de vida— tanto mayor será la necesidad de su consumo por kg de peso corporal, también su incorporación depende de las actividades físicas que se realiza, como en el caso de los deportistas.

Las proteínas pueden obtenerse de las carnes, pescados, huevos, leche y sus derivados, así como de legumbres, cereales, frutas y semillas, considerándose como proteínas completas las de origen animal, pues presentan en su composición los ocho aminoácidos esenciales, no ocurriendo así con las de origen vegetal, denominadas proteínas incompletas.

Para analizar el contenido proteico de un alimento y brindar el valor de las proteínas, así como denominarlas como completas e incompletas e incluso asignarle un puntaje, se debe conocer cuánta proteína total posee dicho alimento, los tipos de aminoácidos y su proporción, así la calidad de la proteína depende en gran parte de la composición de sus aminoácidos y su digestibilidad.

Algunas proteínas presentan una mejor mezcla de aminoácidos que otras, y por esto se dice que son de un valor biológico más alto, así el más deficiente de los aminoácidos esenciales de la misma se denomina «aminoácido limitante» y determina la eficiencia de utilización de la proteína en un alimento o en combinación de alimentos, además de su calidad. Por ejemplo, las proteínas de la albúmina en el huevo y caseína en la leche, contienen todos los aminoácidos esenciales en buenas proporciones y nutricionalmente son superiores a otras proteínas como la zeína en el maíz, que contiene poco triptófano o lisina, y la proteína

del trigo, que contiene solo pequeñas cantidades de lisina.

Sin embargo, aunque las proteínas del maíz y del trigo tienen menos cantidad de algunos aminoácidos, poseen cierta cantidad de otros, por lo que la relativa carencia se puede superar al consumir alimentos que contengan más cantidad de aminoácidos limitantes. Por lo tanto, es posible tener dos alimentos de bajo valor proteico y complementarlos entre sí, para formar una buena mezcla de proteína cuando se consumen simultáneamente.

El carácter completo de las proteínas de origen animal indica que basados en una menor variedad de artículos alimentarios consumidos se logra una incorporación masiva integral de aminoácidos, fundamentalmente los llamados esenciales, mediante un proceso digestivo mucho menos complejo que para el caso de los vegetales, lo que favorece su absorción, sobre todo, si se acompañan de sustancias ricas en bases, como las hortalizas y frutas frescas. Esto a su vez permite disminuir la cantidad total a utilizar.

Las proteínas que contienen todos los aminoácidos se denominan *proteínas bases*. La leche, la carne y los huevos, contienen proteínas biológicamente adecuadas.

El *valor químico* —o puntuación química— de una proteína se define como el cociente entre los miligramos del aminoácido limitante existentes por gramo de la proteína en cuestión y los miligramos del mismo aminoácido por gramo de una proteína de referencia.

El *aminoácido limitante* es aquel que se encuentra ausente o en



proporciones menores a la requerida comparado con la proteína de referencia, es decir, aquel que una vez realizado el cálculo, da un valor químico más bajo. La citada proteína de referencia, es una proteína teórica definida por la FAO con la composición adecuada para satisfacer correctamente las necesidades proteicas.

Tabla 6. Contenido proteico, valor aminoácido limitante y valor lisina de alimentos vegetales.

Alimento	Contenido proteico (%)	Valor aminoácido limitante	Valor lisina
<b>Cereales</b>			
Maíz	9,4	49 (Lisina)	49
Arroz (blanco)	7,1	62 (Lisina)	62
Harina de trigo	10,3	38 (Lisina)	38
Mijo	11,0	33 (Lisina)	33
<b>Legumbres</b>			
Frijoles	23,6	100	118
Arvejas	23,5	100	117
Maní	25,8	62 (Lisina)	62
<b>Hortalizas</b>			
Tomate	0,9	56 (Leu)	64
Calabaza	1,2	70 (thr)	95
Pimiento dulce	0,9	77 (Lisina Leu)	77
Yuca	1,3	44 (Leu)	56
Patata	2,1	91 (Leu)	105
<b>Fuente:</b> Young,V.R. & Pellet, P.L, (1994)			

Las proteínas de origen animal tienen un mayor valor biológico —dado por el contenido en aminoácidos esenciales y en cantidades semejantes a las requeridas por el organismo, — ya que contienen casi todos los aminoácidos esenciales y en muchos casos en las proporciones necesarias, aunque su porcentaje útil a veces no es muy alto y suelen ser de digestión lenta.

*La calidad de una proteína* depende de su contenido en aminoácidos esenciales y de su digestibilidad, es decir, tiene en cuenta la proporción de **aminoácidos esenciales que aporta el alimento y su facilidad de asimilación**, además expresa la fracción de nitrógeno absorbido y retenido, por lo tanto, el valor biológico es máximo si reuniendo las condiciones explicadas cubre las demandas de nitrógeno por el organismo para el crecimiento y la reparación de los tejidos. La digestibilidad será igual a 100 si todo el nitrógeno es absorbido.

Así, las necesidades de proteínas de un individuo se definen como la dosis más baja de proteína ingeridas en la dieta que compensa las pérdidas orgánicas de nitrógeno en personas que mantienen el balance de energía a niveles moderados de actividad física. Así, tales necesidades de proteínas tienen dos componentes principales: los requerimientos totales de nitrógeno y los de aminoácidos esenciales, de manera que una dieta puede ser deficiente en la cantidad total de proteínas, en su calidad o ambas.

Tabla 7. Calidad de las proteínas.

Calidad de las proteínas		
Alimento	Valor Biológico	Aminoácido limitante
Huevo	100	
Leche materna	100	
Leche fluida y en polvo	95,00	
Carne de Vaca	94,00	
Carne de ave	94,00	
Carne pescado	94,00	
Carnes Promedio	94,00	
Hortalizas promedio	73,4	Histidina
Frutas promedio	64,34	Lisina
Frutas secas promedio	48,09	Lisina
Cereales y derivados (promedio)	58,50	Lisina
Arvejas	74,26	Metionina y cistina
Garbanzos	78,00	
Haba	51,48	Metionina y cistina
Lenteja	63,34	Metionina y cistina
Soja grano	78,00	
Tubérculos promedio	74,2	
Fuente: Carbajal Azcona (2013); Suárez López, Kizlansky, & López. (2006)		

Las más adecuadas para el organismo humano son la ovoalbúmina, es decir la de la clara del huevo, considerada como la proteína ideal, también se encuentra la caseína, presente en el suero de la leche, seguidas por el pescado y la carne, pues tiene una composición aproximada en aminoácidos muy semejante a la de la carne de mamífero, son ricos en lisina, arginina y triptófano, además ser más fácilmente digeribles que las de

otros alimentos.

Las proteínas vegetales tienen, en general, un valor biológico menor que las de origen animal, con excepción de la soja, con un valor casi similar que la carne y/o el pescado. Ningún vegetal contiene todos los aminoácidos esenciales —considérese la excepción anterior—, por esta razón deben ser combinados de forma variada y debido al fenómeno de complementación/suplementación entre proteínas distintas (Ej. cereales y leguminosas) se incorporan todos los aminoácidos esenciales y cuentan un porcentaje de proteína útil muy alto. Los aminoácidos que se encuentran ausentes con más frecuencia en los vegetales son la lisina, el triptófano y la metionina.

Las necesidades proteínicas de los seres humanos por kilogramos de peso corporal son básicamente las mismas para ambos sexos, en todas las edades y pesos corporales, siendo el valor aceptado como dosis inocua para adultos de 0,85 g/kg de peso corporal/día, mientras que en niños de 7-12 meses es de 1,5 g; 1,1 g cuando la edad oscila de 1 a 3 años; 0,95 g en aquellos de 4 a 13 años; mientras que no difiere del valor de los adultos en el resto de las edades, es decir, 0,85 g de 14 a 18 años. (Hernández Triana, y cols, 2008)

En estos valores se considera además un margen de error, ya que según datos recientes, la ingestión necesaria para mantener el balance de nitrógeno en el organismo es de 75 mg de nitrógeno por kg de peso corporal, lo cual se correlaciona con los requerimientos nutricionales de proteínas en la ración diaria de alimentos, no

obstante cuando se consumen dietas que contienen proteínas diferentes a las utilizadas como referencia, es necesario considerar su digestibilidad y combinación de aminoácidos esenciales, lo que puede hacer necesario, en algunos casos, un incremento en las recomendaciones de su ingesta.

Las carnes varían en cuanto a su contenido proteico y digestibilidad.

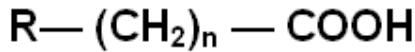
Tabla 8. Valoración de la digestibilidad de diferentes tipos de carnes.

Carne	Humedad (%)	Proteína (%)	Digestibilidad (%)
Vacuno (algo de grasa)	62	18.5	97
Pescado (entero)	74	18.8	95
Pollo	66	20.2	93
Cordero	56	15.7	93
Cerdo (algo de grasa)	67	15.5	88
<b>Fuente:</b> FAO, Boletín No. 5. (1964)			

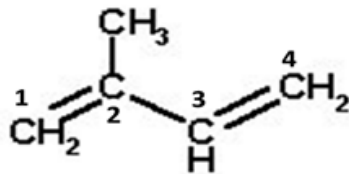
Un exceso en la ingestión relativa de proteínas en una dieta baja en energía empeora el balance energético del organismo, por la demanda adicional de energía que requieren los procesos de síntesis y catabolismo de las mismas. En consecuencia, el balance energético del organismo es un factor importante para determinar el balance de nitrógeno e influye en la utilización de las proteínas dietéticas.

## Lípidos.

Las grasas y los aceites son el segundo grupo de macronutrientes incorporados con la dieta, constituyen un conjunto grande y heterogéneo de compuestos químicos de gran importancia biológica, que aunque compuestos por carbono, hidrógeno y oxígeno, la proporción de este último es mucho menor, mientras que el carbono forma largas cadenas de átomos que se unen al hidrógeno.



La base de ellos son los ácidos grasos o las cadenas hidrocarbonadas, formadas por polimerización isoprenoide:



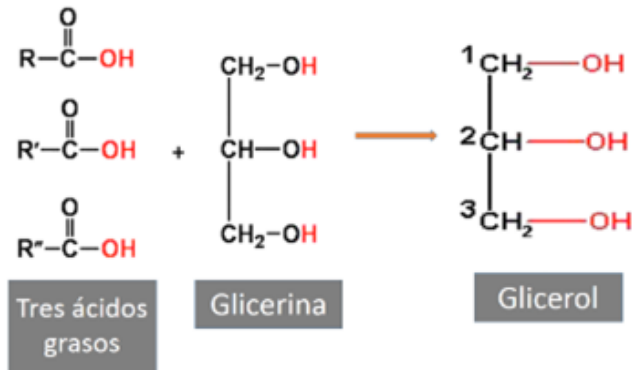
Isopreno (2-metil.1,3,-butadieno)

Los más comunes están formados por una cadena de unos 16 a 18 átomos de carbono:



Las moléculas de ácidos grasos se unen unas a las otras, la más sencilla es el glicerol. En este caso, el compuesto resultante, es una grasa neutra, como la manteca o el aceite comestible. Una grasa neutra, está formada por glicerol, formado por tres

ácidos grasos y glicerina.



La diferencia entre aceites y mantecas está dada por los tipos de ácidos grasos que intervienen en su composición, por otro lado, la elevada proporción en componentes apolares —las fuerzas de atracción sobre los electrones de enlace entre átomos con igual electronegatividad son iguales y se anulan, por lo que no tienen carga eléctrica— confiere a estas sustancias, la propiedad de poseer escasa solubilidad en agua, en cambio, ser solubles en solventes orgánicos (apolares), como el benceno, el éter y la acetona, entre otros. Además, son los alimentos más concentrados en energía, proporcionan el doble de calorías que las proteínas y los carbohidratos, contienen menos agua que las sustancias citadas por lo que se digieren y absorben más lentamente.

Los ácidos grasos más abundantes presentan cadenas lineales

con un número par de átomos de carbono, aunque existe un amplio espectro de longitudes de cadena, que varían entre cuatro átomos de carbono en ácidos grasos de la leche hasta treinta en los de algunos aceites de pescado, no obstante, los más frecuentes poseen 18 átomos de carbono. En algunos tipos presentan enlaces dobles.

Los dobles enlaces situados en la cadena de carbonos, o los sustituyentes de la misma, se designan químicamente asignando al carbono del grupo carboxilo la posición 1. Así, los dobles enlaces del ácido linoleico le proporcionan el nombre químico sistemático de ácido 9,12-octadecadienoico, una abreviatura para su designación sería 18:2 (18 átomos de carbono: dos dobles enlaces).

Tabla 9. Ejemplos de ácidos grasos.

Nombre común	Nombre sistemático	Abreviatura	Familia de ácido graso
cáprico	decanoico	10:0	
láurico	dodecanoico	12:0	
mirístico	tetradecanoico	14:0	
palmítico	hexadecanoico	16:0	
esteárico	octadecanoico	18:0	
araquídico	eicosanoico	20:0	
behénico	docosanoico	22:0	
lignocérico	tetracosanoico	24:0	
palmitoleico	9-hexadecenoico	16:1	n-7
oleico	9-octadecenoico	18:1	n-9
gadoleico	11-eicosanoico	20:1	n-9



Nombre común	Nombre sistemático	Abreviatura	Familia de ácido graso
cetoleico	11-docosaenoico	22:1	n-11
erúxico	13-docosaenoico	22:1	n-9
nervónico	15-tetracosaenoico	24:1	n-9
linoleico	9,12-octadecadienoico	18:2	n-6
linolénico	9,12,15-octadecatrienoico	18:3	n-3
dihomo-linolénico	8,11,14-eicosatrienoico	20:3	n-6
	5,8,11-eicosatrienoico	20:3	n-9
araquidónico	5,8,11,14-eicosatetraenoico	20:4	n-6
AEP	5,8,11,14,17-eicosapentaenoico	20:5	n-3
adrénico	7,10,13,16-docosatetraenoico	22:4	n-6
	7,10,13,16,19-docosapentaenoico	22:5	n-3
ADP	4,7,10,13,16-docosapentaenoico	22:5	n-6
ADH	4,7,10,13,16,19-docosahexaenoico	22:6	n-3
Fuente: (FAO, 2010)			

Muchos de ellos se sintetizan en el organismo humano, pero otros, los ácidos grasos esenciales (AGEs), deben ser ingeridos con la dieta diaria, su síntesis es privativa de los vegetales, y de formas protistas constituyentes del fitoplancton.

Las grasas se clasifican en:

1. Saturadas: de origen animal. Presentan enlace sencillo o simple entre dos átomos de carbono, carecen de dobles enlaces, por lo que la cadena hidrocarbonada está abundantemente constituida por hidrógeno, adquiriendo

una estructura en cadena lineal y número par de átomos de carbono, siendo excepciones de número impar los hallados en la leche y grasa de vacunos, que resultan de la actividad metabólica de la microbiota en el rumen. No son recomendables para uso alimentario por su difícil digestión y almacenaje en el organismo.

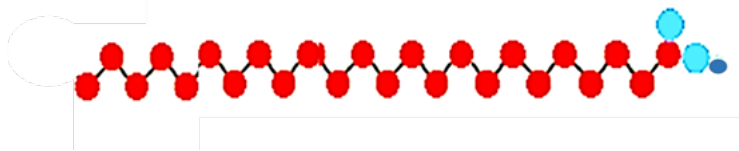


Figura 4. Representación lineal de un ácido graso saturado, Fuente: autor

2. **Insaturadas:** son constituyentes de lípidos de reserva, así como de la membrana plasmática, regularmente con un número par de átomos de C, poseen dobles enlaces (C=C) separados por un grupo metileno (-CH<sub>2</sub>-), por lo que no son conjugados. Se presentan en las formas isómeras cis o trans. En la primera los átomos de C contiguos están orientados hacia el mismo lado, condición que propicia la curvatura en las regiones de doble enlace y favorece la oposición en forma laxa en compuestos como los fosfolípidos. Por su parte la forma isomérica trans no se curvan e incluidos en las membranas plasmáticas se comportan como ácidos grasos saturados.

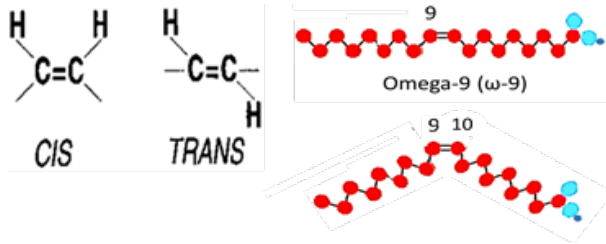


Figura 5. Estructura en cis y trans. Curvatura de un ácido graso monoinsaturado en forma isómera cis. Fuente: autor.

Entre los ácidos grasos poliinsaturados se reconocen tres tipos, clasificados de acuerdo al lugar que ocupa el primer doble enlace respecto al carbono portador del grupo metilo ( $-\text{CH}_3$ ), quien es a su vez el último carbono de la cadena — denominado “omega” ( $\omega$ )— siendo por ello considerados como la serie Omega: Omega 3 ( $\omega$ -3), por la posición del doble enlace en el  $\text{C}_3$  (p.e., ácido linolénico o LNA); Omega  $\text{C}_6$  ( $\omega$ ⁶-) (p.e., ácido linoleico y el araquidónico) y Omega  $\text{C}_9$  ( $\omega$ -9) (p.e., ácido oleico), este último en realidad solo posee un enlace doble situado en posición 9, por lo que puede ser considerado como un ácido graso monoinsaturado.

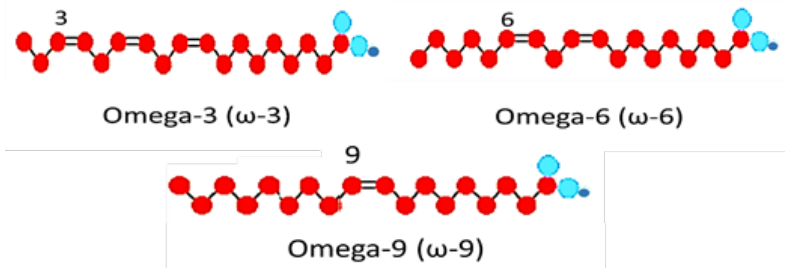


Figura 6. Ácidos grasos insaturados. Fuente: autor

Como fue expresado, el organismo humano no puede sintetizar

los ácidos grasos del tipo poliinsaturados, siendo considerados como esenciales dada esta condición, sin embargo, tiene la capacidad metabólica de formar doble enlace en la posición 9 de la cadena carbonada y por esta vía obtener el  $\omega$ -9, a la par desarrollar procesos de saturación y elongación del ácido linoleico ( $\omega$ -6) con producción del ácido araquidónico (20:4 n-6), mientras que a partir de  $\omega$ -3 obtener eicosapentaenoico (EPA- 20:5 n-3) y docosahexaenoico (DHA -22:6 n-3 ).

Así, un factor muy importante a tener en cuenta con la ingestión de grasas es proporcionar un adecuado suministro de ácidos grasos esenciales, especialmente de la serie del ácido linoleico ( $\omega$ -6) y del ácido linolénico ( $\omega$ -3), por su significación en la estructura de la membrana celular y como precursores de los eicosanoides —compuestos potentes de 20 átomos de carbono liberados en cantidades muy pequeñas para actuar rápidamente en su entorno con gran actividad biológica constituyentes de las prostaglandinas, los tromboxanos y los leucotrienos— que aunque compiten por las mismas enzimas, tienen roles biológicos diferentes, sin embargo, el exceso de consumo de  $\omega$ -6 limita la oxidación y elongamiento de  $\omega$ -3, incluso de sus propias existencias orgánicas, al saturar las enzimas comunes limitando de este modo su participación como precursores generadores de otros ácidos grasos insaturados e incluso se ha estimado como cociente óptimo de ingesta  $\omega$ -6/ $\omega$ -e 2:1 a 3:1, muy inferior al consumo actual.

De forma general debe evitarse la ingestión de ácidos grasos

saturados por encima del 10% de la energía total. Incluso se ha sugerido una cifra que no exceda el 7% de la energía total, ya que estos pueden peroxidarse fácilmente y constituir compuestos cancerígenos. El cumplimiento de estas recomendaciones se puede lograr con una ingestión de grasas de origen vegetal de por lo menos el 50% de la ingestión total de ese macronutriente. Cuando se utiliza el aceite de oliva la participación de los ácidos grasos monoinsaturados podría ser mayor, atendiendo a los efectos positivos observados con el uso de este aceite, por su parte el aceite de coco es fuertemente saturado, por lo cual se debe limitar su empleo en la alimentación.

Las fuentes principales de grasas son las llamadas grasas visibles de la dieta, entre las que se encuentran: la manteca, los aceites, la mantequilla, la mayonesa, siendo fuentes indirectas (grasas invisibles) diversos alimentos de origen animal como las carnes, los embutidos, el tocino, los quesos, la leche entera, entre otros.

Los ácidos grasos insaturados son aportados por lípidos de origen vegetal, como el aceite de oliva virgen (*Olea europaea*) (monoinsaturado), o el aceite de onagra (*Oenothera biennis*) —rico en ácido gamma-linolénico, GLA, un ácido graso esencial raro—, el aceite de lino (*Linum usitatissimum*) y de borraja (*Borago officinalis*), muy rico en Omega-6, o procedentes de pescados azules de aguas frías saladas como el salmón (*Salmo salar*), la caballa o macarela (*Scomber scombrus*), arenque (*Clupea spp*) y otros peces que contienen altas cantidades de

ácidos grasos Omega-3.

Los ácidos grasos esenciales son especialmente importantes para el crecimiento y desarrollo normales del feto y de los lactantes, y en particular, para el desarrollo del cerebro y de la agudeza visual. En mujeres bien nutridas, durante la gestación se depositan cada día aproximadamente 2,2 gramos de ácidos grasos esenciales en los tejidos materno y fetal, por su parte el consumo óptimo en el adulto de estos ácidos debe representar el 3% de la energía alimentaria total. Con este fin, recientemente se ha recomendado mantener la ingestión de grasas entre un 15% y un 30% de la energía total.

En ocasiones los aceites vegetales insaturados se someten a procesos parciales de hidrogenación industrial produciendo grasas más sólidas, más plásticas o más estables, pero el proceso genera distintos isómeros cis y trans, por lo que el procedimiento no brinda certeza en cuanto a la obtención de uno u otro isómero para la fabricación de productos alimenticios (FAO, 2006).

Las grasas “trans” —contenidas en margarinas, panadería y productos con grasas hidrogenadas de procedencia industrial— se consideran inadecuadas para la alimentación humana por su toxicidad, atribuyéndoles la capacidad de destruir la membrana celular y provocando multitud de procesos inflamatorios, alérgicos en piel y pulmones, condiciones que no las hace recomendables como artículos alimentarios.

El colesterol tiene funciones estructurales importantes en la membrana celular, y es precursor de varias hormonas esteroideas.

No hay un requerimiento fisiológico que avale una recomendación de ingestión específica para el mismo ya que es sintetizado por el organismo en cantidades suficientes. Es un lípido insoluble en el plasma sanguíneo donde se presenta como colesterol libre y como ésteres de colesterol, su incorporación exógena se realiza a través de los alimentos de tal manera que el 40% de la cantidad ingerida es absorbida por el intestino y empaquetado en forma de éster de colesterol con los triglicéridos de la dieta, formando los quilomicrones. El endógeno se produce en el hígado.

Existen evidencias epidemiológicas que asocian a la mortalidad por enfermedades coronaria con niveles de ingestión dietética de colesterol, por lo cual se recomienda eliminar su ingestión a menos de 300 mg/día, en los adultos, siendo obvio que su consumo aumenta los niveles séricos y de lipoproteínas de baja densidad (LDL), pero la magnitud de este aumento es muy variable.

El colesterol se encuentra en alimentos de origen animal; los más ricos en colesterol son las vísceras, principalmente el cerebro que puede contener hasta 2000 mg/100 g, el hígado (290 mg/100g), el corazón (120 mg/100g), los riñones (340 mg/100g), la lengua (120 mg/100g). Otras fuentes importantes son los huevos (una yema puede contener entre 250 y 300 mg); las carnes y la leche y sus derivados, como la mantequilla (240 mg/100g), los mariscos; algunos productos de la pastelería, entre otros. Altos contenidos de colesterol se encuentran en la piel del pollo y pescado.

Dado el alto consumo mundial de huevos es necesario una acotación, la ingesta de una unidad diaria equivale aproximadamente a la cantidad máxima de colesterol que debe consumir una persona sana en un día, pero debido a la presencia de compuestos como la lecitina y la fosfatidilcolina en el propio alimento, esta cantidad no resulta perjudicial a la salud.

La lecitina que contiene el huevo bloquea la absorción del colesterol —de hecho interviene en su esterificación formando parte de la enzima lecitina-colesterol aciltransferasa (LCAT) con acción depuradora del exceso en los tejidos—, y permite que el consumo moderado de este alimento sea muy saludable, por otro lado, conjuntamente con la fosfatidilcolina, representan una excelente fuente de colina actuante en el desarrollo de la función cerebral y la memoria, incrementa la secreción de bilis, previniendo su estancamiento en la vesícula, por lo que prolonga el tiempo de nucleación necesario para la formación de un cálculo biliar, todo lo cual disminuye la litogenicidad, además de constituir un alimento que no aporta purinas, siendo beneficioso en la dieta de individuos que padecen de gota.

Relación de los ácidos grasos saturados e insaturados con el colesterol.

- Los ácidos grasos saturados -láurico, mirístico y palmítico- elevan los niveles de colesterol y de las lipoproteínas de baja densidad (LDL) en el suero sanguíneo.
- El ácido esteárico no eleva los niveles séricos de colesterol o de LDL, aunque presenta otros efectos sobre la salud,



hasta ahora indefinidos.

- El ácido linoleico, poliinsaturado, reduce moderadamente los niveles de colesterol y de LDL en el suero.
- El ácido oleico, monoinsaturados, presenta un comportamiento neutro respecto a las LDL, pero incrementa moderadamente el nivel de las lipoproteínas de alta densidad (HDL).
- Funciones de los lípidos en el organismo:
- Función energética: son la reserva de combustible más importante del cuerpo. Cuando no se precisa utilizarlos se almacenan en el tejido adiposo de los animales; o en forma de aceite, generalmente en las semillas, en el caso de los vegetales.
- Función estructural al formar parte de todas las membranas celulares, en la constitución de la bicapa fosfolipídica.
- Incorporan al organismo vitaminas, en específico la de tipo liposolubles (vitaminas A, D, E y K) o ayudan a la absorción de las mismas.
- Función hormonal, ya que muchos derivados de esteroides tienen carácter hormonal, por ejemplo la testosterona, progesterona, estrógenos, glucocorticoides, entre otras.
- Influyen además en la palatibilidad de los alimentos y el desarrollo de la sensación de saciedad.

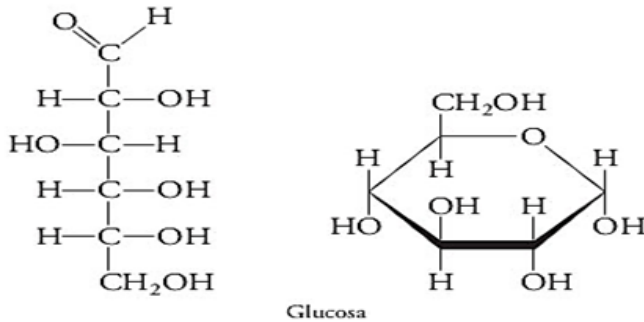
## Glúcidos

Entre los alimentos energéticos —como se expresó anteriormente— se encuentran los glúcidos —mal llamados hidratos de carbono, dado que el carbono no se hidrata—, pero constituye un término aceptado por la práctica común. Constituyen la principal fuente de energía del hombre, debido a su rápida movilización, fácil degradación —incluso en condiciones anaerobias— y acceso económico, lo que los hace fisiológica y socialmente rentables para los seres humanos, atribuyéndoles un 80% del peso dietético en países en vías de desarrollo contra un 45-50% en los industrializados.

Estos además de aportar la glucosa necesaria por el organismo y fibra dietética, proporcionan micronutrientes esenciales como algunas vitaminas y minerales. En particular la citada glucosa constituye el material energético por excelencia, utilizándose para la síntesis de glucógeno, sustancia de reserva de todos los animales. Cada gramo de glúcidos aporta 4,1 Kcal o 16,9 Joule. Son biomoléculas formadas por átomos de carbono (C), hidrógeno (H) y oxígeno (O) en una relación general de 1:2:1. Los átomos de carbono están unidos a grupos alcohólicos o hidroxilos (-OH) y a radicales hidrógenos (-H).

En todos los glúcidos siempre hay un grupo carbonilo, es decir, un carbono unido a un oxígeno mediante un doble enlace (C=O), que puede ser un grupo aldehído (-CHO) o un grupo cetónico (-CO-). Estos compuestos orgánicos pueden encontrarse en forma de cadena o de anillo de átomos de carbono a los que

se enlazan átomos de hidrógeno y oxígeno.



Los glúcidos se clasifican —según la complejidad de su estructura química y por la capacidad de hidrolizarse— en:

1. **Monosacáridos:** los monosacáridos son absorbidos en el intestino sin transformaciones químicas a lo largo del tubo digestivo, (no se hidrolizan), por lo que son una fuente muy rápida de energía, son sustancias cristalinas incoloras que se disuelven fácilmente en agua, pero no en sustancias apolares, la mayoría tiene sabor dulce y contiene desde 3 y hasta 9 átomos de carbono que forman una cadena no ramificada, denominándose triosas, tetrasas, pentosas, hexosas, heptosas, generalmente su fórmula se representa  $C_N H_{2N} O_N$ , constituyendo una excepción la desoxirribosa  $C_5 H_{10} O_4$ , entre ellos encontramos como los más comunes a la glucosa, la fructosa, la galactosa, la ribosa, la desoxirribosa. Siendo el más importante la

glucosa por su extendida participación en las reacciones metabólicas.

- Glucosa: es una aldohexosa, considerada la más común y abundante de los monosacáridos, constituye la principal fuente de energía de nuestro organismo durante la actividad física y el sustrato energético por excelencia utilizado en el cerebro, que esgrime alrededor de 140 gramos de glucosa al día. Por su alta reaccionabilidad no suele encontrarse en estado libre, salvo en el jugo de algunos vegetales, en la miel, en algunas frutas, en la sangre, la linfa y el líquido intracelular en los animales y el hombre. Es indispensable para algunos tejidos en animales y los seres humanos, incluso se han denominado como glucosa dependientes, ya que presentan especialización tisular metabólica para dicha molécula; se pueden citar entre estos tejidos al nervioso, células epiteliales entéricas, medula renal, retina, glóbulos blancos, eritrocito y linfocitos.
- Fructosa: se encuentra en el jugo de frutas y verduras, y en la miel, se considera la principal fuente de energía de los espermatozoides.
- Galactosa: se encuentra en las legumbres, las pectinas y otros alimentos. No se encuentra en estado libre, pero forma parte de la lactosa de la leche junto con una molécula de glucosa.

Tabla 10. Clasificación de los monosacáridos.

Número de Carbonos	Nombre	Ejemplos relevantes
3	Triosa	Gliceraldehído, dihidroxiacetona
4	Tetrosa	Eritrosa
5	Pentosa	Ribosa, Ribulosa, Desoxirribosa, xilulosa
6	Hexosa	Glucosa, Galactosa, Manosa, Fructosa
7	Heptosa	Seudoheptulosa
9	Nonosa	Ácido neuramínico o siálico

2. **Oligosacáridos:** son hidrolizados en el proceso de la digestión, están constituidos por dos y hasta diez unidades de monosacáridos, que se une entre sí por un enlace glucosúrico, al igual que los monosacáridos son sustancias cristalinas incoloras, solubles en agua y de sabor dulce, de forma general estos elementos son más abundantes en los vegetales que en los animales, los más difundidos entre ellos son los di y trisacáridos.
  - ◇ **Disacáridos:** están constituidos por dos radicales de monosacáridos, como la sacarosa, la maltosa y la lactosa.
    - Sacarosa (abunda en la caña de azúcar, la remolacha) =glucosa + fructosa.
    - Maltosa (es un producto intermedio de la descomposición de los polisacáridos, llamada también azúcar de malta) =glucosa + glucosa.

- Lactosa (azúcar que aparece en la leche de los mamíferos)  
= galactosa + glucosa.

Monosacáridos y disacáridos son de rápida absorción y proporcionan energía instantánea pero de corta duración. Los azúcares de cadena corta más saludables se encuentran en la miel y el azúcar de caña sin refinar.

3. Polisacáridos: son macromoléculas de cadena larga que requieren de una digestión lenta para su absorción, son sustancias de alto peso molecular constituidas por centenares y miles de radicales de monosacáridos. No son solubles en agua y carecen de sabor dulce. Existen multitud de polisacáridos entre los que destacan, con función de reserva, el almidón y el glucógeno.
- Almidón (féculas): es el glúcido más abundante en la alimentación, constituyendo la sustancia de reserva de los vegetales, se encuentra presente en los cereales (pan, pasta, galletas, entre otros.), las legumbres, raíces y tubérculos. El grado de digestibilidad de un almidón depende del tamaño y de la complejidad de las ramificaciones de las cadenas de glucosa que lo forman, siendo necesario someterlos a un tratamiento con calor previo a su ingestión para poder digerirlos.
  - La celulosa y la quitina, son otro ejemplo de polisacáridos, solo poseen una función estructural, son moléculas tan

complejas y resistentes que no somos capaces de digerirlas y llegan al intestino grueso sin asimilarse, mientras que la pectina es fibra soluble, todos ellos al ser consumidos tienen un efecto beneficioso sobre el tubo digestivo humano, pues retienen varias veces su peso de agua facilitando los movimientos propios del mismo, al aumentar el volumen y ablandar los residuos intestinales, especialmente a nivel de intestino delgado y colon, lo que favorece una correcta nutrición, se encuentra en las verduras, frutas, frutos secos, cereales integrales y legumbres enteras.

- Glucógeno: está formado por centenares y miles de unidades de monosacáridos (glucosa), considerada la sustancia de reserva por excelencia de los animales, se almacena en el hígado y en el músculo, donde aparece en forma de gránulos citoplasmáticos con un gran contenido de agua que alcanza una proporción aproximada de 4 g de agua/1 g del polisacárido, sin embargo es de destacar que prácticamente todas las células del organismo tienen la capacidad de usarlo por glucogenólisis y luego glucólisis, pero solo el hígado y la corteza renal tienen la capacidad de verter a sangre la glucosa proveniente de él. La estructura primaria que posee es similar a la de la amilopectina, pero se halla mucho más ramificado, con puntos de ramificación cada 8 a 12 restos de glucosa.
- El glucógeno hepático: a partir de él es regulada la concentración de glucosa en sangre, tanto para abastecer

al cerebro de forma constante —el cerebro no dispone de reservas y solo puede utilizar glucosa como fuente de energía—, como a los músculos durante la actividad muscular, después que las reservas de la misma en él órgano en actividad intensa y duradera se han agotado.

En el hígado pueden ser almacenados 100 gramos de glucógeno aproximadamente. Estas reservas suelen aumentar después de las comidas pero disminuyen entre las mismas y especialmente durante la noche, la actividad física y el ayuno, ya que se degrada para mantener normales los niveles de glucosa en sangre.

- El glucógeno muscular: es utilizado de manera inmediata durante la actividad física y en dependencia al tiempo dedicado a la misma o la intensidad de realización de las acciones motrices puede llegar a agotarse, estableciéndose la demanda correspondiente al hígado.

La velocidad de agotamiento del glucógeno muscular, está estrechamente relacionada con la intensidad del ejercicio, así como con la cantidad almacenada de manera previa a la ejercitación muscular, por ejemplo, como regularidad en 15 minutos de ejercicio intenso puede agotarse del 60% al 70% de las reservas musculares, mientras que su consumo total se puede alcanzar al cabo de las 2 horas, sin embargo, para el restablecimiento de reservas adecuadas se requiere un mínimo de 48 horas bajo condiciones de dieta normal (cuando la dieta es deficitaria en glúcidos se necesitan no menos de 5 días de



recuperación), pero puede acelerarse este proceso de almacenaje si la ración diaria de alimentos alcanza de un 70% a un 80% disminuyendo la velocidad de reposición hasta en 24 horas.

Desde el punto de vista nutricional los glúcidos se han conceptualizado en una clasificación más simple que toma como principio la capacidad de absorción del organismo, de este modo se han jerarquizado en dos grandes grupos:

1. Azúcares simples (o de absorción rápida):
  - Monosacáridos.
  - Oligosacáridos.
  
2. Azúcares complejos (o de absorción lenta): los azúcares complejos deben ser transformados en azúcares sencillos para ser asimilados:
  - Polisacáridos: por ejemplo: almidones (o féculas), fibra dietética y glucógeno.

### **Funciones de los glúcidos en el organismo.**

La principal función de los glúcidos en el organismo está asociada al aporte de energía, así aun cuando todos los macronutrientes potencialmente pueden aportarla, son ellos los que producen la combustión metabólica más limpia, no aportan residuos tóxicos como el amoníaco resultante en el catabolismo de las proteínas o grupos cetónicos como las grasas; son sustancias que se degradan fácilmente y de movilización rápida; una porción pequeña se emplea en construir moléculas más complejas, junto con lípidos y las proteínas, otra parte

se utiliza en la degradación de las sustancias antes indicadas, para ser usadas también como fuente de energía. Tienen una participación sustancial orgánica muy pobre en la constitución de tejidos.

Los glúcidos intervienen en las funciones metabólicas con un efecto de ahorro y conservación de las proteínas corporales, estrechamente relacionado con la utilización de las mismas como fuentes aportadoras de glucosa cuando las reservas glucosídicas se encuentran exhaustas y conducen a la disminución de los niveles del polipéptido, especialmente en músculo, que en condiciones extremas causa una reducción significativa del tejido magro o la sobrecarga renal, al excretarse productos nitrogenados procedentes de su metabolismo degradativo. Se evita la manifestación de tal efecto con un consumo adecuado de los mencionados glúcidos.

Los glúcidos son esenciales como combustible para el sistema nervioso central tanto bajo condiciones normales como de ayuno, ya que el encéfalo utiliza casi exclusivamente a la glucosa, pero carece de estructuras que la reserven como potencial fuente calórica. Otras estructuras gluco-dependientes son: células epiteliales entéricas, medula renal, retina, glóbulos blancos, eritrocito y linfocitos.

Actúan como facilitador metabólico de los lípidos, lo que se expresa durante el metabolismo insuficiente de los glúcidos — por agotamiento de glucógeno debido a una dieta inadecuada, un ayuno extremo o por ejercicio prolongado—, bajo tales

condiciones el organismo moviliza las grasas a una velocidad mayor que su utilización metabólica y provoca la liberación de cuerpos cetónicos a la sangre resultantes de un catabolismo lipídico incompleto.

Es necesario destacar que los cuerpos cetónicos si bien no conducen a la producción de glucosa, ahorran el consumo de proteínas empleadas en la producción del monosacárido, ya que pueden ser utilizados como fuente alternativa energética nada despreciable del sistema nervioso, que además reduce el consumo de oxígeno y se limita la liberación de radicales libres en el órgano. Sin embargo, dichos cuerpos cetónicos pueden provocar diversos malestares al individuo, que conducen desde la pérdida de atención y concentración, hasta olores corporales desagradables.

Entre los glúcidos, los azúcares simples, son considerados como aportadores de calorías vacías en el proceso nutricional, este término, actualmente poco usado, hace referencia a aquellos alimentos que por su composición solo suministran energía o calorías —entre ellos encontramos el alcohol con un aporte calórico de 7 kcal/gramo—, no proveyendo al organismo de ningún otro nutriente.

Los glúcidos deben aportar entre el 55% y el 60% de la energía total de la ración diaria de alimentos, lo que equivale a un 60% de la energía, a partir de los 3 años de edad. Se recomienda ingerir entre el 50% y el 70% de la energía total de glúcidos complejos digeribles en lugar de azúcares refinados, ya que los primeros

aportan también fibra dietética, minerales y vitaminas, mientras que los azúcares refinados solamente aportan energía (calorías vacías) y por tanto se absorben rápidamente estresando las rutas metabólicas lo que puede provocar un pico glucosídico en sangre y refuerza el trabajo del páncreas. En general se recomienda que los glúcidos refinados deban mantenerse por debajo del 10% de energía total.

### **Fibra dietética.**

La fibra dietética, o fracción no digerible de alimentos de origen vegetal, designa a los restos de las paredes de las células vegetales introducidos en el organismo durante la alimentación, por lo que en sí es un concepto bastante ambiguo al no considerar que tales restos constituyen una compleja mezcla de carbohidratos indigeribles en su condición de incorporación, lo que llevó a ser considerados sin valor nutricional durante muchos años, sin embargo, hoy se conoce su significación para la salud.

Está constituida por compuestos orgánicos no digeribles en el tracto digestivo humano y se derivan, fundamentalmente, de los vegetales. Es reconocido que cierta cantidad de fibra es necesaria para garantizar un buen funcionamiento gastrointestinal y para la prevención de numerosas afecciones como el cáncer del colon, la diverticulosis, la constipación y la aterosclerosis.

De manera general se hace mención a dos tipos de fibra: soluble e insoluble. La primera —gomas, pectinas y mucílagos—, se combina con el agua en el tracto digestivo y adquiere una consistencia gelatinosa, provocando interferencia por retardo

en la digestión, y la velocidad de la absorción de los nutrientes a partir del estómago y de modo particular en los intestinos, no obstante tienen un elevado efecto hipocolesterolemizante. Se encuentra presente en alimentos como la avena, cebada, nueces, semillas, frijoles, lentejas, arvejas y algunas frutas y verduras.

La fibra dietética insoluble —celulosa, lignina, y algunas hemicelulosas— acelera el paso de los alimentos a través del estómago y de los intestinos, agregándole volumen a las heces, es propia de artículos alimentarios derivados del salvado de trigo, verduras y granos integrales.

El consumo de grandes cantidades de fibra dietética, puede crear una interferencia en la absorción de algunos nutrientes principalmente minerales y oligoelementos, por lo que se aconseja un aporte en dieta de unos 30 gramos, a partir de fruta, verdura, legumbres y cereales integrales y a la par consumir grandes cantidades de líquido, preferentemente agua, para evitar el riesgo de obstrucción intestinal.

## **Micronutrientes**

Los micronutrientes son sustancias de carácter nutrimental cuya contribución al proceso nutricional se encuentra alejada de aporte de sustancias o energía, su acción es directa o indirectamente de tipo reguladora en las funciones bioquímicas del organismo humano, entre los mismos se encuentran las vitaminas y los minerales. Ambos actúan como cofactores en el metabolismo y están implicados en todas las reacciones enzimáticas que tienen lugar en los seres humanos. Además, forman parte de

numerosas estructuras corporales, como el caso del calcio y el fósforo en los huesos, posibilitan funciones fisiológicas, como la contracción y relajación muscular, o la transmisión del impulso nervioso, el mantenimiento del pH y la presión osmótica, sin obviar el metabolismo energético.

La demanda de micronutrientes se incrementa durante la actividad física intensa o prolongada y solo se detectan por el aumento de la tasa metabólica basal, esto se relaciona no solo con los niveles de uso fisiológico, sino por la participación de diversos mecanismos que actuando en ocasiones como ayudas biológicas tienen efectos secundarios provocadores de su pérdida, tales son el caso de las emisiones de orina, la sudoración profusa, las pérdidas celulares por exfoliación, hemólisis o la vía gastrointestinal.

## **Vitaminas.**

El término vitamina —amina vital— hace referencia a sustancias orgánicas complejas imprescindibles en los procesos metabólicos que tienen lugar en los seres vivos. Deben estar presentes en la dieta en muy pequeñas cantidades en relación a otros nutrientes; no aportan energía, por lo que son consideradas a-calóricas, pero sin ellas el organismo no podría aprovechar elementos constructivos y energéticos suministrados por la alimentación —e incluso sería incapaz de desarrollar muchas de las funciones fisiológicas— por esta razón, también se las considera nutrientes.

Son esenciales, para ello se considera el hecho de que los seres humanos perdieron la capacidad para su síntesis en el proceso

evolutivo como parte de una presión selectiva generada en primates homínidos –y grupos biológicos anteriores– asociada a una estructura trófica de carácter omnívora en la que los alimentos de origen vegetal adquieren una posición casi equivalente a los de origen animal y favorece el suministro vitamínico constante y exógeno, con el consiguiente ahorro metabólico –presión selectiva repetida en aminoácidos esenciales y ácidos grasos de la serie omega ( $\omega$ )– y el desarrollo de dependencia hacia la dieta mixta con artículos alimentarios provenientes de las plantas, dado que las insuficiencias de consumo implican estados carenciales peligrosos a la salud (hambre oculta). Así, las vitaminas deben ser aportadas a través de la alimentación, aunque existe como excepción la síntesis de la vitamina D, formada por la piel con una moderada exposición al sol, mientras que las vitaminas K, B1, B12 y ácido fólico (B9), se producen en pequeñas cantidades generalmente insuficientes por la microbiota intestinal.

A pesar de que cada vitamina tiene una función específica, actualmente se ha popularizado la ingestión de suplementos con alto contenido de beta-carotenos, vitaminas E y C, con el fin de evitar las lesiones provocadas por la acción oxidante de los radicales libres. En buena medida esto se debe a la difusión en los medios masivos de información de su acción antioxidante, elemento vital en la eliminación o neutralización de los mencionados radicales libres, agentes relacionados con algunos tipos de tumoraciones, afecciones cardíacas y el mal de Alzheimer, en cuya prevención se ha demostrado la efectividad

de las combinaciones de vitaminas A, E y C.

Por otro lado, la acción antioxidante de algunas vitaminas, entre ellas el ácido ascórbico y los tocoferoles, es determinante para limitar el daño tisular y el aumento de citocinas. También ejercen efecto antiinflamatorio y fortalecen numerosos aspectos de la función linfocitaria. De hecho, está demostrado que las infecciones provocan estrés oxidativo, por lo que en casos extremos puede ser combatido con la administración de antioxidantes que contribuyen al incremento del ritmo y los índices cardíacos y a la reducción de la resistencia vascular sistémica, lo que abre nuevas posibilidades en el tratamiento del choque séptico, considerando que muchos de los fenómenos bioquímicos que intervienen en la cicatrización de las heridas están relacionados con el estado nutricional del individuo que muestra algún tipo de herida, en especial sus disponibilidades de ácido ascórbico, hierro, zinc y energía metabólica.

De manera general, la capacidad de síntesis de los precursores vitamínicos en el metabolismo es menor en animales que en plantas, por consiguiente son estas últimas las principales fuentes para el hombre, aunque el suministro inmediato pueda producirse a través de alimentos de origen animal, esto refuerza el criterio de que su incorporación guarda dependencia con la composición de la dieta e incluso sus requerimientos se encuentra influidos por las condiciones de vida del sujeto —trabajos pesados, deporte de alto rendimiento, embarazo, lactancia o enfermedades infecciosas— y llegan a actuar como factores estresantes sobre



el orden alimentario al provocar el sobre uso de las mismas o su eliminación, por excesos en el organismo, particularmente las del tipo hidrosolubles a través de la orina.

No obstante, las pérdidas de vitaminas por el sudor puede alcanzar valores apreciables, lo que conlleva a un incremento en sus requerimientos en caso de actividad física intensa, fiebre, en algunas enfermedades o cuando la temperatura ambiental llega a ser elevada, por otro lado, es necesario enfatizar que algunos factores nutricionales incorporados en la dieta diaria pueden elevar o disminuir los requerimientos vitamínicos, por ejemplo, las necesidades de tiamina y niacina aumentan al incrementarse el uso de los glúcidos y del alcohol en la ración diaria de alimentos, un efecto similar se genera durante el exceso de ingesta proteica respecto a las vitaminas B2 y B6, y del aminoácido esencial leucina (en los correspondientes alimentos portadores), respecto a la niacina, mientras que el triptófano, otro aminoácidos esencial, reduce tal necesidad.

El consumo y uso metabólico de la vitamina E guarda dependencia directamente proporcional respecto a la incorporación de ácidos grasos polinsaturados, mientras que la ingestión de grasas oxidadas aumenta los requerimientos de biotina, del mismo modo ocurre con la clara del huevo a consecuencia de su contenido de avidina, que se liga a esta vitamina. Otros alimentos contienen sustancias que destruyen las vitaminas como son las tiaminasas del pescado a la vitamina B1 y las peroxidasas de origen vegetal respecto a la vitamina C.

Es destacable el hecho de la existencia de límites para la absorción intestinal de cada vitamina, por lo que los excesos son excretados a través de las heces o la orina, sin que se incorporen al metabolismo intermediario, con los consiguientes efectos beneficiosos que debe esperarse de ello, a lo que se agrega el exiguo poder de almacenamiento que posee el organismo humano de las mismas, en particular de las de tipo hidrosolubles, y refuerza la condición de su ingestión prácticamente a diario y en las dosis adecuadas, según las necesidades del individuo.

No obstante, la capacidad de almacenamiento de vitaminas por el organismo humano es superior a los cálculos realizados, al punto de que sin aparecer en la dieta de una persona normal, se puede conservar el estado de salud bajo limitaciones o ausencia de su consumo por semanas (vitaminas K, B1, B2, B6, Niacina y C), meses (D y ácido fólico) e incluso años (A y B12), efecto que en el caso de las liposolubles se convierte en un factor que refuerza la toxicidad de las megadosis consumidas.

El mejor método para la clasificación de las 13 vitaminas diferentes que se conocen actualmente, se basa en sus características de solubilidad, la cual condiciona su modo de acción, el sistema de almacenamiento corporal y la toxicidad.

Las vitaminas, de modo general, se clasifican en:

- ◇ liposolubles: vitaminas A, D, E y K.
- ◇ hidrosolubles: vitamina C, tiamina o vitamina B-1, riboflavina o vitamina B2, niacina o vitamina B3, Piridoxina o vitamina

B6, folatos, cobalaminas o vitamina B12, Biotina y ácido pantoténico.

Las primeras se almacenan, de manera central en importantes órganos como hígado y tejido adiposo; mientras que las segundas carecen de un depósito específico de almacenamiento y solo su participación como cofactores enzimáticos o metabolitos activos puede ser considerada como un relativo espacio frágil de reserva.

- Vitamina A (retinol) o antixeroftálmica.

Es esencial para una visión normal, el crecimiento, la diferenciación de los tejidos corporales, la reproducción y la integridad del sistema inmunológico, su deficiencia en el organismo tiene graves consecuencias relacionadas con la pérdida de la visión nocturna y los procesos de adaptación a la oscuridad, finalmente si la afección es grave y no se suplementa adecuadamente provoca la xerofthalmia, el 11-cis- retinol liga a la opsina para formar rodopsina, el pigmento visual de los bastones de la retina implicados en la visión y en la adaptación del paso de la oscuridad a la luz. (Hernández Triana, y cols, 2008).

Tiene una reconocida capacidad para la reparación del daño mucosal secundario a la infección intestinal y además en la protección de la mucosa y en la absorción intestinal. El ácido retinoico actúa como una hormona esteroidea típica, se liga a la cromatina para incrementar la síntesis de proteínas controladoras del crecimiento celular y la diferenciación de células epiteliales —aumenta el recambio— su síntesis se produce a partir de la

provitamina betacaroteno y otras provitaminas en el tracto del intestino grueso y su almacenaje ocurre en el hígado, de ahí la importancia del consumo de esta víscera proveniente de animales para suministrar las cantidades necesarias a la vida humana, teniendo en cuenta la edad y estado fisiológico del individuo. Por otro lado, existen evidencias del vínculo entre la vitamina A y la anemia, en estados deficitarios de la misma y como posible mecanismo actuante la reducción de la eritropoyesis por baja incorporación de hierro dada limitaciones de su movilización desde el bazo o el hígado.

La vitamina A se expresa en Unidades Internacionales (UI) o como equivalentes de retinol (ER), que corresponden a 1 µg de retinol, 6 de β-carotenos o 12 µg de otros carotenos, lo que permite considerar en el cálculo dietético su contenido en los alimentos, así como de los carotenos (provitamina A) que muestran diferente actividad vitamínica, en particular, la absorción y la utilización promedio de los carotenos es, aproximadamente, 1/6 de la cantidad ingerida, así en la actualidad la recomendación alimentaria de esta vitamina se sitúa en valores de 375-400 µg de equivalentes de actividad de retinol (µg RAE) diarios para lactantes y niños en el primer año de vida, 400-600µg RAE para niños y adolescentes, 600 µg RAE para hombres y 500 para mujeres, mientras que para la mujer gestante se elevó a 800 µg y en la lactancia a 850 µg. (Hernández Triana, y cols, 2008)

La vitamina A y los carotenoides son relativamente estables al calor, pero son muy sensibles a la oxidación bajo la influencia de

la luz. Durante la preparación de los alimentos puede destruirse hasta un 40% de la actividad de dicha vitamina, tal porcentaje varía en dependencia de la temperatura y la duración de la cocción, la exposición a la luz y al aire, la acidez del medio y la humedad. La freidura es la forma de cocción que causa mayor destrucción de esta vitamina, además los procesos de secado y extrusión a que son sometidos algunos vegetales y frutas son fuertes destructores de los carotenos presentes en estos alimentos.

Las principales fuentes de retinol son los alimentos de origen animal, especialmente el hígado —3000-15000  $\mu\text{g}$  de retinol/100g) y los aceites de hígado de pescado, el huevo (100-300  $\mu\text{g}$  de retinol/100g), la leche sin descremar —30-70  $\mu\text{g}$  de retinol/dl—, así como otros productos lácteos. Son buenas fuentes de carotenos ciertos vegetales de color amarillo intenso, como la zanahoria (*Daucus carota*, subespecie *sativus*) 2000-7000  $\mu\text{g}$ /100 g; hojas de color verde intenso, como la espinaca (*Spinacia oleracea*) 2000-3000  $\mu\text{g}$ /100g, la lechuga (*Lactuca sativa*) 1000-4000  $\mu\text{g}$ /100g; frutas amarillas como la fruta bomba o papaya (*Carica papaya*) 1000-1500  $\mu\text{g}$ /100g y el mango (*Manguifera indiga*) 630  $\mu\text{g}$ /100g.

El exceso de esta vitamina es tóxico, tanto para los niños como para los adultos, así ingestiones superiores a 3000 ER/día en forma regular para niños debe tener lugar bajo supervisión médica. En el caso de los adultos, niveles de ingestión superiores a 7500 ER /día no son deseables incluso en casos de mujeres embarazadas con efectos teratogénicos —que provoca

malformaciones o anomalías congénitas— asociados tanto a su deficiencia como a su sobredosis, no obstante los efectos asociados a la sobre ingestión solamente han sido observados en dosis muy altas. Por el contrario la hipovitaminosis de la vit. A de forma marginal o subclínica presente en algunos grupos poblacionales debe solucionarse con alimentos y dietas adecuadas o incluso fortificando algún alimento.

- Vitamina D (calciferol) o antirraquítica.

Es esencial para un buen desarrollo y funcionamiento del sistema osteomioarticular, el raquitismo es la enfermedad característica de su deficiencia. Esta vitamina se presenta en dos formas la D2 —llamada ergocalciferol— derivada del colesterol sintetizado a partir del consumo de vegetales, y D3 o colecalciferol proveniente del colesterol vía 7-dehidrocolesterol propio de fuentes animales, no obstante el organismo puede sintetizar suficiente vitamina D gracias a la radiación solar.

En lo expresado se sugiere que la Vit D, se encuentran de forma natural en algunos alimentos o puede ser sintetizada a partir de los aportes sustanciales de ellos, no obstante son cantidades limitadas, siendo la fuente fundamental la piel al exponerse a rayos ultravioleta, por lo que la incorporación al organismo humano —mediante la alimentación—, debe permitir concentraciones a nivel del torrente sanguíneo adecuadas para el sostenimiento de las funciones en que interviene, así como complementar la producción que tiene lugar ante la exposición

a la luz solar, sin embargo, no se debe obviar que cantidades por encima de 150  $\mu\text{g}/\text{ml}$  son tóxicas, pero la presencia y actuación de la melanina presente en los melanocitos, evita el envenenamiento por exceso de síntesis y daño al ADN de las células expuestas a la luz solar, con una actuación protectora, cuyo resultado se evidencia en el color de la piel.

Así, la pigmentación de la piel resulta de una presión evolutiva protectora, es decir, la melanina filtra los excesos de radiación Uv que conjuntamente con las incorporaciones a través de la dieta, pudieran provocar estados tóxicos o de envenenamiento en el individuo, ya que dosis elevadas de calciferol y de sus derivados conducen a un aumento de los niveles de calcio plasmático, de lo cual resultan una serie de trastornos ocasionados por calcificaciones de los vasos sanguíneos, los riñones y otros órganos, de ahí el predominio de la pigmentación oscura en la piel de los habitantes o razas humanas originadas y que habitan en los trópicos, en contrapartida al predominio natural con piel e incluso ojos y cabellos claros de los que habitan o razas originadas en zonas geográficas comprendidas entre los trópicos y círculos polares, es de destacar que en países tropicales una deficiencia de esta vitamina es excepcional o muy rara.

Un funcionamiento adecuado del organismo humano se logra con hasta 50 UI  $-1 \mu\text{g}$  de calciferol = 40 UI de vitamina D—, estableciéndose valores de consumo dietético de referencia según grupos de edades —con independencia a la síntesis que tiene lugar a nivel de la piel—, se establecieron valores de recomendaciones

de 5 µg de colecalciferol desde el nacimiento hasta los 50 años de edad y 15 µg después de los 65 años de edad. (Hernández Triana, y cols, 2008)

Las principales fuentes de vitamina D son de origen animal, e incluyen los aceites de hígado de pescado, el pescado fresco, el pescado en conservas en aceite, la yema de huevo, el hígado de cerdo, carnero y res, la mantequilla y el queso crema.

- Vitamina E (Tocoferol)

Es un potente agente antioxidante de la fase lipídica del organismo, particularmente las membranas celulares, en las que los fosfolípidos poseen afinidad con su forma biológica activa –D-α-tocoferol– muy concentrada en sitios como la membrana plasmática, la membrana de la mitocondria o el retículo plasmático (Nenzil & Weber, 2001), además actúa sobre varias especies de radicales libres. Es un lípido isoprenoide sustituido, de la familia de los tocoferoles, consiste en una mezcla de fenoles liposolubles caracterizados por una cabeza aromática de cromanol y una cadena lateral de 16 átomos de carbono. Los tocoferoles tienen una cola de hidrocarburo saturada, mientras que los tocotrienoles son sus análogos farnesilados y presentan una cola isoprenoide insaturada. Su forma biológicamente activa es el D- α tocoferol, cuyo hidroxilo fenólico en el anillo de cromano, responsable de la reducción antioxidante.

Su función principal es prevenir la oxidación de los ácidos grasos poliinsaturados, así, los tocoferoles actúan interrumpiendo



reacciones de cadena con radicales libres, como resultado de su capacidad de transferir el hidrógeno fenólico a un radical peroxilo libre, quedando, a la vez, en la forma de radical libre fenoxi o fenoxilo, en reacciones intermedias no reversibles que presuponen la transformación de la vitamina hasta su producto final inocuo: por lo cual la ingestión de esta vitamina guarda estrecha relación con la cantidad de estos ácidos grasos en la dieta. Se recomienda que cuando se eleve la ingestión de ácidos grasos poliinsaturados, se eleven en correspondencia los niveles de ingestión de tocoferoles.

Los estados carenciales de vitamina E son raros. En estudios colaborativos internacionales se ha estimado el intervalo de ingestión de dicha vitamina entre 3,0 y 15,4mg/ día, por su parte Hernández Triana y cols (2008) proponen una ingestión de esta vitamina para niños menores de 1 año de edad de 4-6  $\alpha$ -ET (ET: equivalente a-tocoferol), 6-7  $\alpha$ -ET de 1 a 9 años de edad, 11  $\alpha$ -ET de 10 a 13 años y 15  $\alpha$ -ET de 14 años en adelante.

Las fuentes más importantes de tocoferoles son de origen vegetal aceites de soya o soja (*Glycine max*), maíz (*Zea maíz*), el cacahuete común, cacahuete o maní (*Arachis hypogaea*), algodón (*Gossypium spp*) y girasol (*Helianthus annuus*, llamado comúnmente girasol, calom, jáquima, maravilla, mirasol, tlapolote o maíz de teja), así como los productos elaborados con ellos. El aceite de palma (*Roystonea regia* o de *Phoenix dactylifera*) y el de salvado de arroz (*Oriza sativa*), son fuentes muy ricas de tocotrienoles con una débil actividad como vitamina E, pero

que actúan como antioxidantes y proporcionan estabilidad contra la oxidación.

Por su parte los guisantes secos como el chícharo (*Pisum sativum*), el garbanzo (*Cicer arietinum*) y la lenteja (*Lens culinaris*), así como el germen de los cereales como el trigo (*Triticum spp*), la avena (*Avena sativa* y *Avena bizantina*) y el arroz integral, son poseedores de esta vitamina. Fuentes de origen animal son la mantequilla y el huevo entero. Debe tenerse en cuenta que los métodos de cocción dañan la vitamina E por ser muy sensible al calor, descomponiéndose a formas fisiológicamente inactivas.

- Vitamina K (naftoquinonas o filoquinonas).

Los compuestos con actividad de vitamina K son esenciales para la formación de protrombina y otras proteínas que intervienen en la coagulación sanguínea. Además es necesaria para la síntesis de otras en el plasma, hueso y riñón. En condiciones normales, se produce en el intestino humano a partir de la acción de bacterias y su ausencia puede provocar hemorragias, los síntomas de deficiencia de esta vitamina son trastorno en la coagulación.

Estudios recientes parecen indicar que ingestiones de 1 µg/kg/día vitaminas K resultan suficientes para mantener el tiempo normal de coagulación en el adulto. De acuerdo con esto las recomendaciones de ingestión diaria de esta vitamina pueden fijarse en 65 y 55 µg/día para hombres y mujeres respectivamente. (Hernández Triana, y cols, 2008)

Los vegetales de hojas verdes son las fuentes más ricas de

vitaminas, ya que aportan entre el 50 y 800  $\mu\text{g}/100\text{g}$ . Cantidades pequeñas pero significativas también se encuentran en la leche, carnes, los huevos, cereales y las frutas (1 a 50  $\mu\text{g}/100\text{g}$ ).

- Vitamina B<sub>1</sub> (tiamina).

Es esencial para el buen funcionamiento de los sistemas muscular y nervioso, ya que aporta el pirofosfato de tiamina (TTP), coenzima en la reacción catalizada por la piruvato deshidrogenasa, actuante en la incorporación química del ácido pirúvico a Acetil CoA, paso decisivo para la utilización energética de la glucosa, es soluble en agua e insoluble en alcohol, ocurriendo su absorción en el intestino delgado —yeyuno, íleon— como tiamina libre y/o como difosfato de tiamina (TDP), especialmente en presencia de vitamina C y ácido, pero inhibida por la presencia de etanol (alcohol) al competir este por los sitios de absorción en el organismo.

El requerimiento diario de esta vitamina se encuentra en estrecha relación con la intensidad del metabolismo energético, por ello, el beriberi es la enfermedad y consecuencia de la deficiencia de tiamina dada la necesidad del uso de la glucosa como combustible metabólico por el tejido nervioso, por otro lado, el consumo de alcohol al parecer, produce un incremento en sus requerimientos dada la afección que sufre la actividad de la enzima transcetolasa en alcohólicos, así una recomendación de 0,5 mg/1000 kcal (4200 kJ) garantiza un estado nutricional adecuado para la tiamina. (Hernández Triana, y cols, 2008)

La tiamina se descompone fácilmente en soluciones no acidificadas y con los procesos de preparación y conservación de alimentos se pueden producir pérdidas de un 25% en las relaciones habituales, por su parte, los cereales integrales, las leguminosas, las nueces y la levadura son considerados alimentos ricos en vitamina B1. Entre los alimentos de origen animal se encuentran las vísceras —corazón, hígado, riñón— y la carne de cerdo. Cantidades moderadas se pueden encontrar en las frutas, las verduras y las viandas.

- Vitamina B<sub>2</sub> (riboflavina).

Es el componente principal de los cofactores FAD y FMN, ambos actuantes como grupos prostéticos de enzimas del tipo de las flavoproteínas que catalizan reacciones de óxido-reducción en las células y participan como transportadores de hidrógeno en el sistema de transporte electrónico mitocondrial. Además actúan como coenzimas de deshidrogenasas que catalizan las oxidaciones iniciales de los ácidos grasos y de varios productos indeterminados del metabolismo de la glucosa. De modo particular el FMN permite la conversión de la piridoxina (vitamina B<sub>6</sub>) en su forma funcional, fosfato de piridoxal, mientras que el FAD es necesario para la biosíntesis de la vitamina niacina a partir del aminoácido triptófano.

En el humano la carencia exclusiva de riboflavina constituye un hecho poco frecuente. Se encuentran deficiencias secundarias de esta vitamina en enfermos de pelagra y en grupos que consumen

dietas excesivamente pobres en proteínas. La piel y el sistema nervioso son particularmente afectados por la deficiencia de la vitamina B2. Como en el caso de la tiamina, la riboflavina se encuentra en estrecha relación con la intensidad del metabolismo energético.

Una recomendación de 0.6 mg/1000 kcal (4200 kJ) ofrecen un margen de seguridad adecuado. En el adulto se recomienda una ingestión mínima de 1,5 mg/d. (Hernández Triana, y cols, 2008)

La forma habitual de preparación de los alimentos ocasiona pérdidas del 20 al 75% de su contenido de riboflavina. La luz y la cocción en recipientes abiertos avalan estas pérdidas.

Las vísceras, las carnes, la leche, el queso, los huevos, las leguminosas, los vegetales de hojas y las levaduras son buenas fuentes de vitamina B2. Los cereales no refinados contribuyen con cantidades importantes de esta vitamina a la dieta.

- Vitamina B3 (Niacina o ácido nicotínico).

Es una vitamina de acción amplia y en correspondencia con las funciones que realiza en el metabolismo, principalmente en el tracto gastrointestinal, la piel, el sistema nervioso. La pelagra es la enfermedad característica de la deficiencia de ácido nicotínico.

Una relación especial existe entre el metabolismo proteico y el metabolismo de la niacina. Por conversión de triptófano dietético y gracias a la presencia de otras vitaminas como riboflavina y

piridoxina, puede sintetizarse niacina en el organismo; 60 mg del triptófano dietético aportan como promedio 1 mg de niacina. A partir de esta relación se establece el equivalente de niacina (EN): 1 EN = 1 mg de niacina = 60 mg de triptófano dietético. (Hernández Triana, y cols, 2008)

Es usual que las recomendaciones de niacina se expresen en función del aporte calórico, como consecuencia de la aparición de los cofactores NAD y NADP en las funciones de las enzimas respiratorias. Por su parte las dosis excesivas de niacina (aproximadamente 50 mg) desencadenan efectos farmacológicos independientes de su función fisiológica, dentro de los que se encuentra vaso dilatación de los vasos sanguíneos periféricos.

Son buenas fuentes de niacina por su alto contenido triptófano, las carnes, los pescados, los huevos, los productos lácteos, las leguminosas y el maní. Los cereales pueden aportar cantidades importantes de niacina, por su habitual alto consumo. El pulido y el refinamiento a que son sometidos los cereales reducen notablemente el contenido de esta vitamina.

- Vitamina B<sub>6</sub> (piridoxina).

Es una vitamina hidrosoluble, que se elimina a través de la orina, y se ha de reponer diariamente con la dieta, no obstante en raras ocasiones se presentan deficiencias aisladas en el hombre. Los trastornos más importantes de su deficiencia se manifiestan en la piel, y pueden presentarse también otras alteraciones como astenia, anorexia y neuritis.

Los requerimientos diarios de piridoxina del hombre se encuentran alrededor de 2 mg, cantidad de esta que, habitualmente, es cubierta con la dieta normal. Estos requerimientos se elevan con el esfuerzo físico y durante el crecimiento rápido. Existe una correlación positiva entre requerimientos proteicos y de esta vitamina. Basándose en datos de encuestas dietéticas ha sido posible establecer una cifra tentativa de recomendación de 0,02 mg de vitamina B6 por gramo de ingestión proteica. (Hernández Triana, y cols, 2008)

Las piridoxina tienen en el mundo vegetal y animal una alta distribución. Las fuentes más ricas son los cereales (el trigo, el arroz, la avena, el maíz sobre todo sí son integrales); las vísceras (el hígado); las carnes frescas de res, el pescado y el cerdo; los embutidos, las leches y los vegetales verdes.

La actividad física intensa y prolongada aumenta la apetencia orgánica de las vitaminas B1 (tiamina), B3 (riboflavina) y la B6 (Piridoxina), como consecuencia de un incremento del recambio tisular y demandas al metabolismo energético con incremento de las concentraciones de enzimas mitocondriales en las que actúan como cofactores.

- Vitamina B<sub>12</sub> (cobalamina).

La anemia perniciosa es una enfermedad asociada a la deficiencia de cobalamina, aunque la produce la incapacidad del enfermo para utilizarla en la dieta debido a la falta de un factor intrínseco en las secreciones gástricas, por ello se establece una estrecha

relación entre la vitamina, denominada factor extrínseco, y el factor intrínseco, una mucoproteína gástrica que enlaza la cobalamina para su absorción, por otra parte, la vitamina B<sub>12</sub> producida por la flora bacteriana gastrointestinal aparentemente no está a disposición del metabolismo, condición que determina una dependencia del aporte exógeno a través de la ingestión de carnes que la acumulan o de vegetales contaminados con microorganismos.

Las cantidades de esta vitamina presentes en las dietas de los adultos, medidas en los alimentos cocinados, difieren de un grupo poblacional a otro. De hecho, poblaciones con dietas de altas proporciones de proteínas de origen animal tienen los más altos niveles de ingestión —2,7 – 31,6 µg/día— y las poblaciones estrictamente vegetarianas ostentan los niveles más bajos —0,25 – 0,4 µg/día—. La anemia por deficiencia de vitamina B<sub>12</sub> es más frecuente en países con una media de ingestión per cápita menor que 0,4 µg/día, y se encuentran raramente en regiones donde este valor es superior a 0,7 µg/día. (Hernández Triana, y cols, 2008)

Estudios sobre requerimientos de vitamina B<sub>12</sub> (Nenzil & Weber, 2001) han inducido una disminución ostensible de las cifras recomendadas para su ingestión dietética diaria, basada en datos más apropiados sobre el recambio de esta vitamina en el adulto, nuevos resultados sobre la respuesta clínica al suministro de la misma y algunos datos sobre la ingestión en niños con niveles plasmáticos bajos y normales de esta vitamina.



Sin embargo, se debe tener presente que durante la cocción se producen pérdidas de vitamina B<sub>12</sub> que varían entre menos de un 10% y más de un 90%, por lo que los estimados obtenidos a partir de tablas de composición de alimentos son, en general, aproximaciones bastantes inexactas.

La leche de vaca pierde aproximadamente durante la pasterización alrededor del 10% de esta vitamina. Su ebullición durante 5 min produce una destrucción del 30%, y durante el proceso de deshidratación desciende a un 90%. Si se añade ascorbato a la leche para reducir las pérdidas de folatos, se incrementara aún más la destrucción de la vitamina B<sub>12</sub>.

Existe poca información de la biodisponibilidad de esta vitamina en las fuentes dietéticas. Para sujetos normales, se asumen que sea completa en alimentos como el hígado, carnero y pollo. Sin embargo, la vitamina presente en el huevo se absorbe muy poco (40%). En los individuos con una pobre secreción gástrica ácida disminuye de manera notable. Buenas fuentes de vitamina B<sub>12</sub> son las vísceras, las carnes de res aves y pescado, las leches enteras y las leguminosas.

- Ácido fólico (folatos) o Vit B<sub>9</sub>.

El ácido fólico, vitamina B<sub>9</sub> o folato son términos con los que se nomina a una misma vitamina del llamado Complejo B, sin embargo, el primero designa como regularidad a un suplemento artificial de los folatos, productos contenido en alimentos naturales de especie química perteneciente a los

pterinos, aislados originalmente de verduras de hoja verde, de aquí su designación derivada de la palabra latina folium (hoja).

Constituye una sustancia con reservas exiguas en el organismo humano, que conjuntamente con la incapacidad de su síntesis por aquellos, determina una necesidad de consumo diario, bajo riesgo de manifestaciones severas de deficiencia en un tiempo relativamente corto luego del cese de su ingestión. Su importancia nutricional se encuentra relacionada con la capacidad para donar y captar fragmentos de carbono en las reacciones del metabolismo de nucleótidos y aminoácidos, así como la síntesis de proteínas y actuar en la reacción de la metionina (transformación de homocisteína en metionina).

En los casos de deficiencia de folatos se producen alteraciones de la síntesis y reparación del ácido desoxirribonucleico (ADN), lo que los convierte en agentes de peculiar importancia para la división celular y el crecimiento, y se reconoce que los grados de deficiencia, que no son lo suficientemente graves como para producir anemia, están asociados con el aumento de los niveles del aminoácido homocisteína en sangre identificando funciones relacionadas con la salud cardiovascular y el desarrollo de enfermedades tumorales.

La ingestión media observada de ácido fólico en varios estudios realizados en países desarrollados muestra cifras de alrededor de 170  $\mu\text{g}/\text{día}$ , sin embargo, para un hombre normal se estima un requerimiento basal de folatos de 60  $\mu\text{g}/\text{día}$ , existiendo poca información sobre la ingestión de esta vitamina en países

en desarrollo, aunque se asume que los valores de ingestión deben ser más bajos debido a la elevada incidencia de anemia megaloblástica. (Hernández Triana, y cols, 2008)

Debe tenerse en consideración que a pesar de que el folato esta presente en muchas fuentes de origen animal y vegetal, el calor a que se someten los alimentos durante el proceso de decocción hace que se pierda casi la totalidad de esta vitamina e incluso existe una desventaja adicional al folato natural o contenido en los alimentos y estriba en su bajo índice de absorción, labilidad y fácil oxidación, con pérdidas de hasta un 95% durante el proceso de almacenamiento de los vegetales frescos a temperatura ambiente.

Las mejores fuentes dietéticas de ácido fólico son el hígado, las carnes, el huevo entero, riñón, carne de res magra, las leguminosas, los cereales integrales, vegetales de hojas verde oscuro frescos, guisantes, maní, papas, pan de trigo blanco, algunas frutas secas (nueces, almendras), las viandas como la papa (*Solanum tuberoso*), la calabaza (*Cocurbita* spp, también conocida como ayote, zapallos —sólo las especies comestibles—, calabacines, auyamas) y el boniato o batata (*Ipomea batata*), los vegetales, como el quimbombó (*Abelmoschus esculentus*, otras nominaciones populares son chimbombó, gombo, molondrón, oca u okra y bamia), el berro (*Nasturtium officinale*), el nabo (*Brassica rapa*), los pimientos, ají o chile (*Capsicum* spp) y los tomates, jitomates o tomatara (*Solanum lycopersicum* o *Lycopersicum esculentus*) y diversa frutas como el plátano

(*Musa paradisiaca*), los cítricos y el melón (*Cucumis melo*).

Algunos medicamentos como los antiinflamatorios no esteroideos, metrotexate, aspirina, aminopterín, anticonceptivos orales y sustancias como el etanol y el cigarrillo inhiben la enzima folato conjugasa.

Una medida práctica de mejorar la biodisponibilidad de esta vitamina es consumir los vegetales frescos, sin cocinar.

- Vitamina C (ácido ascórbico).

La vitamina C o L-ascorbato, constituye un derivado ácido de la glucosa, siendo esencial su consumo en la dieta para el hombre —y los primates en general, además de cobayos, murciélagos y algunas aves y peces— caracterizándose por su solubilidad en agua y su alta demanda por el organismo.

Presenta una configuración de lactona —compuesto orgánico del tipo éster cíclico, resulta de la condensación de un grupo alcohol con un grupo ácido carboxílico en una misma molécula—, por razón de la menor tensión en los ángulos del compuesto, en la que los grupos hidroxilos asociados al doble enlace funcionan como agentes con alto potencial reductor, esto le permite la reducción directa del oxígeno, funcionando así como sustrato donante en las reacciones de las peroxidasas.

Por ello, su acción molecular la coloca a un nivel de antioxidante de alta jerarquía, al inhibir la formación de radicales superóxido, o de nitrosaminas en el proceso digestivo, constituyendo además agente que reduce los radicales fenoxilo formados durante la

actividad vitamínica E, restableciendo a esta última.

Conjuntamente con la vitamina E y A, son clasificadas como antioxidantes interruptores, al actuar en la detención de la reacción en cadena de formación de radicales libres, los atrapa y reduce, a diferencia de los antioxidantes preventivos —entre los que se encuentran las enzimas peroxidasas—, que evitan la iniciación de la secuencia de reacciones. Constituye el más importante antioxidante del plasma sanguíneo humano y por lo tanto, puede ser un factor fisiológico determinante para neutralizar la liberación de oxidantes en la sangre.

Además de la participación ya descrita en el metabolismo intermediario, está relacionada con la síntesis de colágeno, participa en el metabolismo de la norepinefrina, el triptófano, la tirosina, el ácido fólico, la histamina, las hormonas esteroideas y los ácidos biliares. Por su capacidad reductora es capaz de proteger algunas enzimas muy lábiles, favorece la absorción intestinal del hierro no hemínico —siempre que se ingiera de manera simultánea—. Ingestiones diarias de 25 y 100 mg pueden incrementar entre dos y cuatro veces la absorción de hierro.

La ingestión diaria mínima de esta vitamina capaz de prevenir la aparición de los signos clínicos del escorbuto se encuentra entre 6,5 y 12 mg, tanto para adultos como para lactantes. La utilización tisular de ácido ascórbico marcado ha sido calculada en  $21,5 \pm 8,1$  g/día. Para garantizar una función adecuada del organismo humano, incluyendo la posible influencia de factores que pueden aumentar la demanda de vitamina C, como el estrés

y la actividad física intensa, y teniendo en cuenta la importancia de esta vitamina en el mejoramiento de la absorción intestinal del hierro no hemínico y las pérdidas considerables que pueden presentarse en la preparación de los alimentos.

Se recomiendan 25-30 mg para niños menores de 1 año y 30-40 mg para niños mayores y adolescentes. Con el objetivo de fomentar la acción antioxidante de este nutriente, se recomiendan 75 mg para las mujeres y 90 mg para hombres; para embarazadas 100 mg y para mujeres que lactan 120 mg. A causa del elevado estrés oxidativo de los fumadores se recomienda en ellos una adición de 35 mg. (Hernández Triana, y cols, 2008)

En los alimentos, dicha vitamina se destruye fácilmente por oxidación. Este efecto se acentúa con el calor, el medio alcalino y la presencia de metales pesados. Para una comida promedio pueden calcularse pérdidas aproximadas de un 45%. Si las comidas están compuestas solamente por alimentos cocinados, las pérdidas pueden elevarse a un 60%. Estas reducciones deben tomarse en cuenta en la evaluación de las comidas, ya que las tablas de composición de alimentos la mayor parte de las veces ofrecen el contenido vitamínico del producto crudo.

Según lo anterior, se recomienda que los vegetales y las viandas se cocinen al vapor, en recipientes tapados y, preferiblemente, enteros, ya que al fraccionarlos aumenta la superficie de exposición al aire, favoreciendo la oxidación de la vitamina.

Las fuentes más confiables de vitamina C son las frutas, ya que se consumen por lo general crudas y frescas. Entre las de mayor

contenido —por 100 g de la parte comestible— se encuentran: la acerola (*Crataegus azarolus*) 1790 mg, la guayaba (*Psidium guajava* spp) 218 mg, el marañón o cajú (*Anacardium occidentale*) 219 mg, el mamoncillo (*Melicoccus bijugatus*) 72 mg, la fresa o frutilla (*Fragaria* spp) 70 mg, el mango (*Mangifera indica*) difiriendo de acuerdo al grado de madurez del siguiente modo, verde: 128 mg y maduro: 53 mg, la piña (*Ananas* spp) 61 mg y las frutas cítricas, que aportan entre 40 y 60 mg, aproximadamente.

Otros vegetales, como el pimiento, ají o chile (*Capsicum* spp) 200 a 255 mg, aproximadamente, el tomate (*Lycopersicon esculentum*) 20 a 40 mg, el perejil (*Petroselinum crispum*) 134 mg, la col (*Brassica oleracea*) 51 mg y la acelga (*Beta vulgaris* var. *Cicla*) 61 mg, son también fuentes importantes en la dieta. Entre las raíces y tubérculos la contribución de la papa (*Solanum tuberosum*) 40 mg, el boniato o batata (*Ipomoea batatas*) 33 mg y la yuca o mandioca (*Manihot esculenta*) 34 mg, importantes cuando se consumen en abundancia, como ocurre en la cultura alimentaria africana, donde la yuca es un alimento básico.

- Biotina (vitamina H, vitamina B7 o vitamina B8).

La biotina es un compuesto vitamínico azufrado, constituyente integral de algunas enzimas transportadoras de grupos carboxilos (se liga a residuos de lisina en las enzimas carboxilasas dependientes del bicarbonato), a diferencia de otras vitaminas, tiene la peculiaridad de ser sintetizada en el organismo por la microbiota intestinal y juega un importante papel en la síntesis de los ácidos grasos.

Sus funciones se encuentran correlacionadas con el transporte activo de  $\text{CO}_2$ , siendo una coenzima que interviene en las reacciones de:

- Piruvato carboxilasa (gluconeogénesis)
- Acetil-CoA-carboxilasa (síntesis de ácidos grasos)
- Propionil-CoA-carboxilasa ( $\beta$ -oxidación de ácidos grasos de cadena impar)

Hasta el presente no existen resultados concluyentes sobre los requerimientos de estas vitaminas que justifiquen el establecimiento de una recomendación. Los casos de deficiencias de estas vitaminas son extremadamente raros, ya que la dieta habitual suele cubrir, con un amplio margen de seguridad, los niveles de ingestión propuestos.

Entre los alimentos que contienen biotina se halla el hígado de res, el pollo, y el pescado, huevo entero, los guisantes, el maní, el chocolate, los cereales integrales como la col y la coliflor (*Brassica oleracea* var. *Botrytis*), las frutas cítricas y los vegetales de color verde intenso.

- Ácido pantoténico o Vit B<sub>5</sub>.

El ácido pantoténico (Vitamina B<sub>5</sub>) es componente de la molécula acetil-CoA, la cual desempeña un papel fundamental en el metabolismo intermediario, por su participación con carácter esencial en la reacción de oxidación de los ácidos grasos y en la oxidación del ácido pirúvico.

Fuentes del mismo son las carnes de res, cerdo y pollo, las



vísceras, especialmente del cerdo, la leche entera, los embutidos, la yema del huevo, las leguminosas y los cereales integrales, el maní, la col, la coliflor, las viandas como los papas y el boniato, y las frutas como el plátano.

## **Factores modificadores de la incorporación de vitaminas (Hernández Triana, M. y cols, 2008)**

Existe un número de factores incidentes en la cotidianidad de los seres humanos que interfieren en el buen estado nutricional y vitamínico, al extremo que se puede afirmar que los mismos son antagónicos a la incorporación de las vitaminas. Algunos de ellos son:

1. El tabaco y las drogas: sería conveniente triplicar el aporte de vitamina C para poder desintoxicar el organismo de los efectos nocivos de estas sustancias.
2. El alcohol: disminuye el apetito por lo que puede producir carencias de vitaminas del grupo B.
3. El estrés: la tensión emocional y psíquica producen un aumento de adrenalina en nuestro organismo que consume gran cantidad de vitamina C.
4. Antivitaminas: algunas sustancias en los alimentos actúan inactivando o limitando la absorción de vitaminas en el intestino humano, la más conocida es la tiaminasa, que destruye a la Vit. B1 con efectos demostrados en animales alimentados con los mismos.
5. El dicumarol de acción negativa sobre la vitamina K y causante de hemorragia en el ganado.

6. Las peroxidadas de alimentos vegetales afectan a la Vit. C.

Sin embargo, no se ha demostrado fehacientemente que las antivitaminas sean un problema grave en los seres humanos.

Los medicamentos (Viviant, 2004):

1. Los antibióticos y laxantes destruyen o alteran la microbiota intestinal.
2. Los aceites minerales (vaselina líquida) tienden a atrapar los nutrientes solubles en grasas (vitaminas A, D, E y K) interfiriendo con su absorción.
3. El uso prolongado de aspirina puede causar carencia de ácido fólico y vitamina C.
4. Pastillas anticonceptivas pueden afectar el estado nutricional; interfiriendo con la absorción de la vitamina B6 y el ácido fólico.
5. Los estrógenos (anticonceptivo femenino) repercuten negativamente en la disponibilidad de la mayoría de las vitaminas.
6. Una terapia prolongada a base de antibióticos puede desarrollar deficiencia de vitamina K.
7. Los anticonvulsivos y los inhibidores de la absorción de colesterol (colestidamina y colestipol), interfieren con la síntesis de vitamina D y la absorción de ácido fólico.

Por otra parte, los jóvenes, los ancianos, las personas sometidas a estrés y quienes padecen de alguna enfermedad —crónica o no— conforman los mayores grupos de riesgos de sufrir deficiencias vitamínicas, aunque existen factores que elevan o disminuyen

los requerimientos diarios de las mismas, por ejemplo:

1. Las necesidades de tiamina y niacina aumentan al incrementarse el consumo de glúcidos y bebida alcohólicas.
2. Las proteínas elevan los requerimientos de B2 y B6.
3. El requerimiento de vitamina E depende del consumo de ácidos grasos poliinsaturados.
4. Un suministro alto de leucina eleva los requerimientos de niacina y mientras que el de triptófano los reduce.
5. La ingestión de grasas oxidadas aumenta los requerimientos de biotina, así como de la clara de huevo, ya que el contenido de avidina de esta última exige mayor suministro de la vitamina.
6. La terapia con isoniacida —fármaco antituberculoso— genera deficiencia de vitamina B6 y neuropatías, efectos que también se manifiestan a largo plazo por el uso de la penicilina y los contraceptivos esteroideos.

## **Minerales**

El organismo humano muestra sensibilidad a las variaciones de la composición mineral del medio interno bajo el impacto de diferentes factores estresantes de su fisiología, con manifestación en alteraciones de sus procesos bioquímicos. No obstante, si existe una amplia ingesta de artículos alimentarios diarios, sus necesidades son satisfechas, salvo en los casos particulares en los que el suelo o las aguas subterráneas porten cantidades insuficientes o excesivas de una determinada sal, generalmente un microelemento, y la región sea la fuente originaria de los

diferentes alimentos, en tal caso dicha variabilidad alimentaria puede ser insuficiente o perjudicial por excesos.

Por ejemplo,

1. En zonas montañosas o continentales cuyos habitantes tienen un pobre contacto con los productos marinos u otros alimentos portadores, el yodo llega a faltar en la dieta, produciéndose la alteración de la síntesis de hormonas de la glándula tiroides con trastorno del metabolismo energético;
2. El déficit de hierro y de cobre provocan la alteración del proceso hemapoyético, mientras que la escasez de flúor conduce a la destrucción del esmalte de los dientes (Menshikov y Vollkov, 1990);
3. La anemia es característica de las deficiencias de hierro, cobre y cobalto, y constituye una manifestación de las intoxicaciones por molibdeno, selenio y zinc;
4. Anomalías en el tamaño, forma, resistencia y composición de los huesos, expresados, en ocasiones, mediante deformaciones del esqueleto, se presentan como consecuencia de la deficiencia en la dieta de vitamina D, cobre, manganeso, zinc, calcio y fósforo;
5. La deficiente incorporación a través de la dieta de calcio y, por tanto, la insuficiencia de iones de este mineral en la sangre y líquido tisular provocan contracciones tetánicas.

De lo expresado se desprende que la necesidad de minerales en la dieta es una condición de supervivencia y calidad de vida

del organismo, y en general, su requerimiento depende de varios factores, entre los que se encuentran: la edad, el sexo, la actividad muscular y las condiciones del medio ambiente, por ejemplo, niños y mujeres gestantes necesitan un suministro adicional de calcio y fósforo; mientras que para los atletas hay un notable requerimiento de potasio, sodio, calcio, hierro y fósforo. En particular, variaciones de la concentración de potasio y sodio provoca afecciones del automatismo del corazón y de sus propiedades contráctiles, con disminución de su ritmo y fuerza cardíaca, así como de su excitabilidad y conductibilidad. (Zimkin, 1975)

En la actualidad se consideran 22 elementos minerales como esenciales para las formas superiores de vida animal. Comprenden 7 tipos principales con necesidades relativamente masivas de incorporación (macrominerales o macroelementos) respecto al resto del grupo (microminerales o microelementos), entre los primeros encontramos: al calcio, fósforo, potasio, sodio, cloro, magnesio y azufre; y 15 oligoelementos o minerales tipo traza —se encuentran en cantidades que representan menos del 0,01% del peso corporal total—, son: hierro, yodo, zinc, cobre, manganeso, cobalto, molibdeno, selenio, cromo, estaño, vanadio, flúor, silicio, níquel y arsénio, todos los cuales se presentan en las células y tejidos formando combinaciones químicas funcionales, que varían según la concentración presente y sus características como especie química.

Además de los minerales antes citados, se presentan otros

20 o 30 elementos en concentraciones pequeñas y variables, no asociados a funciones vitales, por lo que su presencia puede considerarse como incidental y reflejo del contacto del organismo con su medio ambiente.

Los minerales participan en las más variadas funciones del organismo, las que pueden resumirse del siguiente modo (Hernández Gallardo & Arencibia Moreno, 2002):

- Componentes estructurales de órganos y tejidos corporales, por ejemplo, calcio, fósforo, magnesio, flúor y silicio forman parte de los dientes; el fósforo y el azufre de las proteínas musculares.
- Actúan como componentes de los líquidos corporales en forma de electrolitos, interviniendo en el mantenimiento de la presión sanguínea, el equilibrio ácido-básico, en la permeabilidad de membrana e irritabilidad y excitabilidad celular; por ejemplo, sodio, potasio, cloro, calcio y magnesio, en sangre, líquido cerebro espinal y jugo gástrico.
- Actúan como catalizadores en sistemas enzimáticos y hormonales, en forma de componentes integrados y específicos de la estructura de metaloenzimas o como activadores menos específicos en tales sistemas.

Para su incorporación al organismo en calidad de nutrientes, deben llegar al intestino en forma de combinaciones asimilables, es decir, capaces de atravesar la pared intestinal, sin embargo, en el proceso de absorción ejerce gran influencia la combinación de compuestos de diferentes clases en la comida, por ejemplo,

la incorporación de calcio se limita por una ingesta excesiva de grasa, dado que los ácidos grasos reaccionan con el ion  $\text{Ca}^{+}$ ; las bebidas alcohólicas o espirituosas ingeridas en exceso, en sus diferentes variantes, interfieren en la absorción de hierro y zinc.

Por otro lado, las combinaciones orgánico-minerales no son absorbibles de esta forma, siendo menos útiles, desde el punto de vista alimentario, que las combinaciones minerales puras, por ejemplo, el hierro contenido en la hemoglobina solo puede ser utilizado luego de su liberación, otro tanto ocurre con el de la proteína ovovitelina y el magnesio de la clorofila, e incluso la absorción del yodo depende de la digestibilidad de la proteína portadora, siendo un hecho interesante el aprovechamiento metabólico del fósforo en la caseína, cuya digestibilidad está condicionada a su lenta liberación del aminoácido serina.

La solubilidad de los cationes es un factor importante en las modificaciones de la digestibilidad de las sustancias minerales, tal es el caso del calcio, el fósforo, el hierro, el cobre; por ejemplo, el calcio del oxalato de calcio contenido en las espinacas y el cacao no resultan particularmente absorbibles, mientras que el del fosfato tricálcico, solo pasa a una forma asimilable si la sustancia de referencia es transformada por el ácido clorhídrico del jugo gástrico o el ácido láctico, derivado de la fermentación de la lactosa, a fosfato bicálcico, que constituye una forma más soluble.

Evidentemente, evaluar el papel de la dieta en la nutrición mineral exige tomar en cuenta la variabilidad individual y que

la acción de los mecanismos homeostáticos pueda proporcionar protección eficaz a corto plazo contra las fluctuaciones dietéticas, esto tiene significado particular en el caso del sodio y el flúor, aunque también con el resto de los minerales. Además, las concentraciones en los líquidos corporales inferiores a los normales de algún elemento, por ejemplo, el cobre, pueden estar condicionado por deficiencias simples o no complicadas del elemento.

Desde un punto de vista general, la dieta vegetal aporta prácticamente todos los minerales necesarios al organismo humano, en ella encontramos abundancia de potasio, sodio, calcio, magnesio, hierro y manganeso, pero la distribución general de estos y otras sales, varía de una especie a otra, e incluso entre los propios órganos de la planta, así las hojas son ricas en calcio, magnesio y silicio; las yemas, las esporas, el polen y las semillas son más bien ricos en fósforo y magnesio; los órganos reservantes de las plantas muy ricos en almidón, contienen mucho potasio; leguminosas como las habas o la soja poseen más calcio que los cereales, quienes la superan en su contenido de silicio.

Por otro lado, los seres humanos necesitan al menos dos elementos minerales que no son necesarios para las plantas: el yodo y el cobalto, su adquisición por ellos desde el vegetal depende de la dosis incidental que aquellos absorban en el suelo de cultivo, vía por la que se incorporan otros minerales, como el selenio o el estroncio, con graves consecuencias para la salud



de ser adquiridos con los artículos alimentarios consumidos.

En general, la utilización de vegetales en la dieta determina una relativa alcalinidad, lo que se vincula al ya citado aporte de sustancias minerales, particularmente las verduras contribuyen a la alcalinidad de los líquidos corporales y al establecimiento de reservas alcalinotérreas capaces de neutralizar los excesos de ácidos —con independencia de la facultad reguladora del equilibrio ácido-básico del organismo—, sin embargo, esta capacidad no es ilimitada y puede agotarse bajo condiciones especiales, por ejemplo, durante un ejercicio físico prolongado y de gran intensidad, existiendo, no obstante, una aptitud natural mayor para neutralizar los ácidos que la expresada para los álcalis.

Tal comportamiento fisiológico representa un vínculo entre la actividad física motora, moderada o intensa, y los procesos de producción de energía, es decir, la demanda energética incrementa la oxidación biológica y con ello la llegada a la sangre de gran cantidad de ácidos fuertes, p.e., ácido láctico, carbónico, fosfórico, entre otros, lo que requiere de respuesta inmediata, la dependencia única de la función renal es relativamente insuficiente dado su lentitud, siendo necesarios entre 10 a 20 horas para normalizar el equilibrio ácido básico por esta vía, pudiendo ocurrir el estado de acidosis.

Así, la reserva alcalina en los deportistas u otros individuos con regímenes especiales de trabajo —mineros, cortadores de caña de elevadísima productividad— tiene importancia

especial, como ya se expresó, en las reacciones metabólicas y particularmente durante la práctica de ejercicios físicos, se forman más productos ácidos que alcalinos, de ocurrir una disminución del pH en un 0,2 respecto al valor del reposo se reduce la velocidad total de la glucólisis por inhibición progresiva de la fosfofructoquinasa, se altera la actividad neuronal en el Sistema Nervioso Central, desarrollando una inhibición protectora, se deteriora la conducción del impulso nervioso a los músculos y sobrevienen estados edematosos a este nivel, produciéndose dolores musculares fuertes, además de un cuadro de náuseas, vómitos y vértigo.

La continuidad del ejercicio, alcanzado este estado, dispara un mecanismo de retroalimentación positiva con incremento de la acidosis, dado que los excesos de ácido láctico provocan la descomposición de los tampones (buffer) de bicarbonato en las células y la sangre, apareciendo excesos de dióxido de carbono con manifestación de estados similares a la confusión y la narcosis.

Evidentemente, la pérdida constante de sales minerales por vía de la orina, el sudor y las materias fecales, deberá equilibrarse por el ingreso de cantidades equivalentes, la ruptura de tal ingreso puede tener un carácter mortal en un plazo relativamente corto, especialmente porque la excreción de desechos metabólicos implica la eliminación de ciertas cantidades de sales para mantener constante el pH de la sangre.

En particular, el sodio y el cloro son de acción importante

para mantener el equilibrio osmótico y el ácido-básico en los líquidos corporales, además de ser elementos de las secreciones digestivas como las del ácido clorhídrico en el estómago y los jugos pancreáticos.

Las necesidades diarias de cloro y sodio son muy variables en relación con las pérdidas ocurridas, particularmente por el sudor, la orina o las heces, así, las personas ocupadas en trabajos pesados o ejercicios físicos prolongados, especialmente en climas cálidos, sufren grandes pérdidas de ambos iones y corren el riesgo de agotar sus reservas en sangre, manifestándose un cuadro sintomático caracterizado por calambres musculares y el llamado “golpe de calor”, expresado en una debilidad extrema, agotamiento, cefalalgia, mareo, náuseas, sudoración profusa, confusión, marcha tambaleante y finalmente pérdida del conocimiento, pudiendo llegar hasta la muerte.

Una práctica generalizada para contrarrestar esta pérdida ha sido la ingestión de tabletas o comprimidos de cloruro de sodio o incluir esta sal en los líquidos que se ingieren, sin embargo, el organismo en entrenamiento deportivo —o regímenes especiales de labor física—, puede lograr el ajuste de sus mecanismos homeostáticos de una manera progresiva por incremento de la secreción de la hormona aldosterona, de tal manera que la pérdida de la sal sería una fracción pequeña de la acaecida antes de lograr la forma deportiva, especialmente si se alcanza el esfuerzo máximo de manera gradual y no en una primera sesión de entrenamiento, situación extensible a las personas

ocupadas en trabajos de extrema rudeza (leñadores, cortadores de caña, entre otros).

Sin embargo, el incremento de la secreción de aldosterona — hormona del sistema endocrino secretada por la corteza suprarrenal, del tipo mineralocorticoide—, aumenta las pérdidas de potasio, por lo que es recomendable la ingestión de jugos de frutas a manera de hidratantes, con lo que se suplen las pérdidas de minerales (particularmente de potasio), se incorporan monosacáridos, disacáridos y vitaminas, logrando el restablecimiento de los líquidos corporales. Una forma agradable de cubrir esta necesidad sería mezclar a partes iguales el jugo de la fruta de preferencia o estación con agua, creando una bebida refrescante isotónica.

- Sodio:

La sal siempre ha sido un condimento muy apreciado. La expresión “eres la sal de la vida” o la palabra “salario” son muestra de ello. Es sabida su función como fijador del sabor en las comidas y por ello es un componente habitual en la preparación de los alimentos. Es un mineral fundamental para el cuerpo humano. Se encuentra en la fase líquida del organismo, fundamentalmente en el medio extracelular, por lo que influye en el control y regulación de los líquidos corporales, ayuda a mantener el volumen sanguíneo y el volumen y osmolaridad del líquido intersticial; conjuntamente con el potasio ayuda a mantener el equilibrio electrolítico entre los líquidos intracelular y extracelular y con ello el Potencial de Membrana en Reposo

(PMR) y la transmisión del impulso nervioso, además interviene en la contracción muscular. Por ello influye mucho en los movimientos de fluidos entre los tejidos y a nivel vascular (de ahí su importancia en el control de la presión arterial).

Entre los alimentos naturalmente ricos en sodio encontramos los mariscos, que en su mayoría concentran más de 150 mg de sodio por cada 100 gramos y algunos, como el pulpo o los langostinos, superan los 300 mg por lo que se consideran alimentos con alto contenido en este mineral, algunos pescados como el lenguado, las sardinas, las anchoas o la merluza, los **derivados lácteos como el** requesón y los quesos fundamentalmente, las **carnes y algunas verduras**, como el apio y la acelga.

El requerimiento mínimo de sodio oscila de 120 mg en los primeros meses de la vida a 500 mg en la adultez, embarazo y lactancia. Estas necesidades pueden ser superiores cuando hay sudoración profusa o en estados patológicos especiales. Una cantidad de 2 g de sodio (5 g NaCl) suministrados con la dieta son más que suficientes para cubrir las necesidades diarias de este mineral. No se recomienda un consumo superior a 2.3 g de sodio al día (5.8g de sal de cocina). (Hernández Triana, y cols, 2008)

- **Fósforo:**

Es un componente de la hidroxiapatita ósea, forma parte de dientes y huesos; así como de enlaces fosfato de energía (ATP, GTP, fosfoqueratina, entre otros), por lo que participa

en el almacenamiento y liberación de energía y es esencial en el metabolismo de lípidos, glúcidos y proteínas; forma parte de la estructura de las membranas celulares (fosfolípidos), y también de otros compuestos como fosfoproteínas, ácidos nucleicos, segundos mensajeros hormonales, AMPc, GMPc y monofosfato cíclico de inositol; interviene en diversas funciones celulares como son la contracción muscular, las funciones neurológicas, la secreción hormonal y la división celular, además de participar en la regulación del pH como tampón.

El 80% de la reserva de fósforo del organismo se encuentran en forma inorgánica en el tejido óseo o localizado a nivel intramolecular en forma de ésteres de fosfato. Sus niveles en sangre muestran una considerable dependencia de la edad del ser humano y se encuentran bajo la influencia de las glándulas tiroides y paratiroides, del calciferol y de la función renal.

La dimensión de la ingestión diaria de fósforo está determinada por la de calcio, por lo que se fijaron niveles de recomendaciones de 200-275 mg para niños menores de 1 año de edad, 500-600 mg de 1 a 7 años de edad, 800 mg por encima de los 7 años y 1000 mg para embarazadas y mujeres que lactan. (Hernández Triana, y cols, 2008)

Sus fuentes son los quesos, la yema de huevo, la leche, las carnes, los pescados, las aves, los cereales de trigo integral, algunas legumbres y vegetales y las castañas (*Castanea spp*).

- **Magnesio:**

Actúa como activador de varias enzimas, particularmente las del grupo de las quinasas y hexoquinas que intervienen en la formación de glucosa-6-fosfato a partir de la glucosa, favoreciendo su utilización en los tejidos, por lo que ejerce una notable influencia en prácticamente todos los procesos orgánicos, interviene en la contracción y la relajación muscular, en la producción y transporte de energía, en la formación de proteínas, debido a que constituye un cofactor de más de 300 enzimas y en la absorción y actuar celular del calcio.

La mayor parte del magnesio del organismo humano se encuentra en el tejido óseo y en el interior de las células musculares. Los niveles de magnesio plasmático son mucho más variables que los de calcio y su ingestión promedio en el ser humano alcanza un nivel máximo tolerable de 65-110 mg/d para niños y 350 mg/d para adultos (Hernández Triana, y cols, 2008)

Producto que el magnesio se encuentra en casi todos los alimentos naturales resulta aún desconocido un estado carencial de origen exógeno para este elemento. Sus fuentes son los cereales de trigo integral, las castañas, la carne, la leche, los vegetales de hojas verde oscuro y algunas legumbres.

- **Hierro:**

En el organismo animal el hierro se encuentra formando parte de los grupos hemínico de la hemoglobina y la mioglobina, así como de la transferrina, ferritina o hemosiderina. Actúa como

coenzima en una gran cantidad de reacciones, especialmente en los procesos de reacción – reducción. Interviene en el transporte del di-oxígeno y el dióxido de carbono por la sangre. Tiene un papel fundamental en la síntesis de ADN y la formación de colágeno. Incrementa la resistencia a las enfermedades.

La anemia por deficiencia de hierro es el problema nutricional que más prevalece en la actualidad, afectando a más de 700 millones de personas. Dicha deficiencia ocurre cuando la cantidad de hierro absorbido a nivel intestinal es insuficiente para cubrir los requerimientos del individuo.

Las necesidades de hierro varían con la edad, el sexo, y la situación absorptiva del mismo y sus reservas. Para cubrir dichas necesidades es necesario considerar la biodisponibilidad del mismo en la dieta. No obstante, los requerimientos diarios de hierro son relativamente bajos, debido principalmente a la intensa economía interna del metabolismo para este mineral. A pesar de que diariamente se liberan alrededor de 250 mg de hierro procedentes de la lisis de los eritrocitos, las cifras de excreción suelen ser inferiores a 1mg diario.

Las pérdidas basales de hierro en el adulto son de aproximadamente 14  $\mu\text{g}/\text{kg}$  de peso corporal por día, lo que significa cifras de 0,9 y 0,8 mg/día para un hombre y una mujer de referencia con peso corporal de 65 y 55 kg, respectivamente. Como la mujer en edad reproductiva puede perder, debido a la menstruación, un promedio diario de 0,4 – 0,5 mg, las pérdidas totales ascienden a 1,25 mg/día. Sin embargo, debe tenerse



presentes que un 25% de las mujeres pierden con la menstruación de 0,8 mg de hierro por día, un 10% más de 1, 3 mg/día y un 5% más de 1,6 mg/día, lo cual incrementa las pérdidas totales de hierro. Mientras que los dispositivos intrauterinos las pueden incrementar en más de un 100%.

La absorción del hierro a nivel intestinal está influenciada por la cantidad y la forma química del hierro suministrado con los alimentos que constituyen la dieta, por el consumo simultáneo de agentes inhibidores y estimuladores, y por el estado absorptivo nutricional del hierro y de salud en general. Debe tenerse presente que el hierro de la leche de vaca se absorbe en un 10-15%.

El hierro hemínico, se encuentra en cantidades relativamente grandes en el hígado, productos de la sangre y carne de res y, en menor proporción en las aves y mariscos, es altamente biodisponible, aunque se absorbe solamente entre un 20 – 30%. Su biodisponibilidad es poco afectada por otros constituyentes de la dieta, el calcio puede interferir en la absorción de hierro, aunque el mecanismo a través del cual el calcio inhibe la absorción intestinal del hierro no es claro, el límite en el cual comienza la interferencia es con aproximadamente 300 mg de calcio.

El hierro no hemínico proveniente de los cereales, las leguminosas y las verduras es menos biodisponible, se absorbe en menos de un 5% y depende de la influencia de otros constituyentes de la dieta así como algunos medicamentos. La ingestión de vitamina C, carnes de res, aves y pescado son capaces de incrementar la

absorción de este hierro no hemínico, pero solo si se encuentran presentes en la misma comida. Por otra parte, sustancias como folatos, poli fenoles —como el tanino presente en el té y, en menor cantidad, en el café— y antiácidos, pueden reducir su absorción.

El consumo diario de estas sustancias debe evitarse cuando el estado nutricional de hierro está comprometido. La absorción de hierro también está influenciada por la concentración de hemoglobina y las reservas corporales de este mineral. El grado de absorción hierro aumenta proporcionalmente a la severidad de su deficiencia.

Se recomienda un suministro mínimo de hierro en la alimentación de 8 mg/d para hombres y 18 mg/d para mujeres pre menopáusicas, con niveles máximos de ingestión tolerable de 40 y 45 mg/d para niños y adultos, respectivamente.

La medida más importante para mejorar la absorción del hierro dietético y farmacológico —hierro no hemínico— es la ingestión simultánea de vitamina C. Sus fuentes son el hígado, las carnes, la yema de huevo, los granos integrales, los vegetales de hojas verde oscuro, los camarones y las ostras.

- **Zinc:**

Los estudios acerca del papel del zinc en la nutrición, datan del siglo XIX cuando en 1869 se reconoció por primera vez su papel esencial para el desarrollo y crecimiento de sistemas biológicos no complejos, no es hasta 1956 cuando se presentan

las primeras referencias de su actuación en humanos, con las manifestaciones patológicas del llamado síndrome deficiencia de zinc caracterizado por: anemia por déficit de hierro, hipogonadismo, enanismo, hepatoesplenomegalia y geofagia.

En los seres humanos se presentan cantidades de zinc entre 1,5 a 2,5 g, y aun cuando constituye un mineral presente en la totalidad de las células, su mayor abundancia tiene lugar en tejidos animales. Así el músculo esquelético y el hueso combinados contienen el 90% del zinc total del organismo, por otro lado, en el músculo, el encéfalo, los pulmones y el corazón las concentraciones son relativamente estables y no responden a las variaciones del contenido del metal en la dieta, mientras que en otros tejidos como el hueso, los testículos, el pelo y la sangre, la concentración tiende a reflejar la ingesta dietética del mismo.

El zinc es un componente de diferentes sistemas enzimáticos, desempeña un importante papel en la estabilización de las membranas, crecimiento y división celular; participa en el plegamiento de los dominios de unión al ADN de los factores de transcripción en eucariotas, incluyendo los factores transcripcionales tipo dedos de zinc —zinc-fingers— y una gran familia de receptores hormonales, como por ejemplo, los receptores de andrógenos; por lo que su condición de esencial se encuentra fundamentado en las funciones de tipo estructural, catalítica y reguladora, en que participa, y son indispensables para muchos sistemas biológicos, para el mantenimiento de la integridad estructural del

ADN y la síntesis de ácidos nucleicos y proteínas, por otro lado, constituye un componente esencial del cerebro, involucrado en la síntesis y liberación de neurotransmisores y en el desarrollo y funciones del sistema nervioso central. Además intensifica la actividad inmunológica del organismo, previene el desarrollo de enfermedades tales como el Alzheimer y la demencia. Favorece el funcionamiento sexual, pero la malnutrición por defecto tiene graves consecuencias a corto y largo plazos en el crecimiento, la función inmune, el desarrollo motor, cognitivo y sexual.

Se encuentra presente en todos los tejidos y fluidos del cuerpo, se estima que su contenido total es de aproximadamente 2 g. El músculo esquelético y el hueso contienen el 90% del total, existen elevadas concentraciones en la coroides del ojo, piel, cabello y en la próstata, mientras que el plasma acumula solo del 0,1 al 0,5%, lo que permite afirmar que es un catión intracelular, del que no se tienen reservas y sus niveles están bajo un estricto control homeostático.

Las fuentes dietéticas más importantes son: carnes, huevo, pescados y mariscos, leche y leguminosas. Las menores cantidades se encuentran en las grasas, aceites, azúcares, alcoholes, vegetales de hojas verdes y frutas, no obstante se reconoce que en general el zinc se encuentra más biodisponible en las fuentes de origen animal que en las de origen vegetal, facilitan su absorción sustancias orgánicas solubles de bajo peso molecular como aminoácidos e hidroxácidos, al actuar como ligandos; también lo favorecen los ácidos grasos, el citrato, picolinato, glutatión

reducido y las prostaglandinas, mientras que la presencia de folatos en los vegetales, particularmente en las leguminosas, la disminuyen.

Entre los factores limitantes son: el procesamiento de los alimentos y la presencia simultánea a nivel intestinal, de distintos iones con acción competitiva por transportadores comunes como hierro, cobre, calcio y cadmio.

Se recomiendan un consumo de 11 mg/d para hombres y 8 mg/d para mujeres, mientras que los niveles tolerable son de 4-5 mg/d para niños durante el primer año de edad, 7 mg/d para niños de 1 a 3 años, 12 mg/d para niños de 4 a 12 años, 23 mg/d entre 9 y 12 años y de 30-40 mg/d para adultos. Su excreción se produce fundamentalmente por vía fecal, a partir de secreciones pancreáticas, biliares e intestinales y de células mucosas descamadas, y en menor cuantía por descamación epitelial y en la orina. (Hernández Triana, y cols, 2008)

- **Calcio.**

Es el ión más abundante en el cuerpo humano, participa en la formación ósea y dentaria, es indispensable para el acoplamiento de la actina- miosina en las miofibrillas esqueléticas y cardíaca durante el proceso contráctil, interviene además en el proceso de coagulación (protrombina a trombina), interactúa con el  $Mg^{++}$  y regular la excitabilidad neuromuscular, participa en la secreción de hormonas. Los síntomas de deficiencia se vinculan a la manifestación de calambres musculares, convulsiones,

fracturas óseas, trastornos de la coagulación, amenorrea, es además responsable de la aparición de sales en el intestino.

En la adolescencia es necesario que exista un balance positivo de calcio para poder alcanzar el pico máximo de masa ósea, pues aunque finalice el crecimiento el proceso de mineralización puede durar tres o cuatro años más. Los valores de ingesta adecuada (AI) se han calculado según las cantidades que proporcionen la máxima retención y eviten el riesgo de osteoporosis en la edad adulta y se han establecido en 1.300 mg/día entre los 9 y 18 años. El nivel máximo tolerable (UL) es de 2.500 mg/día para los menores de 18 años. (Hernández Triana, y cols, 2008)

Entre los alimentos ricos en calcio tenemos la leche y sus derivados, los pescados como anchoas, sardinas, lenguado, salmón, los mariscos como langostinos y gambas, los vegetales de hojas verdes como las espinacas, la col rizada, los berros, la acelga, y el brócoli, el pimiento verde, y algunos frutos secos como las nueces, las avellanas y los pistachos.

- Yodo:

El Yodo es un elemento de singular importancia en la regulación del ritmo del metabolismo oxidativo tisular como consecuencia de su esencial participación en las síntesis de hormonas tiroides. Una deficiencia severa puede comprometer el desarrollo cognitivo de niños y generar bocio en adultos. El cuerpo humano contiene alrededor de 50 mg de Yodo. De ellos aproximadamente de 10-15 mg se encuentra en la glándula tiroides. El requerimiento

diario de yodo es de aproximadamente 150 mcg/día, para los dos sexos y se eleva durante el crecimiento, la gestación y el frío. El nivel máximo de ingestión tolerable es de 200-600 µg para niños desde 1 hasta 13 años de edad y 1100 µg para adultos. (Hernández Triana, y cols, 2008)

Entre las fuentes de yodo tenemos a sal yodada, esta es la principal fuente alimenticia de este elemento, además los mariscos son ricos en yodo de forma natural, entre los pescados tenemos el bacalao, el róbalo, el abadejo y la perca, los productos lácteos y las plantas que crecen en suelos ricos en yodo.

- Selenio:

El selenio fue recientemente incluido en los oligoelementos con recomendaciones nutricionales específicas. Se reconoce una estrecha función antioxidante en conjunto con la vitamina E.

Las principales fuentes del selenio son los productos marinos, vísceras como el riñón y el hígado y, en menor proporción en otras carnes. Su contenido en granos y semillas depende de la cantidad de elemento en el suelo. Las frutas y los vegetales como los guisantes, las lentejas, cacahuates, semillas de girasol, frijoles, mantequilla de maní o nueces contienen, por lo general pocas cantidades de selenio, para niños desde 1 hasta 13 años de edad y 1 000 µg/d para adultos.

- Cobre:

Constituye un cofactor que participa en los procesos de

catálisis de varias metaloenzimas, fundamentalmente las que promueven la oxidación del oxígeno molecular, así tiene una notable participación en la estructura metabólica activa de la citocromo oxidasa participante en la última etapa de la cadena respiratoria.

Su deficiencia en humanos es muy rara, y sus signos clínicos son característicos de la anemia normocítica hipocrómica, leucopenia y la neutropenia. Se recomienda una ingesta de 1  $\mu\text{g}/\text{d}$  para hombres y mujeres, siendo sus niveles máximos de ingestión tolerable de 1-5  $\text{mg}/\text{d}$  para niños desde 1 hasta 13 años de edad y 10  $\text{mg}/\text{d}$  para adultos (Hernández Triana, y cols, 2008)

Entre los alimentos ricos en cobre tenemos los pescados, huevos, hígado, los frutos secos, semillas y frutas deshidratadas como las nueces, las almendras, pasas, avellanas, pistachos, pipas de girasol, entre otros y algunas verduras como el berro.

- Cromo:

Constituye un facilitador de la acción de la insulina. La ingestión recomendada es 35  $\mu\text{g}/\text{d}$  para hombres y 25  $\mu\text{g}/\text{d}$  para mujeres, no se establecen niveles máximos de ingestión tolerable (Hernández Triana, y cols, 2008)

- Arsénico:

Sus funciones biológicas están relacionadas con la síntesis de metabolitos metilados provenientes de la metionina (S-adenosil-met, S-adenosil-homocisteína, taurina) o de la arginina (espermidina,



espermina, putrecsina). Participa en los procesos de síntesis de ADN en linfocitos. Se señala que las necesidades de ingesta por el ser humano se encuentran en el rango de 12-25 µg/d, aunque está relacionado con la ingesta de energía alimentaria. (Hernández Triana, y cols, 2008)

- Boro:

Sus funciones fundamentales en el organismo humano están relacionadas con la formación ósea y las funciones encefálicas y con el desarrollo adecuado de la actividad eléctrica cerebral. Se estableció un nivel máximo de ingestión tolerable para el boro de 3 mg/d para niños de 1 a 3 años, 6 mg/d para niños de 4 a 8 años, 11 mg/d para niños de 9 a 13 años, 17 mg/d entre 14 y 18 años de edad y 20 mg/d para adultos (Hernández Triana, y cols, 2008)

- Níquel:

No se ha descrito ninguna función fisiológica importante del níquel en el ser humano, aunque existen evidencias de que su carencia en animales superiores provoca retraso del crecimiento, alteraciones de la reproducción, de la glucemia y afectaciones en la utilización de otros nutrientes como calcio, hierro, zinc y cobalamina. No obstante se indica un nivel estimado de las necesidades de ingesta de 25 a 35 µg/d, siendo los niveles máximos de ingestión tolerable establecidos de 300 µg/d para niños y 1 000 µg/d para adultos (Hernández Triana, y cols, 2008)

- Silicio:

Se considera que puede tener funciones especiales en la estructura de mucopolisacáridos. La mayor parte del silicio que se ingiere con la dieta se acumula en aorta, tráquea, tendones, huesos y piel y la causa de ello parece estar en los glucosaminoglicanos. Sus funciones principales se encuentran en la formación del tejido óseo, ya que es necesario para la actividad de hidroxilasa de la prolina ósea, enzima fundamental en la formación del colágeno de este tejido. Se ha establecido una recomendación nutricional de 5-10 mg/d, existiendo indicaciones sobre efectos tóxicos. (Hernández Triana, y cols, 2008)

- Vanadio:

Estudios farmacológicos que involucran a este oligoelemento sugieren funciones miméticas con la insulina, efectos estimulantes de la proliferación y diferenciación celular, fosforilación-desfosforilación, efectos inhibidores sobre la movilidad de espermatozoides, cilios y cromosomas, transporte de glucosa e iones a través de membranas plasmáticas, sobre el movimiento del calcio intracelular y sobre los procesos de óxido-reducción. No ha sido identificada una deficiencia de este elemento en humanos y se destaca que una ingestión de 10 µg/d cubra cualquier posible necesidad con un valor máximo tolerable de 1,8 mg/d (Hernández Triana, y cols, 2008)

- **Flúor:**

Previene la incidencia de caries y ayuda a disminuir la pérdida ósea. Sus fuentes son el agua potable, el café, el arroz, la soja, la espinaca, la gelatina, la cebolla y la lechuga. Para el flúor la recomendación de ingesta se ha basado en las cantidades con las que no se presentan caries dentales en la infancia y adolescencia y en correspondencia se indican 2 mg/día entre 9 y 13 años y 3,2 mg/día entre los 14 y los 18 años. (Hernández Triana, y cols, 2008)

- **Cobalto:**

Es esencial para el normal funcionamiento de todas las células, especialmente las de la médula ósea y sistemas nervioso y gastrointestinal. Sus fuentes son el hígado, los riñones, las ostras, los mariscos, las aves y la leche.

- **Cromo:**

Está asociado al metabolismo de la glucosa. Sus fuentes son el aceite de maíz, los mariscos, los cereales de trigo integral, las carnes y el agua potable.

## **Hambre oculta en practicantes de actividad física sistemática y deportes.**

Las carencias de consumo adecuados de micronutrientes por causas diversas conducen al llamado estado de hambre oculta (Latham, 2002), es decir, ruptura de la aportación de

micronutrientes, o su adquisición de manera insuficiente, desde la ración diaria de alimentos (RDA) y sugiere potencial afectación de procesos metabólicos documentado en Iberoamérica desde el siglo pasado (Bernabeu-Mestre<sup>1</sup>, J & Red de Malnutrición en Iberoamérica del Programa de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (Red Mel-CYTED)), con énfasis en grupos humanos especiales (García Gabarra, 2006; Hernández Triana, y cols, 2008), aunque permanecen espacios en blancos al referir deportistas y sitúa en riesgo el despliegue de su potencial físico e intelectual como consecuencia de la depleción de las reservas tisulares de micronutrientes factibles de almacenaje, mientras que los componentes hidrosolubles, no fijados, sufren una fuerte reducción al ser eliminados a través de líquidos corporales, incluso por hemólisis, afectando el metabolismo energético de manera inmediata.

En relación a los efectos de las deficiencias de vitaminas y minerales en deportistas, y la población en general, existe una amplia literatura (Brito, y otros, 2010; De la Cruz Sánchez, Pino Ortega, Moreno Conteras, Cañadas Alonso, & Ruiz-Risueño Abab, 2008; Galván, Guisado Barrilao, García, Ochoa, & Ocaña Wilhelmi, 2008; Mollinedo Patzi & Carrillo Larico Katerin, 2014; Rodríguez Monzón & Pasquetti Ceccatelli, 2004) que resalta los riesgos y consecuencias, así, las deficiencias tienen como última consecuencia la insuficiencia del soporte fisiológico para alcanzar un rendimiento deportivo óptimo, al igual que el sostenimiento de la salud y el desarrollo biológico a largo plazo,

y a manera de ejemplo considerando carencias en relación a vitaminas se afirma que la insuficiencia en el consumo de la Vitamina A, altera el funcionamiento del sistema visual, y con ello la coordinación en el contacto con implementos deportivos (por ejemplo, el balón en el fútbol) o su consecución en disputa con un contrario, además de limitaciones en la reparación de los tejidos corporales ante micro lesiones u otras más graves, propias del contacto físico violento o de las flexiones-tracciones sobre músculos y tendones.

Sin excluir la disminución de la capacidad defensiva del organismo al afectar las barreras epiteliales con alteración de la diferenciación celular, la generación de una respuesta inflamatorio y la reducción de la actuación de macrófagos (Sánchez Álvarez, 2001), propio de un sistema inmunológico deprimido, a la par y en acción sinérgica con una incorporación deficitaria de Ácido Fólico (B9), conduce a estados diarreicos recurrentes (Guyton & Hall, 2001), bajo el estímulo del entrenamiento intensivo y de resistencia bajo condiciones de hipertermia comprometiendo la función gastrointestinal (Yanguas Leyes, Fernández, & J, 2001) y con ello el estado de hidratación.

La vitamina E es un potente protector de la peroxidación a nivel de membrana, que conjuntamente con la Vitamina C, constituyen antioxidantes. La segunda es hidrosoluble, por tanto, relativamente fácil de eliminación a través de los líquidos corporales, lo que eleva sus necesidades de incorporación diaria, en contraposición al gasto o pérdida acaecida. No debe obviarse

que en deportes acíclicos sucesiones alternadas y variables de esfuerzos anaeróbicos y aeróbicos vinculando velocidad, fuerza y resistencia resultan en una respuesta orgánica de apetencias dirigida al sustento de la demanda por el músculo en ejercicio con generación de un estrés oxidativo que aumenta la producción de radicales libres de oxígeno (Rodríguez Monzón & Pasquetti Ceccatelli, 2004), súmese a ello los mecanismos energéticos, particularmente los lactácidos, la descomposición de las catecolaminas producidas en este período, así como el efecto de la luz solar y las temperaturas altas ambientales, agravado por la tendencia a disminuir la concentración de la Vitamina E hepática y muscular por el ejercicio aeróbico (De la Cruz Sánchez, Pino Ortega, Moreno Conteras, Cañadas Alonso, & Ruiz-Risueño Abab, 2008), y resalta la importancia de los antioxidante en el practicante sistemática de deportes.

Por tanto, es de gran valor fisiológico el mantener parámetros adecuados de consumo tanto de la Vitamina E como C, aun cuando existe un mecanismo compensatorio asociados a los excesos de esta última que determina una regeneración de la primera e incluso la producción de  $\alpha$ -Tocopherol que se absorbe y acumula en el cuerpo humano. En contraposición, excesos de Vitamina C conducen a un comportamiento similar a radicales libres y al combinarse con el hierro o el cobre desarrolla propiedades pro oxidante (Galván, Guisado Barrilao, García, Ochoa, & Ocaña Wilhelmi, 2008), particularmente durante la realización de ejercicios anaeróbicos y con ello aumento del estrés oxidativo,

agravando las lesiones e inflamaciones, con deterioro del rendimiento corporal.

En cuanto a la Tiamina (B1) y Riboflavina (B2), la primera participa como coenzima en el metabolismo de glúcidos y aminoácidos de cadena ramificada, por lo que su actuación se vincula a la liberación de energía (Mollinedo Patzi & Carrillo Larico Katerin, 2014), de modo similar actúa la Riboflavina, aunque en la oxidación de glucosa, ácidos grasos, glicerol y aminoácidos; la demanda de ambas se incrementa durante el ejercicio físico, conjuntamente con la Piridoxina (B6) (Rodríguez Monzón & Pasquetti Ceccatelli, 2004); esta última tiene efecto analgésico en interacción con la tiamina y se ha sugerido el uso de suplementos contentivos de las mismas como vía para mejorar el desempeño deportivo. (Rodríguez Monzón & Pasquetti Ceccatelli, 2004)

Por su parte el Ácido Fólico (B9) y la Vitamina B12, participan en la síntesis de ARN y ADN, la ausencia de ambas en la dieta determina una respuesta inusual de elongamiento celular, sin ocurrencia de división y alteración de la maduración nuclear, afectando preferentemente células de rápida proliferación y respuesta hematopoyética anormal, por las limitaciones en la maduración de los eritrocitos, que adquieren mayor tamaño y menor capacidad transportadora con potencial manifestación de anemia megaloblástica, e incluso a largo plazo de anemia perniciosa, y refuerza las desventajas ante una anemia deportiva (Sorace & Patzan, 2007), especialmente por deficiencias de

ácido fólico, no se debe obviar que la B12 es almacenable a nivel hepático y la expresión deficitaria se produce de 3-6 años después de iniciada la deficiencia para sujetos con mecanismos de absorción normal pero con inadecuada ingesta o ausencia de suplementos. (Brito, y otros, 2010).

Finalmente es necesario establecer que si bien los micronutrientes deficitarios afectan el metabolismo, no son agotados en el conjunto de las funciones para las que normalmente se destinan, con manifestación de una protección contra la escasez de vitaminas y minerales a través de su reserva para proteínas dependientes de co-factores micronutricionales, participantes en funciones de supervivencia o de mantenimiento de los estados adaptativos en períodos relativamente cortos, particularmente funciones metabólicas críticas como las asociadas a la producción de ATP, por lo que son pobremente utilizados en procesos no esenciales del momento que se transita como los de reparación, defensa o de orden neurológicos complejos, así en la inmediatez del día a día, los individuos se muestran con apariencia saludable y en capacidad de responder al estrés físico, sin embargo, tal situación conduce a enfermedades catastróficas. (Ames, 2010)

### (Footnotes)

1 Cisteína:  $\alpha$ -aminoácido no esencial con la fórmula química  $C_3H_7NO_2S$ , sintetizado a partir de la metionina.

2 Tirosina: aminoácido no esencial en los mamíferos con la fórmula química  $C_9H_{11}NO_3$  ya que su síntesis se produce a partir de la hidroxilación de la fenilalanina.



## **Capítulo III**

# **Energía metabólica, necesidades del organismo.**



Los organismos necesitan energía para desarrollar todas sus actividades vitales y de hecho la obtienen de procesos naturales para usarlas en las más disímiles formas, esta energía proviene en última instancia del sol –energía luminosa, radiante o solar– que a su vez, se origina de las reacciones nucleares que tienen lugar en el astro rey y es capturada por las plantas verdes en forma de energía química a través de la fotosíntesis.

Esto se debe a que las células de las plantas son transductoras de energía luminosa, la cual es absorbida por sus pigmentos clorofílicos y transformada en energía química –reacción sintética de fotosíntesis–, por consiguiente, junto con la energía radiante, la clorofila de las plantas, el agua y bióxido de carbono, se producen moléculas que constituyen alimentos –glúcidos, grasas y proteínas– que poseen energía potencial química, tomada posteriormente por aquellos que se alimentan de los vegetales en un ciclo continuo que define niveles de organización trófica.

Esa energía solar llega finalmente en forma de trifosfato de adenosina (ATP) al resto de los organismos, incluyendo al hombre. En los alimentos que ingerimos encontramos los macronutrientes, los cuales son potenciales fuentes de energía, liberada de la ruptura de sus enlaces, pero en cantidades variables según el macronutriente que predomine.

- ◇ 1g de Glúcido aporta 4,1 Kcal
- ◇ 1g de Proteína aporta 4,1 Kcal
- ◇ 1g de grasa aporta 9,3 Kcal

El ATP es una molécula utilizada por los organismos quimiosintetizadores, valorizado comúnmente desde su participación en el metabolismo energético celular para realizar cualquier trabajo fisiológico o de tipo físico-mecánico, sin embargo, su papel bioquímico alcanza una funcionabilidad mayor si se considera que como nucleótido actúa en carácter estructural en los ácidos nucleicos, interviene como efector alostérico de las vías metabólicas, participa en la formación de intermediarios activados en las reacciones químicas o como componente de coenzimas, sin descontar su actuación de mensajero celular y mediador fisiológico. Es una molécula pequeña del tipo de las purinas, en específico un nucleótido, constituido por tres partes química y funcionalmente diferentes: una *base nitrogenada* (adenina) unida al carbono 1 de un *azúcar* de tipo pentosa (ribosa), que en su carbono 5 tiene enlazados *tres grupos fosfato*, formando un compuesto de alta energía cuya función principal es: capturar la energía libre procedente de los procesos catabólicos para posteriormente cederla a aquellas reacciones que la requieran. (Menshikov y Vollkov, 1990; Lehninger, Nelson, & Cox, 2009)

El enlace del primer grupo fosfato con la adenosina es de baja energía, pero los otros dos enlaces fosfato se denominan, “Enlaces Fosfato de Alta Energía”, tanto el ATP como el ADP (Difosfato de Adenosina) son aniones muy cargados ( $ATP^{4-}$  y  $ADP^{3-}$ ), por lo que poseen gran afinidad por cationes divalentes como el  $Mg^{2+}$  y el  $Ca^{2+}$ .

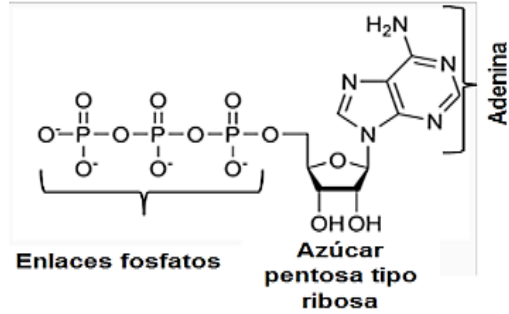


Figura 7. Trifosfato de adenosina (ATP). Fuente: Autores.

Cuando se rompe el enlace terminal del fosfato, se emite energía (alrededor de 7 a 12 kcal por cada mol de ATP), lo cual permite que la célula realice trabajo biológico.

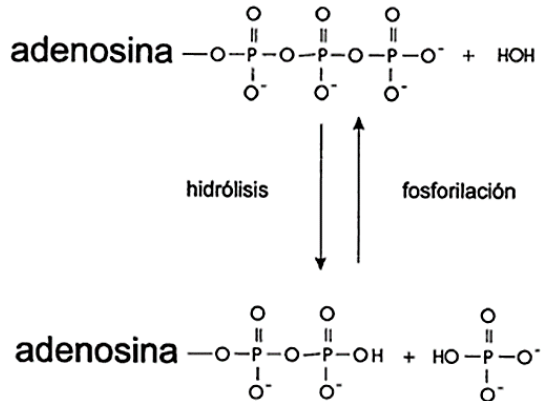


Figura 8. Hidrólisis y fosforilación de la adenosina). Fuente: Autores

Los subproductos finales del desdoblamiento de una molécula

de ATP son difosfato de adenosina (ADP) y un fosfato inorgánico (Pi).



El ATP es el único Fosfato de Alta Energía que se forma primariamente de la ganancia energética de la célula, a través de los procesos oxidativos (aeróbicos) y/o anaeróbicos, y es almacenado en cantidades muy limitadas en el músculo, por lo que de manera continua es sintetizado. (Hernández Gallardo, 2013) en cualquiera de las fases del metabolismo, sin embargo, su forma masiva de presentación es propia de la tercera fase de dicho proceso, pero su producción es solo posible en los animales a partir de sustratos oxidativos orgánicos.

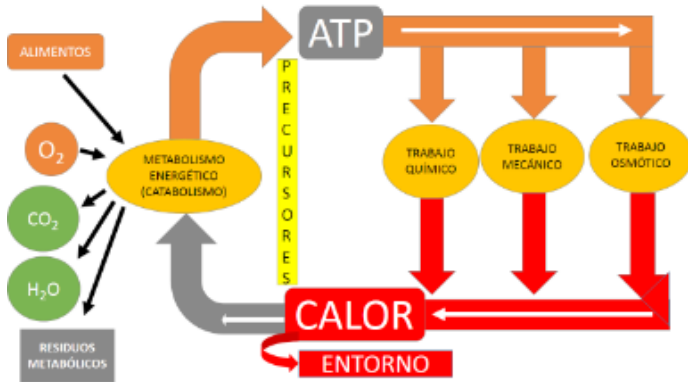


Figura 9. Utilización del ATP en el trabajo celular. Fuente: autores

La utilización diaria de energía varía en los organismos en dependencia a su edad, peso, sexo, proporciones del cuerpo y actividad que realiza, aunque también influye el clima donde

desarrolla sus actividades, así, en un sujeto en reposo de al menos 12 horas, la energía es utilizada para mantener los latidos del corazón, en sus procesos ventilatorios, en la conservación de su temperatura corporal, para la conducción de impulsos nerviosos y el transporte de sustancias celulares y transcelulares, además de preservar la constancia de su medio interno. A esta cantidad de energía empleada para el mantenimiento de sus funciones orgánicas vitales se le llama metabolismo basal.

Al gasto energético diario que lógicamente condiciona las necesidades calóricas de un organismo se le atribuyen tres componentes el metabolismo basal (MB) que generalmente no varía a no ser en caso de enfermedad o en condiciones medioambientales cambiantes, la termogénesis inducida por los alimentos o efecto termogénico de los alimentos en la dieta (ETD) que generalmente tampoco varía y la actividad física (AF) que es el componente que más variación induce en el gasto energético total y estos componentes se distribuyen de la siguiente forma:

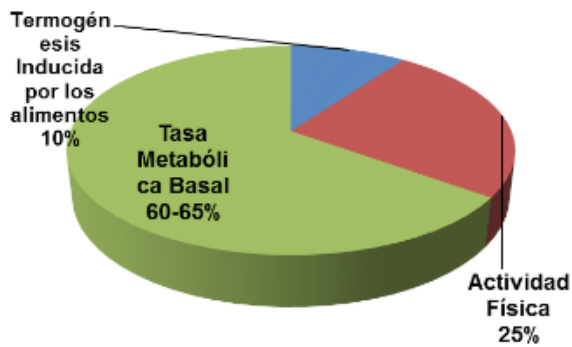


Figura 10. Gasto calórico diario. Fuente: autores.

El gasto metabólico basal o tasa metabólica basal incluye la energía necesaria para mantener las funciones vitales del organismo en condiciones de reposo (circulación sanguínea, respiración, digestión, entre otras.), que en los niños también incluye el costo energético del crecimiento y a menos que la actividad física sea muy alta, este es el mayor componente del gasto energético.

Por otro lado existe un conjunto de factores que pueden afectar el metabolismo basal, entre ellos se encuentran:

- Temperatura corporal: cada incremento de  $0.5^{\circ}\text{C}$  de la temperatura interna del cuerpo aumenta el metabolismo basal en un 7%, considérese que la temperatura acelera las reacciones químicas, por ejemplo, un estado febril de  $41^{\circ}\text{C}$ , induce a un aumento del 30% de gasto basal.
- Temperatura externa: el hecho de ser los mamíferos y en particular los seres humanos homeotermos implica que cualquier variación ostensible de la temperatura ambiental



influye en la generación de una respuesta adaptativa que equilibre la condición funcional del organismo y afecta el metabolismo basal, por ejemplo, la exposición al frío aumenta el consumo calórico por la necesidad de desarrollar un calor extra para mantener la temperatura corporal, mientras que si bien la exposición a una elevada temperatura por poco tiempo tiene poco efecto, una exposición prolongada también lo incrementa en función de la refrigeración del propio cuerpo.

- **Actividad glandular:** la producción de tiroxina por el tiroides tiene un efecto clave en la actividad metabólica del cuerpo, a mayores niveles de producción, mayor es el metabolismo basal de manera que en la tirotoxicosis —una enfermedad del tiroides en la que la producción de hormona tiroxina está aumentada—, el metabolismo basal puede duplicar su valor, pero si la producción de la hormona es inferior a lo normal, el metabolismo se reduce hasta un 30-40% de los valores normales —enfermedad conocida como mixedema. La adrenalina también hace aumentar el metabolismo basal pero en menor extensión que la tiroxina.
- **Ejercicios físicos y composición corporal:** la práctica de ejercicios físicos sistemáticos eleva el metabolismo basal, como consecuencia del incremento de la masa muscular y disminución de la adiposa, así un sujeto con estructura de tipo musculoso gasta más calorías en reposo o durante

el sueño que otro de la misma altura y peso pero con una constitución adiposa.

Tasa metabólica basal y gasto metabólico en reposo son términos que se usan indistintamente aunque existe una pequeña diferencia entre ellos. La tasa metabólica en reposo (TMR) representa la energía gastada por una persona en condiciones de reposo y a una temperatura ambiente moderada. La tasa metabólica basal (TMB) sería el gasto metabólico en unas condiciones de reposo y ambientales muy concretas —condiciones basales: medida por la mañana y al menos 12 horas después de haber comido—, en la práctica, la tasa metabólica basal y el gasto metabólico en reposo difieren menos de un 10%, por lo que ambos términos pueden ser intercambiables.

No todas las personas tienen el mismo gasto metabólico basal, pues depende de la cantidad de tejidos corporales metabólicamente activos, la edad, la composición corporal, el sexo y la adaptación metabólica a la actividad física sistemática, así la masa muscular es metabólicamente más activa que el tejido adiposo. La mujer, con menor proporción de masa muscular y mayor de grasa, tiene un gasto basal menor que el hombre (aproximadamente un 10% menos) expresado por unidad de peso.

La termogénesis inducida por la dieta o postprandial —también denominada efecto termogénico de la dieta o de los alimentos o acción dinámica específica— es la energía necesaria para llevar a cabo los procesos de digestión, absorción y metabolismo

de los componentes de la dieta tras el consumo de alimentos —p.e., la secreción de enzimas digestivos, transporte activo de nutrientes, formación de tejidos corporales, de reserva de grasa, glucógeno, proteína, entre otros—, puede suponer entre un 10 y un 15% de las necesidades de energía, dependiendo de las características de la dieta.

Por último, un tercer factor, a veces el más importante en la modificación del gasto energético, es el tipo, duración e intensidad de la actividad física desarrollada. La energía gastada a lo largo del día para realizar el trabajo y la actividad física es la que marca las mayores diferencias entre los individuos. Evidentemente, no necesita la misma cantidad de energía un atleta que entrene varias horas al día o un cortador de caña de alta productividad, que aquella persona que tenga una vida sedentaria. Por ejemplo, durante una hora de sueño solo gastamos 76 kcal; si estamos sentados viendo la televisión o conversando el gasto es también muy pequeño: tan solo 118 kcal/hora; pasear solo quema 160 kcal/h.

El metabolismo basal de un adulto joven es de unas 1600 Kcals diarias, en la mujer algo menor, esto se cumple solo cuando el individuo permanece en reposo y sin comer al menos 12 horas. El metabolismo basal es proporcional a la superficie cutánea calculándose según la talla y el peso, donde una persona normal gasta 40 a 42 kcals cada hora por m de superficie corporal. Este metabolismo se puede medir también si se calcula el consumo de oxígeno durante un lapso de tiempo corto, debido a que la

proporción de energía y calor depende de la oxidación de la glucosa y otros alimentos, la cantidad de calor producido podrá ser calculado por la cantidad de oxígeno consumido.

El metabolismo basal aumenta 5% aproximadamente por cada grado de elevación de temperatura corporal puesto que aumenta la velocidad de las reacciones químicas, por esto se pierde peso durante las enfermedades febriles. Si un individuo permanece acostado en reposo 24 horas y además come, gastará unas 1800 Kcals, pues 200 son necesarias para la realización de los movimientos de los músculos del aparato digestivo, la secreción de los jugos digestivos y la absorción de los productos de la digestión; una persona con vida sedentaria gasta unas 2500 Kcals diarias y por el contrario quien realiza una actividad física intensa puede gastar hasta 6000 Kcal.

Se debe lograr un equilibrio entre las kcals que se gastan por actividad y las que se ingresan, pues de ser superior el ingreso calórico las personas aumentan de peso siendo muy común adultos mayores, edad donde disminuye la actividad física, pero no su apetito. Un exceso de 10 kcal diarias provoca un aumento hasta de un kg de peso al año.

Si por el contrario el ingreso calórico es inferior a las necesidades energéticas el organismo recurre a las reservas, las primeras utilizadas son las de glúcidos almacenados en forma de glucógeno en los músculos y el hígado; luego se emplean las grasas —los hombres reservan unos 9 kg de grasa y las mujeres unos 11 kg aproximadamente—, estas reservas pueden dar energía

para unas 5 a 7 semanas de vida. Por último, son utilizadas las enzimas y proteínas iniciando por las de los músculos estriados, a continuación las del corazón, otros órganos internos y el encéfalo hasta que sobreviene la muerte.

Atendiendo a las características de cada nutriente, su aporte y función en el organismo, así como el análisis del gasto energético estimado se han establecido gastos energéticos para diferentes poblaciones, por ejemplo, para la cubana es de 2400 Kcal desde 1972, definiéndose las recomendaciones nutricionales en las que se recogen principios alimentarios para los adolescentes que no difieren de los propuestos por la Fundación Española de Nutrición, en todo lo cual se tiene en cuenta el peso deseable según la edad.

La mayoría de los estudios realizados indican que el gasto de energía en la actividad física exigida por el trabajo es la variable más importante para determinar el gasto energético total del día. Sin embargo, debe señalarse que existe un gran margen de variación en las actividades ocupacionales, y mayor aún en las denominadas discrecionales, que incluyen las tareas domésticas adicionales, las actividades socialmente deseables y las actividades para la aptitud física y el fomento de la salud.

Las recomendaciones de energía se deben basar principalmente en estimaciones de su gasto, ya que determinar las necesidades a partir de ingestiones observadas no equivale necesariamente a las ingestiones de energía que mantienen el peso corporal deseable, niveles óptimos de actividad física y la salud en general. Se debe

tener en cuenta que los individuos y las poblaciones pueden adaptarse a deficiencias en la ingestión de alimentos, pero solo a costa de disminuir la actividad física, el peso corporal y, en los niños una afectación del crecimiento. Estas adaptaciones no son deseables.

## **Distribución de la energía aportada por los alimentos.**

En la utilización metabólica de la energía de los alimentos no solo es de importancia la cantidad que se ingiere, sino también la distribución que de ellas se hace en las diferentes comidas del día. Esta distribución mantiene íntima asociación con el mantenimiento de un buen estado nutricional y con un rendimiento físico y mental adecuado.

De forma general, se presenta una estrecha relación entre el hábito de ingerir pocas comidas y el sobrepeso, la hipercolesterolemia, la tolerancia a la glucosa disminuida y las enfermedades cardiovasculares.

En muchas poblaciones, se encuentra generalizada la costumbre de ingerir pocas comidas, y en muchos casos con omisión del desayuno y una ingesta copiosa nocturna, lo cual no está acorde con lo normalizado, que recomienda la ingestión paulatina de la energía, recomendándose de forma general distribuir la ingestión de alimentos en una frecuencia de cinco veces al día, con una distribución de energía total del:

- 20% en el desayuno

- 10% en cada merienda, (matutina y vespertina - colaciones)
- 30% en el almuerzo y la comida. (Hernández Triana, y cols, 2008)

El desayuno debe constituir una de las comidas principales, ya que brinda al organismo la energía necesaria para comenzar las actividades del día debido a que rompe con el prolongado ayuno nocturno. Un desayuno correcto estimula la capacidad de concentración, el nivel de comprensión y la capacidad física.

La comida de la noche no debe sobrepasar el 30% de la energía, ya que una ingestión excesiva en este horario favorece el desarrollo de la obesidad y puede constituir un factor de riesgo a la aterosclerosis y a los accidentes vasculares.

Por tanto, son aspectos importantes a tener en cuenta para desarrollar un adecuado estado nutricional. (Hernández Triana, y cols, 2008)

- Mantener un peso corporal deseable.
- Consumir alimentos variados.
- Seleccionar una dieta baja en grasas.
- Seleccionar una dieta abundante en frutas.
- Consumir azúcar con moderación.
- Limitar el consumo de alimentos curados, ahumados horneados y fritos.
- Disminuir la ingestión de sal.
- Limitar el consumo de bebidas alcohólicas.

El objetivo con una buena nutrición es lograr un crecimiento adecuado —individuos en desarrollo—, evitar los déficit de nutrientes específicos y consolidar hábitos alimentarios correctos que permitan prevenir los problemas de salud influidos por la dieta en épocas posteriores de la vida, como la hipercolesterolemia, hipertensión arterial, obesidad, osteoporosis, entre otros, o evitar sobrecargas calóricas, por otro lado, la distribución calórica de la ingesta debe mantener una proporción de los principales macronutrientes, tal es: 10-15% del valor calórico total en forma de proteínas, 50-60% en forma de glúcidos y 25-30% como grasa, valores que se encuentran dentro de los parámetros generales para macronutrientes resumidos en las metas relativas a la ingesta de nutrientes por la población según la OMS, que se reproduce a continuación.

Tabla 11. Márgenes de las metas de ingesta de nutrientes para la población propuesta por la Organización Mundial de Salud. Serie de Informes Técnicos 916 (OMS, 2003, págs. 63, Cuadro 6)

Factor alimentario	Meta (% de la energía total, si no se indica otra cosa)	Observaciones
Grasas totales (GT)	15%-30%	
Ácidos grasos saturados (AGS)	< 10%	
Ácidos grasos poliinsaturados (AGPI)	6%-10%	
Ácidos grasos poliinsaturados $\omega$ - 6	5%-8%	
Ácidos grasos poliinsaturados $\omega$ - 3	1%-2%	
Ácidos grasos trans (AGT)	< 1%	



Factor alimentario	Meta (% de la energía total, si no se indica otra cosa)	Observaciones
Ácidos grasos monoinsaturados (AGM)	Por diferencia	Se calcula como $AGM = GT - (AGS + AGPI + AGT)$ .
Carbohidratos totales	55%-75%	Porcentaje de energía total disponible después de tener en cuenta la consumida en forma de proteínas y grasas, de ahí la amplitud del margen.
Azúcares libres	< 10%	Refiere a todos los monosacáridos y disacáridos añadidos a los alimentos, más los azúcares naturales presentes en la miel, los jarabes y los jugos de frutas.
Proteínas	10%-15% <sup>d</sup>	
Colesterol	< 300 mg/día	
Cloruro sódico (sodio)	< 5 g/día (< 2 g/día)	
Frutas y verduras	≥400 g/día	
Fibra alimentaria total	> 25 g/día	
Polisacáridos no amiláceos (PNA)		Las frutas y las verduras son las fuentes preferidas

Finalmente, si los seres humanos pudieran obtener un suministro continuo de alimentos, en forma de sustancias químicas puras del tipo de los macro y micronutrientes, no necesitaría de un sistema digestivo, encargado de las transformaciones de los alimentos —tomados del entorno— en sustancias utilizables por las células, este proceso es posible por la digestión que en su fase mecánica reduce los artículos alimentarios a una suspensión fina en agua, aumentando la superficie de contacto para la actuación de las enzimas o fermentos digestivos en su etapa o fase química.

De hecho la digestión produce una solución alimentaria en la que se encuentran tres grupos de sustancias:

- Sustancias que las células animales necesitan pero no pueden elaborar o lo realizan en cantidades que no les permiten sostener su vida (agua, vitaminas, minerales, dióxígeno, aminoácidos esenciales, ácidos grasos esenciales, carbono y nitrógeno de origen orgánico).
- Sustancias que pueden ser elaboradas por las células de los animales, pero el alimento ingerido las contiene y por tanto no necesitan ser elaboradas, por ejemplo, varios tipos de glúcidos y grasas a partir de carbono orgánico.
- Sustancias indigeribles o no utilizables, como la celulosa, las que son eliminadas o agestadas, e intervienen en la mejoría de la motilidad intestinal, tal es el caso de la fibra dietética.

## **Capítulo IV:**

# **Bases biológicas del metabolismo: primera fase. Digestión y absorción de los nutrientes**



En los seres humanos la alimentación, como ya se ha expresado, es el proceso mediante el cual el individuo toma de su entorno, de manera activa o pasiva, los alimentos en los cuales están contenidas las categorías químicas alimentarias y nutrimentales que el organismo necesita para satisfacer sus requerimientos energéticos y sustanciales, siendo transformadas en sustancias asimilables mediante su procesamiento a lo largo del tubo digestivo, a través de las etapas de la nutrición —como proceso de extraordinaria complejidad biológica— que conlleva a la distribución de las sustancias absorbidas en el subsistema digestivo, sus vías de utilización y transformación, almacenamiento y la eliminación de los desechos, como aparte que tributa a la funcionalidad del metabolismo celular.

La dieta diaria por su parte debe garantizar la biodisponibilidad energética y nutrimental para el mantenimiento de la composición del organismo y su actuar fisiológico con una salud adecuada, especialmente si se considera que el fenómeno de la alimentación es discontinuo y variable, tanto en cantidad como calidad, mientras que el actuar fisiológico y metabólico es continuo, aunque puede tener variaciones ante factores estresantes ambientales, entre ellos la propia actividad física e incluso existe una diversidad de uso de los nutrientes por los diferentes tejidos, por ejemplo, la glucosa como prácticamente único sustento energético para el tejido nervioso, células epiteliales entéricas, médula renal, retina, glóbulos blancos, eritrocito y linfocitos, mientras que el corazón utiliza generalmente ácidos grasos.

La **biodisponibilidad energética** es la cantidad total de energía ingerida en la ración de alimentos, que la célula puede utilizar para la realización de sus funciones, asimismo, **la biodisponibilidad nutrimental** se considera como la cantidad efectiva de un nutrimento en particular, que la célula podrá captar de su entorno y utilizar en su función metabólica, es decir, sin alimentación no habrá función metabólica.

Se considera que el metabolismo es la más importante de todas las funciones biológicas debido a que provee del sustento energético y sillares estructurales para el resto de las funciones orgánicas, pues los procesos catabólicos abastecen al organismo de la energía necesaria e indispensable para el resto de las funciones celulares y para el sustento de la fisiología del organismo.

De modo regular el concepto de *metabolismo* se ha enmarcado en el conjunto de reacciones químicas que tienen lugar en las células luego de realizado el proceso de digestión y absorción en organismos pluricelulares o de la transformación química de tales nutrientes en las formas unicelulares, donde grandes moléculas pasan a formas moleculares más simples teniendo como común denominador reacciones degradativas aportadoras —de modo directo o indirecto—, de energía química utilizable en el llamado trabajo biológico y para la producción de biomoléculas —**catabolismo**—, así como síntesis de macromoléculas a partir de moléculas simples con apetencia de energía —**anabolismo**.

Sin embargo, una visión integradora y general permite considerar la ocurrencia del metabolismo a partir de las reacciones

químicas de transformación de los alimentos hasta la condición de nutrientes, que conlleva a las aportaciones de los sustratos sustanciales que como materia prima se incorporan a él, es decir considerando el aseguramiento del conjunto de sus reacciones químicas y no simplemente el sustrato celular en que tiene lugar, introduciendo como definición: conjunto de reacciones químicas armónicamente acopladas que tienen lugar en el organismo (por extensión biosistema) en un intervalo de tiempo dado, resultando del mismo la energía necesaria para la realización de las funciones orgánicas y la obtención de sustancias estructurales y funcionales que permiten el continuo recambio celular y el sostenimiento de la vida.

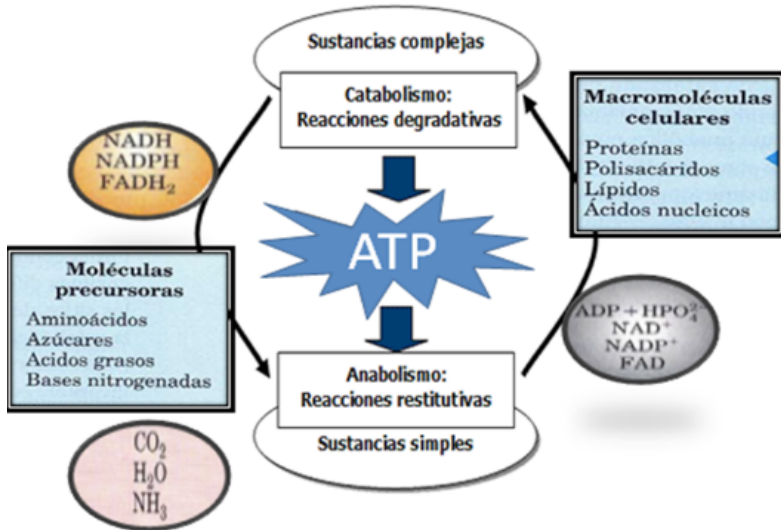


Figura 11. Relaciones de las vías metabólicas. Fuente: autores.

Así, la degradación enzimática de los sustratos orgánicos alimentarios (glúcidos, lípidos y proteínas) tiene lugar a través de tres fases (Lehninger, Nelson, & Cox, 2009):

- Fase I: los elementos nutritivos se degradan hasta los principales componentes. Los polisacáridos son degradados a pentosas o hexosas, los lípidos a ácidos grasos, glicerina y otros componentes, y las proteínas a sus aminoácidos constitutivos.
- Fase II: los productos de la Fase I son recogidos y convertidos en un número pequeño de moléculas más sencillas. Así, las hexosas, las pentosas y la glicerina se degradan en el azúcar fosforilado de tres átomos de carbono, el gliceraldehído-3-fosfato y después hasta un compuesto sencillo de dos átomos de carbono, la acetil-coenzima A (Acetil CoA). Los aminoácidos son también degradados a: acetil-coenzima A, alfa-cetoglutarato, succinato, fumarato y oxalacetato.
- Fase III: los productos de la fase II pasan a la fase III que es el camino común final en el cual se oxidan a CO<sub>2</sub>.



Que en síntesis sería:

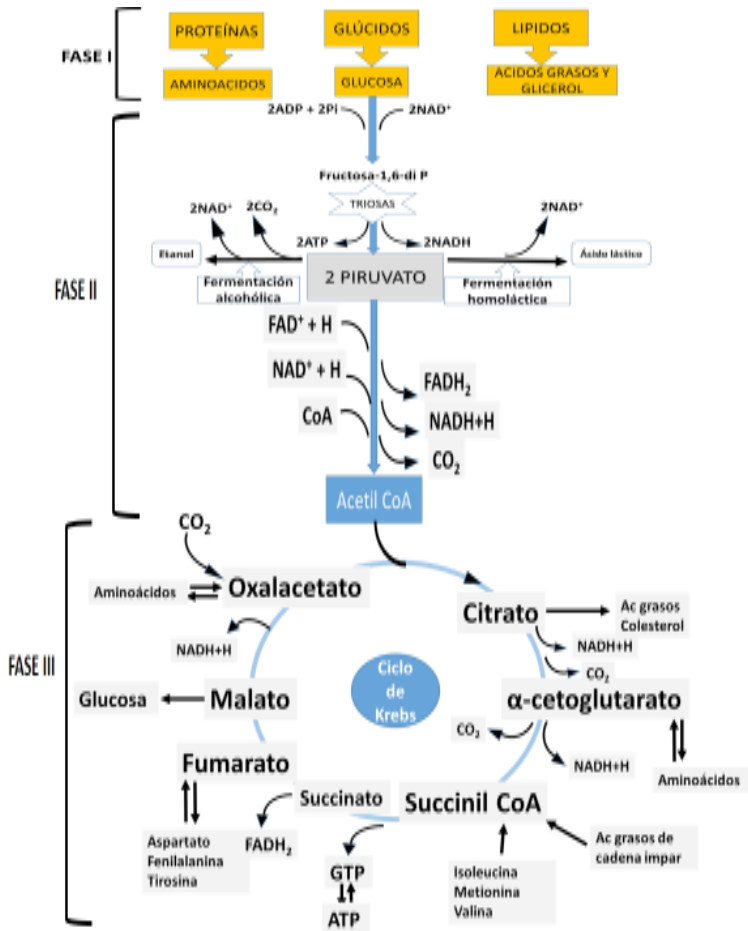


Figura 12. Transformaciones metabólicas generales y fases de ocurrencia. Fuente: autores.

El anabolismo se encuentra acoplado a estas mismas tres fases del catabolismo, por lo que no es errado señalar que tiene igual número de etapas, así comienza con el uso de las moléculas originadas a partir de la Fase III, se cita como ejemplo que los

alfa-cetoácidos, son precursores de los aminoácidos y punto de origen de la síntesis proteica. En la Fase II, los alfa-cetoácidos son aminados por donadores de grupos aminos y se forman los alfa-aminoácidos y en la Fase I se reúnen los aminoácidos para producir cadenas peptídicas.

Aunque los caminos del catabolismo y el anabolismo no son idénticos la Fase III constituye un vía crucial accesible a ambos y recibe el nombre de senda o ruta anfibólica, por su doble función —amphi: ambos— y puede utilizarse catabólicamente para lograr la degradación completa de pequeñas moléculas producidas en la Fase II del catabolismo o puede utilizarse anabólicamente como precursora de moléculas para la Fase II del anabolismo.

Es necesario destacar que las rutas anabólicas y las catabólicas, no constituyen conjuntos de reacciones biocatalíticas inversas, precisamente porque son muy exergónicas, por tanto, con grandes variaciones de energía libre negativa, además, no necesariamente ocurren en la misma región celular y como generalidad utilizan secuencias y reguladores enzimáticos diferentes.

En general en el metabolismo se pueden describir tres grandes rutas:

*Rutas metabólicas anabólicas:* son aquellas en las que a partir de precursores sencillos se obtienen moléculas complejas que forman parte de la estructura celular —biosíntesis de proteínas, fosfolípidos— o de su actuar fisiológico —biosíntesis de proteínas enzimáticas, hormonas—, proceso que ocurre con la utilización

de energía metabólica en forma de ATP.

*Rutas metabólicas catabólicas:* son aquellas en las que a partir de moléculas orgánicas complejas se obtienen otras más sencillas —la proteína se desdobla por hidrólisis en sus aminoácidos constituyentes, o una grasa neutra se transforma en una molécula de glicerina y tres de ácidos grasos, o el glucógeno se hidroliza y libera o rinde las moléculas de glucosa—, mediante este proceso se libera energía metabólica en forma de ATP.

*Rutas metabólicas energéticas:* están contenidas dentro de las rutas catabólicas y se caracterizan por la degradación total de las sustancias energéticas, liberando cantidades apreciables de energía utilizada en los diferentes tipos de trabajo —beta-oxidación de los ácidos grasos a nivel de las mitocondrias, el ciclo de los ácidos tricarbóxicos o ciclo de Krebs en el citoplasma de la célula, acoplado a la cadena respiratoria y la fosforilación oxidativa en las llamadas crestas mitocondriales de la membrana interna de este orgánulo citoplasmático— intracelular.

Sin embargo, es evidente que las rutas anabólicas y catabólicas guardan una estrecha relación entre sí e incluso se encuentran coordinadas por biomoléculas que actúan como metabolitos intermediarios, lo que conduce al reconocimiento del llamado metabolismo intermediario.

*Metabolismo intermediario:* conjunto de reacciones químicas del metabolismo celular al que fluyen las sustancias asimiladas resultantes del proceso de la nutrición, siendo transformadas a formas bioquímicamente más simples capaces de intervenir en

la constitución de metabolitos intermediarios o de coordinación comunes, de hecho representa el momento de integración del conjunto de reacciones enzimáticas que transcurren en las células y permite un adecuado equilibrio de los procesos de intercambio de sustancias y energía entre el organismo y su entorno, posibilitando:

- La disponibilidad para el organismo de la energía química contenida en las moléculas de los nutrientes asimilados.
- La obtención de sillares estructurales moleculares para la síntesis de macromoléculas celulares.
- Formación de nuevas moléculas necesarias para el funcionamiento o reproducción del organismo: proteínas, ácidos nucleicos, lípidos y glúcidos complejos, entre otros.
- Formación y degradación de biomoléculas necesarias para funciones especializadas.

En el contexto del alcance metabólico es adecuado referir la existencia de un metabolismo celular, tisular, orgánico y corporal, indisolublemente ligados, de manera que cuando el estado funcional se modifica en uno de estos niveles, el resto se acopla al mismo, con el objetivo de alcanzar un nuevo estado de integración funcional que garantice la generación de respuestas adaptativas y aseguren la supervivencia.

## **La alimentación: apetito y saciedad.**

El hambre y el apetito, impulsan a la búsqueda de alimentos de manera particular y significativa, dado la manifestación de un cúmulo de fenómenos desagradables acompañantes, que van desde la sensación de vaciedad hasta el desvanecimiento —y la frustración cuando no se consigue el deseado alimento— transitando por momentos de apatía absoluta y hasta de agresividad, si el estado es extremo.

De hecho, el hambre constituye una acepción compleja, dada su connotación bio-psico-cultural y económica, por lo que solo a manera de un acercamiento al concepto y bajo una visión biológica, esta constituye un estado de urgencia energética y nutrimental celular, donde confluye una sensación psico-fisiológica y un instinto primario de supervivencia, generado a partir de un prolongado ayuno, inanición o una insuficiencia alimentaria extrema, que impone al organismo la autofagia, cuando luego de aquel movilizar sus reservas, estas son insuficientes para conservar el funcionamiento normal, alcanzando un estado crítico en su supervivencia y se expresa en la depresión de su composición corporal e incluso su estado conductual.

Sin embargo, el apetito se refleja en el deseo de alimentarse o ingerir alimentos, no es sinónimo de hambre, aun cuando se intensifica por aquella y en casos extremos de desestrés o ansiedad pasa de una condición de selección a otra arbitraria, particularmente intensificada por el pensamiento fijo en el alimento y los recuerdos o presencia de determinados olores,

visión o sabor conducentes a una ingesta específica portadora de energía, de nutrientes o al placer alimentario.

Así, el apetito debe ser entendido como una respuesta compleja tanto a una necesidad orgánica —necesidad de alimentos— como social y conductual, —horarios de alimentación, preferencias y gustos, disponibilidad, entre otros—, que conforma un sistema de señales hormonales y neurológicas constituyentes del aspecto biológico del mismo, como de hábitos de alimentación y aspectos socioculturales y económicos que rigen y regulan la ingesta alimentaria en el aspecto psicosociológico, y en general, constituye un mecanismo vital, ya que de ello depende la supervivencia, y está delineado en particular para proteger al organismo contra la desnutrición, impidiendo en cierto modo que disminuyan las defensas, o en caso contrario para luchar contra la sobrenutrición e incluso la obesidad.

Inducen a comer, reflejos nerviosos involuntarios que producen contracciones que abarcan el área abdominal y llegan a ser dolorosas, cuando el cuerpo necesita alimentos. Las sensaciones características del hambre aumentan la intensidad del apetito hasta que esa necesidad sea satisfecha, lo cual se torna fuerte y desagradable si el ayuno es prolongado.

Desde que el alimento es percibido por el sujeto hasta que se produce la ingestión del mismo, intervienen toda una serie de señales sensitivas (entre ellas, el olor y sabor, y la textura, temperatura e incluso la apariencia y presentación de estos); señales que a través de los pares craneales son transmitidas

hasta el sistema nervioso central, y que provocan el inicio del proceso alimentario, la degustación del mismo, y finalmente, la masticación y deglución. Ingerida una cantidad crítica de alimentos, el sujeto alcanza la saciedad, y rechaza la ingestión de cantidades adicionales de alimentos. (Ochoa y Muñoz Muñoz, 2014)

No obstante, debe considerarse que el llamado “centro del hambre” —en el hipotálamo— se encuentra constantemente estimulado, especialmente en el sexo femenino, por lo que no es errado pensar, que sentir “hambre” —o apetito— de manera constante y en períodos de tiempo cortos es completamente natural, especialmente cuando estamos sometidos a una constante actividad física, cambios hormonales vinculados con el desarrollo ontogenético y al conjunto de factores estresantes de la vida cotidiana y sociedad moderna, con normas de mínimo esfuerzo, confort y rapidez como consignas sociales no escritas, inundada de un mercado de alimentos precocinados, enlatados, ultra congelados, legumbres que no precisan remojo, leches enriquecidas, comida rápida, que llevan a crear y a adoptar hábitos y regímenes nada saludables de alimentación.

En tal sentido es de destacar que en el caso del sexo femenino, desde que inicia la pubertad adquiere una condición de hiperfagia, solo compensada por la necesidad crónica de tomar algún alimento, y como peculiaridad una apetencia por alimentos dulces, debe tenerse en cuenta que los azúcares de asimilación lenta se almacenan más rápidamente en la mujer que en el

hombre, estimulando los mecanismos del hambre.

Tal hiperfagia se vincula con la leptina —hormona proteica actuante en la regulación del apetito y la termogénesis cuya síntesis se realiza fundamentalmente en los adipocitos— que además de intervenir en la regulación del peso corporal, lo realiza sobre otros ejes neuroendocrinos, especialmente el gonadal (Ahima, Prabakaran, Mantzoros, Qu, Lowel, & Maratos-Flier, 1997) constituyendo una señal que relaciona el estado nutricional con la regulación hipotalámica de la función reproductiva (Hamilton & Bronson, 1986)

Así, está demostrado que en niños de ambos sexos (García-Mayor, y otros, 1997) los niveles circulantes de esta hormona se incrementan de modo similar hasta aproximadamente los 10 años de edad cuando comienzan elevarse otras relacionadas con la pubertad, produciéndose entonces una disminución en el varón a medida que se elevan las concentraciones de testosterona, mientras se incrementan en niñas, considerándose que tal diferencia genérica constituye un efecto directo de los andrógenos, los cuales provocan el decremento de los niveles de leptina, además que el aumento del índice de masa muscular (IMC) en el sexo masculino, se relaciona con el incremento de la masa muscular, más que del tejido adiposo, lo cual es característico del sexo femenino, que incluye una sensibilidad diferencial a la insulina y una tendencia a la leptino resistencia. (Campillo Álvarez, 2004)

El apetito puede expresarse a través de diferentes conductas



y manifestarse desde la necesidad de una ingesta específica de alimentos —portadores de un suministro de energía alimentaria para corregir una deficiencia energética del organismo—, hasta conducir a una elección que cubra requerimientos más específicos de nutrientes para ese momento o incluso simplemente satisfacer el deseo hedonista por un sabor específico.

En gran medida, el apetito bajo condiciones normales —ausencia de ayuno extremo o inanición— marca la selección y cantidad del alimento ingerido, interviene en ello diversos factores como son: pautas sociales, culturales, costumbres religiosas, factores psicológicos y hedonistas, e incluso si los factores cognitivos o sensoriales son placenteros la ingesta alimentaria podrá aumentar por encima de las necesidades reales del individuo —guiado por lo agradable al paladar—, sin embargo, como regularidad aun cuando las sensaciones de hambre sean intensas si los alimentos son desconocidos, desagradables o prohibitivos por normas religiosas o de otro tipo, pueden anular la respuesta de apetencia alimentaria e inhibir la ingesta o su disminución.

La saciedad es la culminación de la respuesta fisiológica y psicológica que pone fin al acto de la alimentación y al igual que el apetito habitual, puede tener un carácter selectivo, voluntario, es decir, si el apetito o el hambre están condicionados por las necesidades energéticas del organismo, se expresará rápidamente en una respuesta conductual dirigida hacia la ingesta de alimentos ricos en macronutrientes (lípidos, glúcidos

y proteínas) que realizan el aporte energético necesario al organismo, pudiendo con ello realizar la incorporación de los micronutrientes necesarios, tal condición no responderá a estos últimos, por no ser ellos la causa del apetito y no influirán en la selección del alimento a consumir.

La saciedad se asocia a determinadas señales aportadas por los macronutrientes, quienes se reflejan sobre el llamado **centro de la saciedad**, por ejemplo:

- las grasas inducen la liberación de colecistocinina —hormona producida en el intestino delgado, específicamente por las células “I” de la mucosa del duodeno y el yeyuno—, esta aumenta la motilidad de la vesícula biliar y la secreción de bilis hacia el intestino delgado, además de inhibir de forma moderada la motilidad gástrica, ejerciendo un efecto de enlentecimiento del vaciado del estómago y permite así una digestión adecuada de las grasas en la parte alta del intestino, además envía una señal a los mecanismos que regulan la ingesta alimentaria a nivel del Sistema Nervioso Central;
- los glúcidos influyen sobre la normalización del neurotransmisor serotonina —5-hidroxitriptamina o 5-HT— en el encéfalo cuyo efecto es inhibitorio sobre la captación de alimentos e incluso el deseo de su ingestión;
- las proteínas, consumidas en abundancia influyen en una limitación voluntaria a su ingesta en la siguiente comida bajo condiciones no restrictivas de alimentación, por lo

que no responde a su necesidad energética.

Como acotación a lo expresado debe destacarse que el hipotálamo representa un punto de convergencia de numerosas fuentes de información visceral y de patrones o circuitos procedentes del rinencéfalo —conjunto de estructuras periféricas y centrales relacionadas con la conducta instintiva ante estímulos olfativos, las emociones y la memoria, se vincula conceptualmente con el denominado sistema límbico— y otros suprasegmentos, por lo que se le considera el centro superior de la vida vegetativa, interviniendo en:

- ◇ Regulación de las actividades autónomas simpáticas y parasimpáticas.
- ◇ Regulación de la temperatura corporal.
- ◇ Control de la ingestión de alimentos y líquidos.
- ◇ Control de la actividad hipofisaria.
- ◇ Expresión emocional.
- ◇ Motivacional.
- ◇ Sueño y vigilia.

Así, las señales generadas por los estímulos olfatorios y gustativos —y la propia ingesta alimentaria— son integradas en el sistema nervioso con la consecuente liberación de neurotransmisores y pueden aumentar o disminuir la ingestión de alimentos, incluso con especificidad para macronutrientes. Por ejemplo:

- El neurotransmisor serotonina al actuar sobre el centro

de la saciedad modula tanto la cantidad de alimento como la selección de los macronutrientes, reduciendo la ingestión en general y de las grasas en particular, con poco efecto sobre carbohidratos y proteínas. (Smith, York, & Bray, 1998)

- El neuropéptido Y (NPY) — forma parte del sistema lipostabilizador junto con la leptina y la hormona liberadora de corticotropina (CRH) — aumenta la ingestión de alimentos, es el más potente de los neurotransmisores en la acción anabólica (Rodríguez Scull, 2003), tiene la peculiaridad de ser inducido por el estrés, con incremento del apetito, pero su liberación actúa en la reducción de la ansiedad.
- La leptina o proteína OB, es secretada fundamentalmente por adipocitos, actúa sobre el sistema nervioso central para regular la homeostasis energética, suprime la secreción de insulina (Roatta, Moguilevsky, Leiderman, Tatti, & Carbone, 2007), además de actuar como un factor de crecimiento paracrino para el sistema vascular. Por estimulación local de la angiogénesis, puede promover su propia liberación dentro del sistema circulatorio para regular la saciedad mediada por el hipotálamo, efecto que contribuye particularmente al mantenimiento de la homeostasis del peso corporal (Fariñas Rodríguez & cols, 2005)
- El sistema de la melanocortina y los receptores opiáceos

reducen la ingestión con especificidad para las grasas.

- La colecistocinina, el péptido liberador de gastrina —la neuromedina b y la bombesina (Gibbs & Smith, 1998)— disminuyen la ingestión de alimentos.
- El péptido afín al glucagón o GLP-1, producido por las células L del intestino, es un potente insulinótrofo, al estimular la secreción de insulina por las células beta del páncreas dependiente de la ingesta, así como su neogénesis y la biosíntesis de proinsulina. Tiene además la capacidad de disminuir la secreción de glucagón, el vaciamiento y la secreción gástrica, lo que con disminución de la concentración de glucosa en sangre y de la respuesta a la insulina lleva a un incremento de la sensación de saciedad y una disminución de la ingesta (Rodríguez Scull, 2003)
- El páncreas endocrino ofrece la insulina como hormona reguladora del peso y del metabolismo por excelencia, lo que favorece la utilización de la glucosa y los lípidos por los tejidos, disminuye la producción hepática de glucosa, y como resultado de esto proporciona la optimización en el empleo de las proteínas al balancear positivamente el anabolismo (Rodríguez Scull, 2003)
- El glucagón, también producido por el páncreas, estimula la degradación del glucógeno y la gluconeogénesis lo que favorece el catabolismo. Por su parte, la porción exocrina aporta la enterostatina —señal peptídica de la colipasa pancreática— la cual disminuye la ingestión de grasa y

produce saciedad (Rodríguez Scull, 2003)

Así, el apetito tiene su contrario en la saciedad, como momentos íntimamente entrelazados en la búsqueda o el consumo de los alimentos, pudiendo identificarse tal interrelación en momentos bien definidos como son:

Alcanzar la saciedad transita por elementos tanto biológicos como cognitivos y sensoriales, así el olfato y la vista constituyen señales que estimulan el apetito en una etapa preparativa a la posibilidad de adquisición del alimento y su ingesta, siendo llamada fase cefálica.

Producida la ingesta e iniciado el proceso digestivo, se activan mecanismos fisiológicos intermediarios, ya que a través del nervio vago, el hipotálamo recibe información de los quimio y mecanorreceptores del tracto gastrointestinal, que conforman en su conjunto los mecanismos de control postingesta.

En la fase postabsortiva los distintos nutrientes son procesados y sus niveles en sangre se convierten en señales de saciedad, “disparando” una regulación de carácter endocrina previamente iniciada.

De acuerdo a lo expresado, el alimento ingresa al organismo gracias a la puesta en marcha del apetito, como señal indicadora, este pasa entonces por las fases sensorial-cognitiva, postingesta y de postabsorción, que marchan en forma decreciente, mientras simultáneamente la saciedad se va incrementando en forma inversa.

El difícil equilibrio entre apetito y saciedad —que finalmente va a regular cantidad y calidad de la ingesta alimentaria— tiene en su base un ajuste de las necesidades de adaptación comportamental y de regulación biológica, aportadora de energía.

## Digestión.

Para obtener la energía de sus receptáculos naturales — los alimentos— y transformarla a una forma utilizable por el organismo, se produce un período de digestión y su degradación hasta la condición de nutrientes, modo en que pasan a la célula, donde la energía desprendida se fija en compuestos estables macroérgicos —generalmente el ATP— quien se utiliza para las más disímiles funciones en sus diferentes procesos fisiológicos.

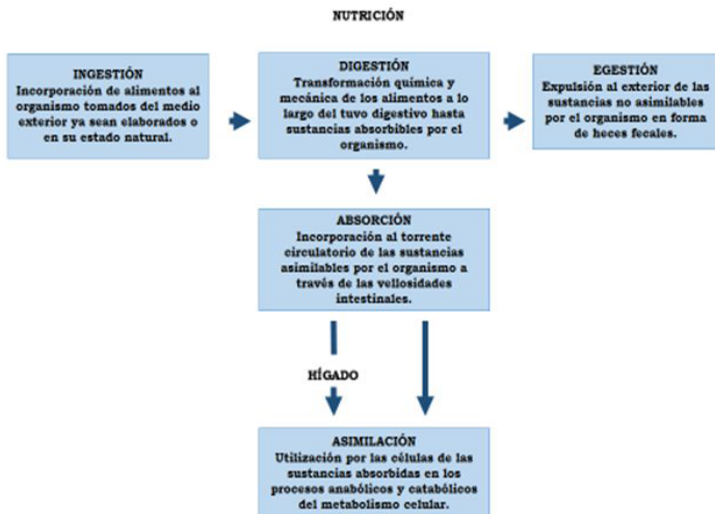


Figura 13. Procesos de la digestión. Fuente: autores.

## **Ingestión**

La ingestión es el mecanismo mediante el cual se incorpora el alimento elaborado o en su forma natural al organismo, de esta forma se da comienzo al complejo proceso de la nutrición. En el ser humano, los alimentos ingresan por la cavidad bucal.

### **Digestión de los alimentos en las diferentes porciones del tubo digestivo.**

La nutrición en los seres humanos integra varios procesos íntimamente relacionados y regulados por el Sistema Nervioso Central (SNC), que en su conjunto comprenden la ingestión, digestión, absorción, asimilación de los nutrientes y egestión. Tiene lugar en el llamado subsistema digestivo, que con una longitud de entre los 8 y 11 m, está formado por: la boca y cavidad bucal, faringe, esófago, estómago, intestino delgado e intestino grueso, terminando en el ano e incluye las glándulas anexas: glándulas salivales o parótidas, hígado y el páncreas.



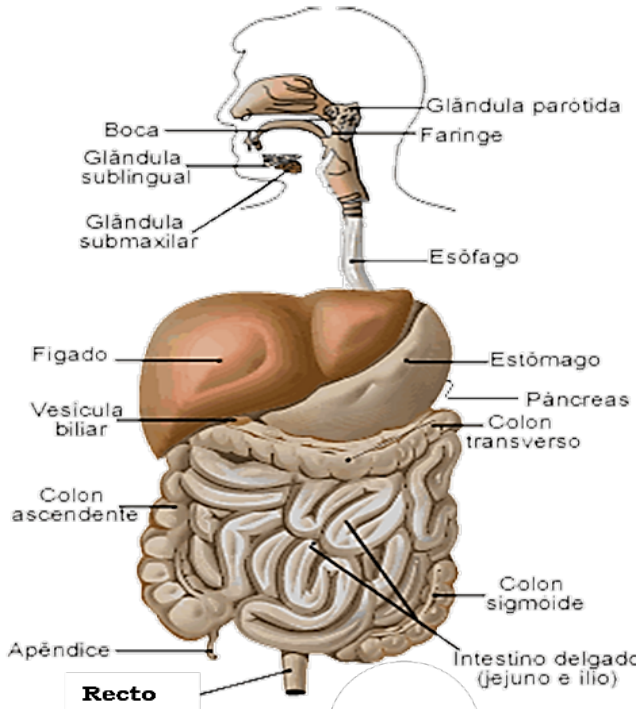


Figura 14. Sistema Digestivo. Fuente: Natalia e Grabiely (2011)

En el proceso de la digestión y mediante la hidrólisis —ruptura de un enlace químico con incorporación de una molécula de agua y bajo acción catalítica de enzimas hidrolasas— de las macromoléculas contenidas en los alimentos, se obtienen las moléculas simples que los componen, las que pueden atravesar la membrana de las microvellosidades de los enterocitos en el intestino delgado e incorporarse a sus rutas metabólicas o almacenarse en sus depósitos según sean las necesidades del organismo.

Por tanto se denomina *digestión* al conjunto de procesos

físicos y químicos mediante los cuales ocurre la transformación de los alimentos en sustancias que pueden ser conducidas por la sangre hasta su absorción al nivel celular, para ser asimilados en el organismo, constituyendo esta la primera etapa del metabolismo.

## **Digestión oral**

La cavidad bucal, constituye la primera porción del subsistema digestivo, está formada por las maxilas, a los lados los dientes y encías, además de las mejillas, en la parte inferior se encuentra la lengua, mientras que en la superior el paladar, quien en su porción anterior es óseo —paladar duro— y en su posterior blando —paladar blando—, constituyendo una formidable barrera que evita el paso de los alimentos a la cavidad nasal.

La cavidad bucal se encuentra limitada en su parte antero-lateral por los labios y mejillas o carrillos, en la zona superior por la bóveda palatina —paladar duro y paladar blando—, el velo del paladar que termina en úvula o campanilla, ventralmente por la lengua y el piso de la boca y en su parte dorsal o posterior por la entrada de la orofaringe o istmo de las fauces. Además, se encuentra dividida en dos zonas cuando los maxilares se encuentran en oclusión:

- ◇ boca propiamente dicha o cavidad bucal, comprendida por dentro de las arcadas dentarias,
- ◇ vestíbulo ubicado entre los labios y mejillas y las arcadas dentarias.

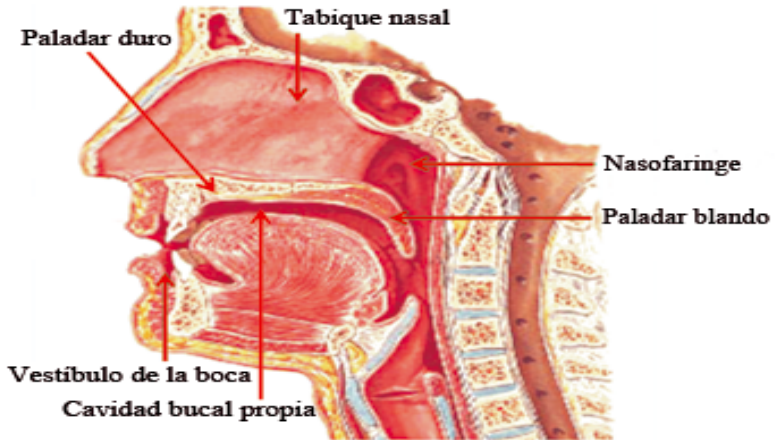


Figura 15. Cavidad bucal y nasal. Fuente: Companioni Landín y Bachá Rigal, (2012)

La cavidad bucal está constituida por un conjunto de órganos estrechamente relacionados estructural y funcionalmente, por lo que se considera un verdadero sistema que se especializan en:

- Masticación y trituración de alimentos.
- Absorción.
- Secreción de saliva.
- Gustación.
- Fonación y lenguaje articulado.

La lengua posee una forma irregularmente ovalada y está formada por dos porciones: una porción anterior o bucal (libre) más estrecha que comprende los 2/3 anteriores, está dispuesta horizontalmente y termina en la punta o ápice, y la porción posterior, faríngea o raíz, más ancha, que comprende el 1/3

posterior y se encuentra dispuesta verticalmente, además presenta dos caras una cara superior o dorsal y una cara inferior o ventral y funcionalmente se divide en tres partes: la base, la punta o ápice y el dorso, este último se divide a su vez en tres fracciones: predorsal, mediodorsal y postdorsal y en este órgano se localizan las papilas gustativas.

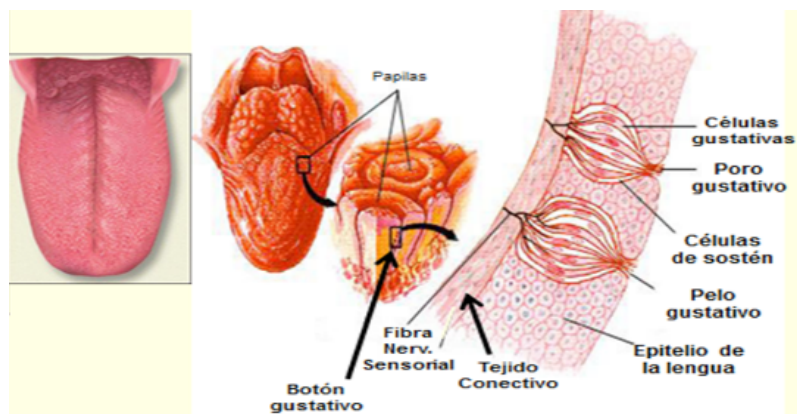


Figura 16. Estructura de la lengua. Fuente: Companioni Landín y Bachá Rigal, (2012)

Está formada por músculos estriados orientados en diferentes planos, lo que facilita su movilidad en todas las direcciones del plano, esta característica morfológica facilita su participación en el proceso digestivo, ya que impele los alimentos hasta situarlos entre las piezas dentarias para su masticación —siendo cortados, triturados y macerados— y sucesivamente lo va conformando —a la par que lo mezcla con saliva— en un bolo alimenticio que finalmente es deglutido, por lo que se puede afirmar que además de captar los sabores participa en la masticación, succión,

deglución y fonación (articulación de palabras).

La lengua humana porta los receptores del gusto —es el órgano del gusto— capaz de detectar sabores a un muy bajo umbral en relación con la concentración de las sustancias químicas que se diluyen en la saliva que normalmente la cubre o de las disoluciones y mezclas naturales o artificiales que se ingieren.

Tabla 12. Umbral del sabor en la lengua.

<b>Umbral del Sabor</b>	
<b>Sabor Dulce</b>	<b>Sacarosa(0.01M)</b>
<b>Sabor Amargo</b>	<b>Quinina (0.000008M)</b>
<b>Sabor Ácido</b>	<b>HCl (0.0009N)</b>
<b>Sabor Salado</b>	<b>NaCl (0.01M)</b>

Un aspecto interesante respecto a este órgano es que en su región dorsal se presenta una cantidad menor de papilas gustativas respecto al resto de las zonas componentes.

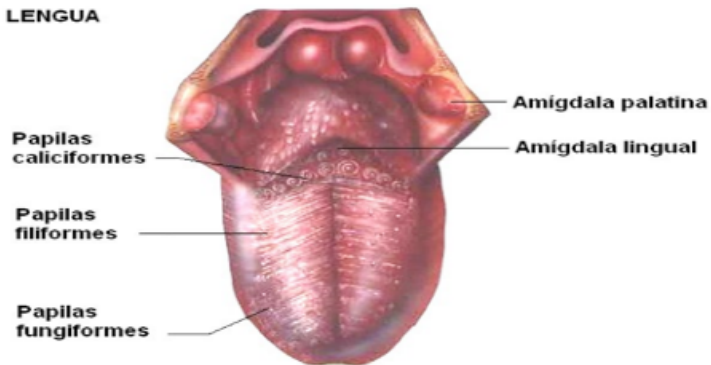


Figura 17. Papilas gustativas, localización. Fuente: Dovale Borjas (2004)

Esta diferencial distribución de las papilas gustativas incide en la variabilidad del umbral de detección de los sabores básicos a través de las diferentes regiones linguales y conllevó a considerar que tales sabores solo eran determinados hacia la periferia y rodeando toda su zona central o dorsal, esta última aparentemente insensible o de muy bajo nivel de captación, sin embargo a esta se asocia un quinto sabor denominado *umami*, vocablo del japonés con el significado de sabroso, asociado al glutamato sódico ampliamente usado en la cocina asiática.

Tabla 13. Tipos de papilas gustativas.

<b>Papilas filiformes</b>	Se localizan en el dorso de la lengua repartidas en toda la superficie de la lengua dispuestas en series paralelas que van oblicuamente del surco del medio de la lengua hasta los bordes y constituyen pequeñas elevaciones queratinizadas del epitelio, dirigidas hacia la faringe, son receptoras del sabor ácido y salado; y tienen función térmica y táctil. Contiene numerosas terminaciones nerviosas sensoriales.
<b>Papilas Caliciformes</b>	Se distribuyen cerca de la base de la lengua, en dos líneas que se reúnen en la parte media y posterior, y se distribuyen en forma de V por delante de la raíz de la lengua. El número de estas papilas varía entre 6 y 12, aunque son generalmente 11, son las papilas menos numerosas y las más voluminosas, son las receptoras del sabor amargo.
<b>Papilas Fungiformes</b>	Se localizan principalmente por los bordes y la punta de la lengua, estas son muy visibles y tiene un color rojizo debido a los vasos sanguíneos que las irrigan Tienen la forma de un hongo y se componen de una cabeza abultada, y de un pedicelo, son receptoras del sabor dulce.
<b>Papilas Foliadas</b>	Están poco desarrolladas, forma pliegues laterales y pequeños de mucosa lingual, localizan en la parte lateral posterior de la lengua y algunas en el dorso y son receptores que captan los sabores salados.

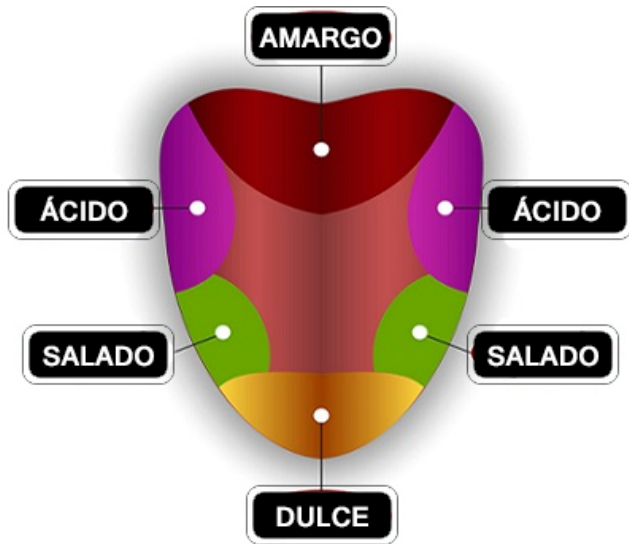


Figura 18. Sensibilidad a las sensaciones gustativas primarias de la lengua. Fuente: (Mejía Jervis, 2017)

Tal situación en realidad solo indica que algunas regiones linguales pueden ser más sensibles que otras y detectar un sabor en menor tiempo que el resto, porque finalmente todas las zonas tienen la capacidad de transmitir la cualidad del sabor de una sustancia.

Otros de los órganos con un papel destacado en la digestión son los dientes, órganos anatómicos duros fijados dentro de los alveolos maxilares, cuya función fundamental es desmenuzar los alimentos —no obstante intervenir conjuntamente con la lengua en la modulación del lenguaje— con una especialización funcional particular marcada por su posición, forma y tamaño, a pesar

de que en su conjunto forman parte de un aparato masticador generalizado, resultante de un largo proceso evolutivo acorde a la dieta omnívora adoptada por los antecesores del hombre moderno.

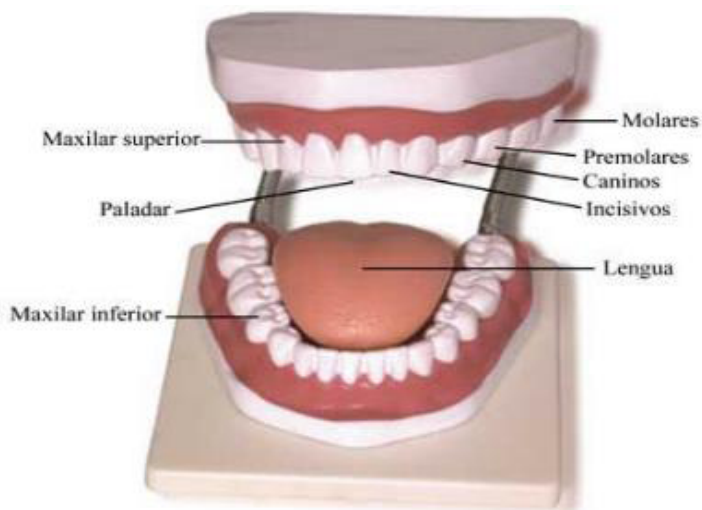


Figura 19. Aparato masticador. Fuente: Instrumentación Científico Técnica. Catálogo (2017)

Los dientes presentan tres partes fundamentales:

- ◇ Corona: es la parte superior del diente y la única visible. se localizan por encima de la línea gingival o borde de la encía. Su forma determina la función de cada una de las piezas dentales: los incisivos cortan, los caninos desgarran, mientras que los premolares trituran y los muelen.
- ◇ Cuello: es la unión entre la corona y la raíz.
- ◇ Raíz: es la parte de los dientes que se inserta dentro de los maxilares. Constituye las dos terceras partes del diente



y en su parte terminal se localiza una apertura llamada “foramen apical” que permite la entrada de nervios y vasos sanguíneos al interior del diente.

Y presentan varias capas:

- ◇ Esmalte: se encuentra cubriendo la corona, es transparente, y se considera el tejido más duro del órgano sin embargo, también es muy frágil y puede fracturarse con mucha facilidad.
- ◇ Dentina: es el tejido responsable del color del diente, se localiza debajo del esmalte en la corona dental y debajo del cemento en el área de la raíz. Esta puede cambiar de color con la edad o por el uso de sustancias como el café, tabaco, flúor.
- ◇ Cemento: es la capa que se encuentra cubriendo la raíz.
- ◇ Pulpa: es el centro del diente, en el cual se encuentran los vasos sanguíneos, nervios y tejido conectivo, los cuales nutren y le dan vitalidad al órgano.
- ◇ Conducto pulpar o conducto de la raíz: es el espacio abierto en el centro de la raíz, en donde se localizan los vasos sanguíneos y los nervios que entran al diente formando la pulpa.
- ◇ Foramen apical: es la pequeña abertura en la punta de la raíz, a través de la cual penetran al diente los nervios y vasos sanguíneos.

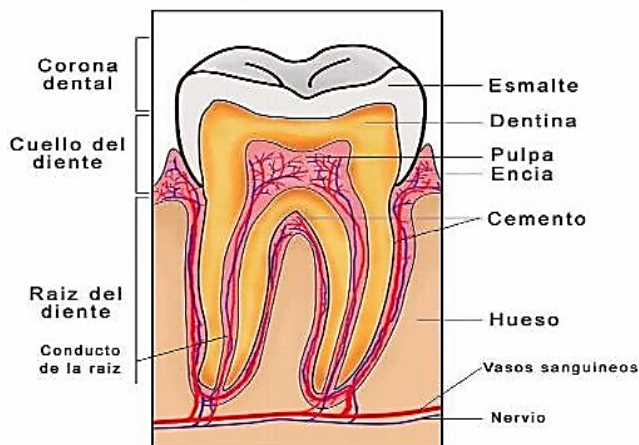


Figura 20. Capas del diente. (<http://www.paraserbella.com/2015/12/por-que-se-manchan-los-dientes/>)

El aparato masticador humano está formado hacia el frente por ocho incisivos —cuatro superiores e igual número en la maxila inferior— que en forma de bisel se usan para cortar el alimento. Cuatro caninos de forma cónica, uno a cada lado de las dos hileras de incisivos, preparados morfológicamente para desgarrar, seguidos por dos premolares y dos molares en el arco que conforma la mandíbula, con superficie aplanadas que favorecen la trituración y moledura de los alimentos. Ya en plena madurez biológica aparecen las llamadas muelas del juicio, una a continuación de la línea de dientes en ambas direcciones.

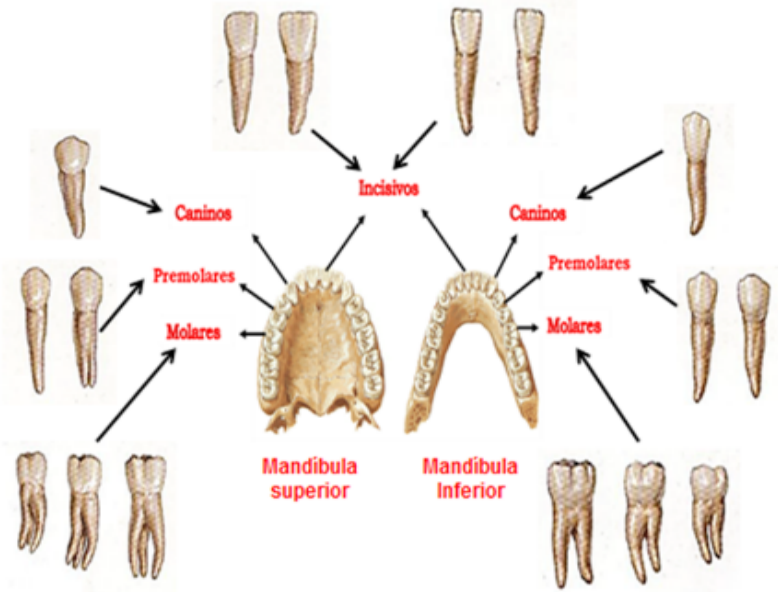


Figura 21. Estructura dentaria en humanos. Dentición permanente. Fuente de la imagen Netter (1995)

La masticación es en realidad la primera función del subsistema digestivo, se comienza la transformación mecánica de los alimentos y consiste en triturar los mismos dentro de la cavidad bucal reduciéndolos a partículas adecuadas para la acción enzimática en las diferentes porciones del tubo digestivo. Favorece el incremento de la superficie de los alimentos ingeridos —particularmente de los vegetales crudos ricos en fibras indigeribles que rodean porciones nutritivas— y con ello una mejor actuación enzimática, dada la capacidad limitada de las enzimas de llevar adelante la transformación bioquímica si la superficie no está expuesta — e incluso la tasa de digestión depende de esta relación—,

facilitando los cambios a que se someten dichos alimentos en su tránsito por el tubo digestivo, además, protege a la mucosa gastro intestinal del roce si aquel transcurriera como un gran cuerpo sólido y facilita el vaciamiento hacia las sucesivas regiones del subsistema.

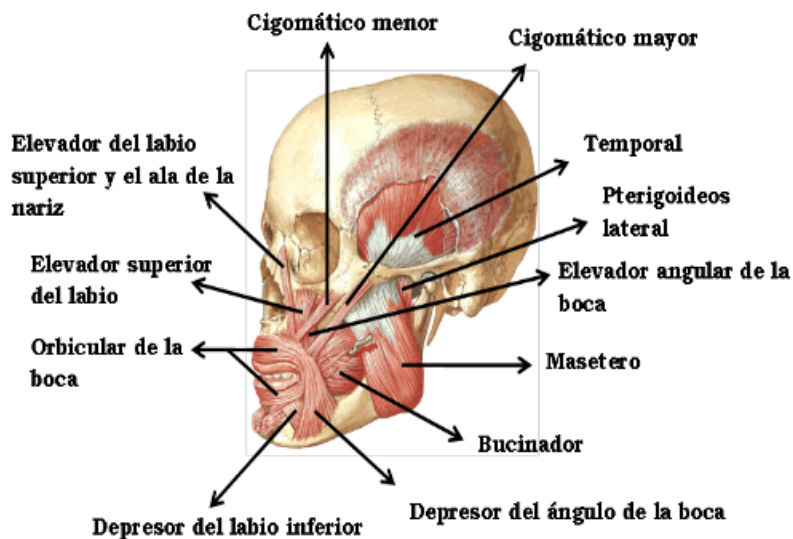


Figura 22. Músculos de la masticación. Fuente de la imagen Netter (1995)

La masticación es de naturaleza esencialmente refleja controlada fundamentalmente por la zona reticular de los centros del gusto en el tronco encefálico —aunque intervienen distintas áreas del hipotálamo, la amígdala en el subsistema límbico y la corteza cerebral próxima a las áreas del gusto y el olfato, de ahí el carácter voluntario que puede adoptar— realizándose movimientos continuos y rítmicos de la mandíbula inferior

ante un estímulo dado, como el que constituye la presencia del alimento en la boca, quien genera un reflejo inhibitorio de los músculos de la masticación con descenso de la maxila inferior, seguido de un reflejo de distensión que conduce a una contracción de rebote, seguido de elevación automática con cierre de los dientes y comprensión del bolo alimenticio contra el revestimiento bucal que conlleva a una nueva inhibición de la musculatura mandibular, en un ciclo de repetición hasta que el alimento es deglutido.

### **La salivación.**

A lo largo del tubo digestivo se presentan un conjunto de secreciones que intervienen en el proceso de la digestión ya sea como elementos catalíticos en las transformaciones bioquímicas que en él tienen lugar o simplemente como lubricantes y protectores de las diferentes porciones del mismo e incluso como elementos suministradores de un ambiente húmedo, muchas de estas sustancias solo aparecen en la cantidad necesaria al proceso que se lleva a cabo.

En particular la saliva tiene como función primaria la regulación del medio externo de las estructuras orales, siendo esencial su intervención en la masticación, deglución, digestión química y sensación gustativa, interviene esporádicamente en el control de la constancia de los líquidos y electrolitos del organismo. Participa en la neutralización del HCl gástrico en la luz esofágica y estomacal y participa en la excreción de metales pesados.

Desde el punto de vista mecánico mantiene húmedas las membranas de la boca y lubrica el alimento formando el bolo alimenticio para facilitar su paso por la faringe, además protege a los tejidos de la cavidad bucal contra posibles efectos adversos de microorganismos presentes en la misma.

Así el propio flujo salival lava y arrastra a los gérmenes y partículas alimenticias que sostienen la función metabólica de estos, puede contener cantidades no despreciables de anticuerpos, los cuales, al destruir algunos de los elementos bacterianos bucales, pueden contribuir a la protección contra las caries dentales.

La emisión de saliva se realiza en la cavidad bucal principalmente por tres pares de glándulas, quienes en conjunto vierten aproximadamente entre 800 y 1500 ml/diarios, tales son:

1. Las parótidas que producen, casi de manera exclusiva, saliva de tipo seroso, es decir saliva rica en la enzima ptialina.
2. Las submandibulares secretan tanto saliva serosa como mucosa en una proporción equivalente.
3. Las sublinguales secretan una saliva muy rica en mucus.

Es de destacar que existen —además de las glándulas salivales citadas— numerosas glándulas bucales unicelulares que se encuentran ampliamente distribuidas por la mucosa buco-lingual y secretan tan solo mucus.

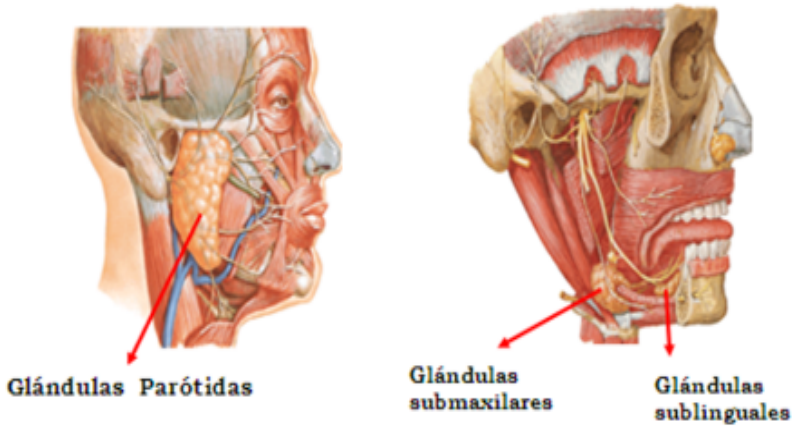


Figura 23. Glándulas salivales. Fuente: Rua Hernández, et al. (2002)

Químicamente la saliva contiene agua, iones inorgánicos como potasio y bicarbonato, mientras que el sodio y cloruro son bastante inferiores en ella en relación con las concentraciones plasmáticas de los mismos, mucoproteínas —proteínas de la mucosa— y dos enzimas digestivas: la  $\alpha$ , 1-4 amilasa salival o ptilina —una endoamilasa con un pH óptimo de aproximadamente 6,9— y la maltasa, ambas se desnaturalizan y pierden su actividad en un medio ácido.

Tabla 14. Composición química de la saliva en relación con el plasma sanguíneo. Fuente: Cardella Rosales (2007)

Componentes	Parótida	Submaxilares	Plasma sanguíneo
Orgánicos (mg/dL)			
Urea	15,0	7.0	25
Amonio	0.3	0,2	≤0,150

Componentes	Parótida	Submaxilares	Plasma sanguíneo
Ácido úrico	3,0	2,0	6 000
Glucosa	≤1	≤1	80
Lípidos totales	2,8	2,0	4
Colesterol	≤1	0	160
Ácidos grasos	1	0	300
Aminoácidos	1,5	0	50
Proteínas	250,0	150,0	6 000
INORGÁNICOS (meq/L)			
Potasio	20,0	17,0	4
Sodio	23,0	21,0	140
Cloruros	23,0	20,0	105
Bicarbonatos	20,0	18,0	27
Calcio	2,0	3,6	5
Magnesio	0,2	0,3	2
Fosfatos	6,0	4,5	2

La secreción de saliva se inicia por un acto reflejo —condicionado o incondicionado— ante la presencia de determinados estímulos como el contacto del alimento con la lengua y la mucosa bucal, por estímulos odoríferos, imágenes sugerentes al alimento, o simplemente pensar en el mismo, de este modo se excitan los centros nerviosos, llegando los impulsos al encéfalo, quien los dirige a los efectores, las glándulas salivales, y estas responden



con la secreción de saliva.

Las glándulas salivales son controladas fundamentalmente por señales nerviosas procedentes del subsistema parasimpático, en particular de los núcleos salivales superiores e inferiores del tronco encefálico, situados en la unión entre el bulbo y la protuberancia, respondiendo con excitación tanto a estímulos quimioceptivos como a los táctiles, estos últimos procedentes de la lengua, y otras zonas de la boca y la faringe.

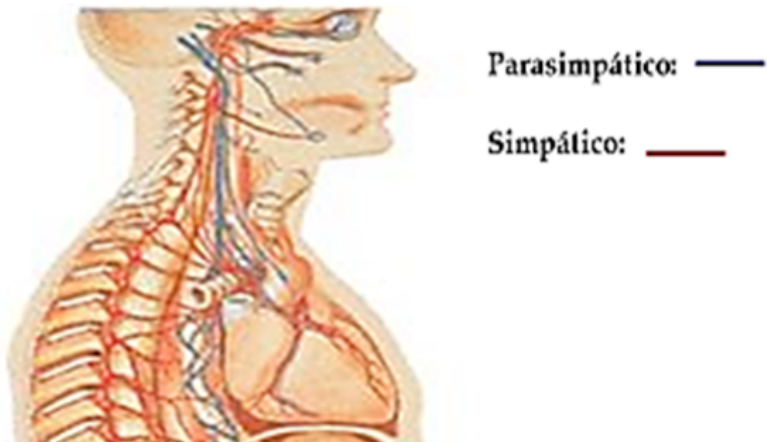


Figura 24. Inervación del sistema nervioso autónomo en las glándulas salivales. Fuente: Rua Hernández, et al (2002)

El cumplimiento de preferencias alimentarias conduce a una mayor salivación, no así con aquellos alimentos que constituyen tabúes o son desagradables, lo que sugiere el acondicionamiento provocado por los órganos superiores del sistema nervioso central (SNC).

Estímulos irritantes a nivel de estómago y en la parte alta del intestino —alteraciones gastrointestinales y náuseas— pueden

provocar salivación, por lo que no sería errado pensar que en tales casos la saliva contribuye a eliminar el factor irritante.

La estimulación simpática aumenta la salivación, —aunque mucho menos que la parasimpática—, así la señal se conduce desde los ganglios cervicales superiores hasta las glándulas salivales en conjunción con los vasos sanguíneos.

La digestión química de los polisacáridos como el almidón y el glucógeno y disacáridos como la maltosa, sacarosa y lactosa comienzan su descomposición en la boca por la acción de la  $\alpha$ , 1-4 amilasa salival o ptialina, quien escinde hidrolíticamente los enlaces glucosídicos del tipo 1-4. Las amilasas son enzimas glucolíticas del tipo de las hidrolasas, que hidrolizan los enlaces éteres (glucosídicos) de las cadenas de los polisacáridos y los escinden hasta oligosacáridos o disacáridos.

El almidón es transformado en amilo-dextrinas, eritrodextrinas,  $\alpha$ -dextrinas generadas a partir de las cadenas laterales de la molécula y constituidas por cinco moléculas de glucosa, maltotriosa —con tres moléculas de glucosa— y pequeñas cantidades de maltosa, por su parte el glucógeno sufre una transformación similar aunque no se generan fragmentos ramificados de  $\alpha$ -dextrinas límite. La maltosa es transformada posteriormente en glucosa al desdoblarse mediante su hidrólisis actuando como catalizador de esta reacción la maltasa salival, los monosacáridos no sufren transformaciones a lo largo del tubo digestivo, son absorbidos tal y como se ingieren.

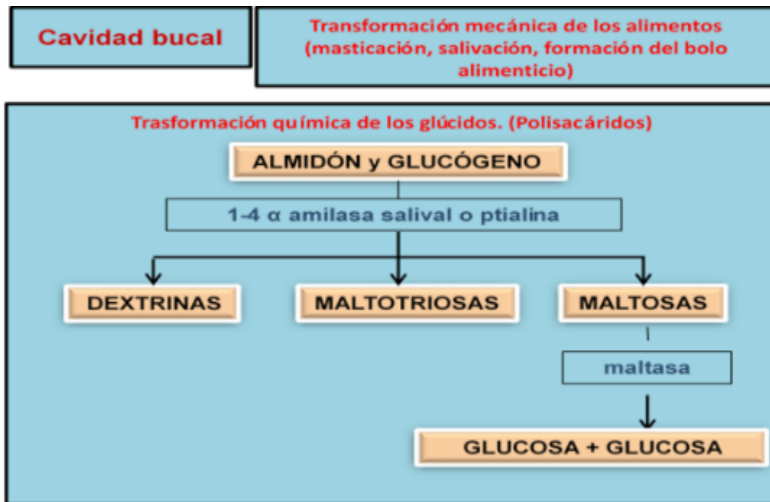


Figura 25. Transformaciones de los glúcidos en la cavidad bucal. Fuente: autor.

Debido a que el alimento no permanece mucho tiempo en la boca y el período de masticación es corto, no siempre la saliva se pone en contacto con todas las partículas de alimento, y la digestión oral de los glúcidos suele ser solo superficial, por tanto, las transformaciones digestivas experimentadas por el almidón y el glucógeno a este nivel no son significativas alcanzando aproximadamente solo un 5% del potencial posible a hidrolizar.

### **Deglución.**

El paso de los alimentos desde la boca al estómago se logra como consecuencia de una sucesión de reflejos. El primer momento del acto es voluntario y se produce cuando el alimento se encuentra en condiciones de ser deglutido, la lengua se apoya

en el paladar duro e impele al bolo alimenticio hacia la faringe mediante un movimiento lingual ondulatorio, a partir de este momento el proceso deja de ser voluntario y por lo general no se puede detener.

Así con el bolo alimenticio en la región entre la boca y la faringe, se produce una estimulación de las áreas epiteliales receptoras de la deglución, situadas alrededor de la entrada de la faringe y de modo particular en los pilares amigdalinos, dicho estímulo se dirige al tronco encefálico e inicia una serie de contracciones automáticas de los músculos faríngeos.

Al comenzar la deglución se detiene momentáneamente la ventilación, por un mecanismo reflejo que evita el paso irregular de los alimentos a la laringe y la tráquea, por su parte, la contracción de la faringe los envía al esófago, a la par el paladar blando se eleva evitando el paso hacia las fosas nasales y la lengua conserva su posición de apoyo contra el paladar duro evitando el retorno a la cavidad bucal.

El cierre de la laringe se realiza por los músculos que elevan todo el órgano, de modo que su orificio superior —denominado glotis— se obtura por el repliegue de tejido que constituye la epiglotis, de este modo se cierra la vía aérea, evitando la introducción de materiales sólidos o líquidos a la tráquea, al mismo tiempo que se distiende el orificio esofágico, facilitando la entrada del bolo alimenticio.

El bolo alimenticio baja por el esófago gracias a los músculos de sus paredes, así al ser tocadas por el alimento, son estimuladas

las terminaciones nerviosas existentes en ellas, transmitiendo los impulsos nerviosos al encéfalo, incrementando de esta forma la acción de dichos músculos y generando una onda de contracción que se desplaza hacia el estómago, con el consiguiente empuje del alimento.

La función del esófago es la de conducir con rapidez los alimentos desde la faringe al estómago, por lo que realiza dos tipos de movimientos denominados peristálticos, el primero o primario, constituye la continuación de la onda desarrollada durante la fase faríngea de la deglución, que si bien es relativamente débil, por lo regular es suficiente para lograr el paso de la totalidad del alimento, apoyándose además en la fuerza de gravedad, de no producirse el vaciado esofágico, este órgano desarrolla las llamadas ondas peristálticas secundarias, bajo el estímulo de los restos de alimentos retenidos en este conducto.

El orificio del esófago al estómago está regulado por un anillo de músculo liso llamado esfínter, que solo se abre cuando la onda peristáltica ha comprimido el bolo alimenticio contra la superficie.

### **Digestión gástrica.**

El vaciado esofágico en el estómago ocurre hacia la región media de este último órgano y se realiza con deposiciones en forma de círculos concéntricos desde la porción oral hacia el mismo, lo que asegura que siempre los depósitos más recientes se encuentren hacia la apertura esofágica, mientras que los más

antiguos se aproximan al cuerpo y antro pilórico.

Es necesario destacar que la entrada de los alimentos al estómago, ante la onda peristáltica que llega a él, constituye un potente estímulo que desencadena el reflejo vago-vagal hacia el tronco encefálico y en su retorno al órgano provoca una reducción del tono muscular del cuerpo gástrico, este se distiende lo que facilita el almacenamiento de dicho alimento, permitiendo además el acomodo de cantidades progresivas de este, hasta alcanzar el límite de relajación completa.

El estómago es considerado como una dilatación del tubo digestivo que conecta con el esófago y el duodeno, con una capacidad aproximada de 1-1.5 litros. Es un órgano intraperitoneal, localizado en el epigastrio aunque ocupa parte del hipocondrio izquierdo. Se relaciona en su región delantera con el lóbulo izquierdo hepático y el costal izquierdo, en su región posterior con el riñón izquierdo, en la parte superior con el diafragma y en la inferior con el colon transversal y su mesocolon. Es un órgano sacular que presenta paredes musculares gruesas, formado por cuatro capas, que comenzando desde la más profunda son: la mucosa, la sub-mucosa, la externa muscular y la serosa.

- ◇ La mucosa está formada principalmente por las glándulas gástricas que secretan los zumos digestivos. Está cubierta por una capa de tejido epitelial.
- ◇ La sub-mucosa está constituida por tejido conectivo denso, vasos sanguíneos, vasos linfáticos e inervaciones nerviosas. Proporciona soporte a la mucosa y permite que

se mueva de manera más flexible durante la peristalsis. La mucosa y la sub-mucosa están presentes en forma de pliegues, denominados **rugosidades**.

- ◇ La capa muscular está formada por fibras longitudinales, circulares y oblicuas.
- ◇ La capa más externa de la pared del estómago, la **serosa**, está formada por una capa epitelial y tejido conectivo que conecta con los órganos subyacentes.

Su túnica mucosa forma una multitud de pliegues —que favorecen el incremento de tamaño a manera de sáculo—, además, pequeñas depresiones que son las fosillas gástricas en las que se abren los conductos de las glándulas que secretan el jugo gástrico.

El estómago anatómicamente se encuentra dividido en cinco regiones:

- ◇ La superior que por su cercanía al corazón se ha dado en llamar región del cardias, es la más cercana al esófago y constituye el límite entre este órgano y el estómago, realizando función de esfínter.
- ◇ Fondo gástrico región fúndica —fornix o fundus—, y constituye la parte más alta del estómago, siguiendo al cardias.
- ◇ El cuerpo gástrico es la porción media del estómago y la región más grande que comprende la curvatura mayor y la menor del estómago, se extiende desde el fondo hasta

el antro pilórico.

- ◇ El antro pilórico, es la región infundibular del estómago.
- ◇ Y la quinta se extiende hasta la apertura del intestino delgado llamada región pilórica que contiene el píloro -en griego significa portero- y es el límite entre el estómago y el duodeno, el píloro tiene función de esfínter que regula el vaciado gástrico.

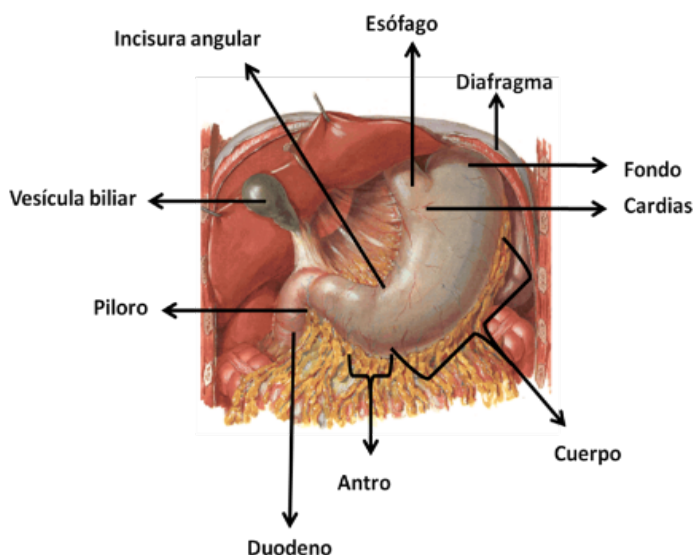


Figura 26. Partes componentes del estómago. Estructura externa. Fuente de la imagen Netter (1995)

Las funciones del estómago son: almacenamiento del quimo; inicio de la digestión de las proteínas por acción de la pepsina y la secreción del ácido clorhídrico, este último genera un pH con acción bactericida, por su parte, la transformación del pepsinógeno estimula la secreción de bilis y jugo pancreático.



Además, la generación del mucus tiene función protectora y en este propio órgano tiene lugar la absorción de agua y alcohol, sin obviar la producción de factor intrínseco necesario para la absorción de la vitamina B.

Las glándulas que secretan el jugo gástrico son de dos tipos las glándulas oxínticas o gástricas y las glándulas pilóricas.

- ◇ Las glándulas gástricas presentan tres tipos de células:
  - las mucosas del cuello que, como su nombre lo indica, sintetizan y secretan un mucus, además de ciertas cantidades de pepsinógeno —precursor inactivo de la enzima proteolítica pepsina—;
  - las células principales o pépticas que sintetizan y secretan grandes cantidades de pepsinógeno y;
  - las células acidófilas o parietales —u oxínticas hacia las superficies interiores del cuerpo y fondo gástrico— que producen activamente y con gran consumo de energía, el ácido clorhídrico del jugo gástrico y el denominado factor intrínseco.
  
- ◇ Las glándulas pilóricas —en el antro gástrico a continuación de la región del cuerpo— son secretoras de mucus que interviene en la protección de la mucosa pilórica, además de gastrina, hormona fundamental en el control de la secreción gástrica.

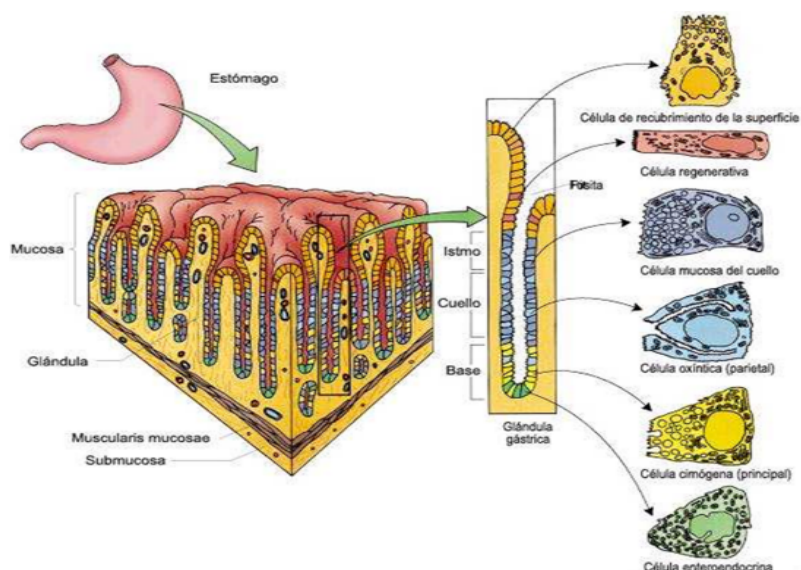


Figura 27. Estructura interna del estómago. Fuente: Dovale Borjas (2004)

La sustancia denominada como factor intrínseco es esencial para la absorción de la cobalamina o Vit B<sub>12</sub> en el íleon e incluso de dañarse las células parietales —como en el caso de la gastritis crónica o atrófica—, la persona llega a presentar un cuadro de anemia perniciosa —tipo de anemia megaloblástica— por la falta de estimulación de la vitamina citada sobre la médula ósea lo que influye en la disminución de la maduración de los eritrocitos, situación que se observa además como resultado secundario de ciertas enfermedades endocrinas autoinmunes, en vegetarianos estrictos sin consumir suplementos de complejo B<sub>12</sub>, pobreza, desnutrición y ante la medicación con ácido paraaminosalicílico

—PAS, usado en el tratamiento de la tuberculosis— colchicina —tratamiento de la gota— y neomicina —antibiótico de efecto bactericida.

En el jugo gástrico se han encontrado algunas otras enzimas, en cantidades mínimas y funcionabilidad casi efímera, como son la lipasa gástrica —la mayor parte no es segregada en este órgano, sino, regurgitada desde el intestino— con acción sobre la tributirina —denominación aplicada a la butirina, este compuesto de ácido butírico y glicerol— perteneciente al complejo graso de la mantequilla; la amilasa gástrica —actuante sobre el almidón— y la gelatinasa, que ayuda a la licuefacción de los proteoglicanos —o proteoglicanos, clase especial de glicoproteínas— de la carne.

La renina es otra enzima secretada en el jugo gástrico, tiene como denominador común a la pepsina, es exclusiva de los mamíferos y se encuentra relacionada a esa condición, por lo que está completamente desarrollado el eje renina-pepsina desde el nacimiento, mientras que el resto de los mecanismos maduran meses después. Se secreta en forma inactiva como prorenina y es activada por los iones  $H^+$ . Esta proteína escinde el caseinógeno —proteína de la leche— en dos proteínas menores, una de las cuales es la caseína, que coagula en presencia de los iones calcio de la leche; entonces es digerida por la pepsina.

Tabla 15. Enzimas secretadas en el jugo gástrico. Fuente: autores

Enzimas	Función
Pepsina	Constituye la principal enzima del jugo gástrico, es una endoproteasa que rompe los enlaces peptídicos de las proteínas y es secretada en forma de pepsinógeno.
Renina	Enzima que actúa sobre la caseína, proteína de la leche.
Lipasa gástrica	Enzima que desdobra los lípidos.
Gelatinasa	Interviene en la licuefacción de los proteoglicanos —o proteoglicanos, clase especial de glicoproteínas— de la carne.
Anhidrasa carbónica	Importante papel en la formación del ácido clorhídrico

En el estómago ocurren contracciones acompañadas de movimientos ondulatorios periódicos —las llamadas contracciones peristálticas—, entre cuyas funciones se encuentran el reblandecimiento, mezcla y avance del alimento desde el cardias hasta el píloro, en él finaliza la digestión mecánica, almacenando alimentos en la porción fúndica, antes de pasar al duodeno. Se conforma el llamado quimo gástrico y se prepara su vaciado —luego de digerir adecuadamente los tipos de macronutrientes que son transformados en él— hacia la siguiente porción del tubo digestivo: el duodeno.

Cuando el alimento llega rápidamente, o en grandes cantidades, al estómago, se llenan las porciones cardíaca y pilórica —regiones o zonas de trabajo— y puede producirse una indigestión o dispepsia, por comprometerse la motilidad y/o secreción gastrointestinal, con perturbación de la digestión.

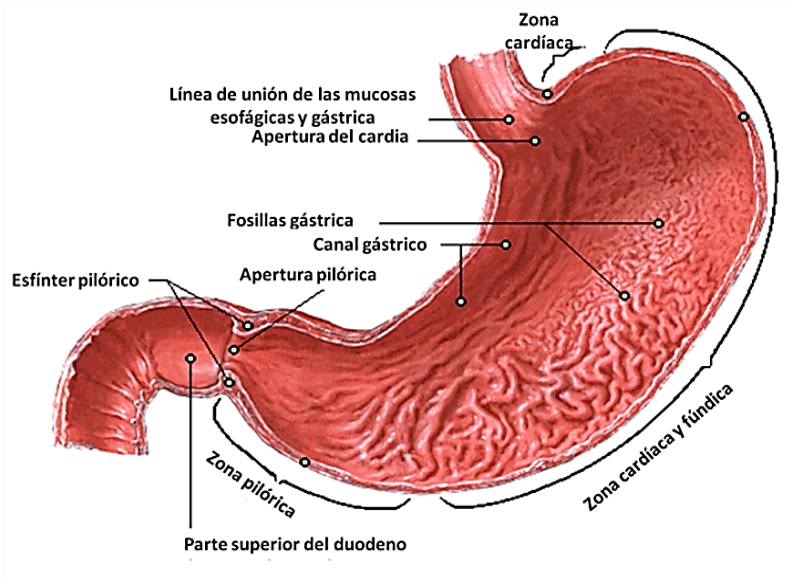


Figura 28. Partes del estómago. Estructura interna. Fuente de la Imagen Netter (1995)

La digestión química de los alimentos en el estómago está íntimamente vinculada a la acción del jugo gástrico —secretado cuando se hace patente el estímulo sensoperceptual adecuado, incluido el contacto de los alimentos con las paredes estomacales y de modo particular las proteínas—, generando la actuación de neurotransmisores u hormonas con acción estimulante sobre la secreción de las glándulas gástricas, tales son:

- ◇ La acetilcolina: estimula la secreción de las glándulas gástricas con liberación de pepsinógeno, ácido clorhídrico y mucus. Además provoca mediante una neurona intermedia, la secreción de un neurotransmisor llamado péptido liberador de gastrina, que actúa sobre las células G

provocando la secreción de la hormona gastrointestinal gastrina, así como aumenta la secreción pancreática, la actividad mioeléctrica intestinal y la contractilidad del músculo liso.

- ◇ La gastrina es una hormona polipeptídica segregada por las glándulas pilóricas, estimula los receptores de las glándulas fúndicas del estómago provocando la liberación de HCl del antro del estómago y por las fibras peptidérgicas del nervio vago, además de la histamina y pepsinógeno.
- ◇ La histamina: hormona derivada del aminoácido histidina que estimula la secreción de ácido por las células parietales bajo la estimulación de la gastrina. También aumenta la producción de pepsina y factor intrínseco.

El efecto de las tres sustancias mencionadas se conjuga y estimula la producción de grandes cantidades de ácido a las que se suman las producidas por la activación de los reflejos gástricos que se integran intraparietalmente.

La secreción de ácido clorhídrico y de pepsinógeno puede producirse por un estado de hipoglicemia, del mismo modo que lo realizan el alcohol y la cafeína, actuando directamente sobre la mucosa del estómago, puede aumentar el volumen de la secreción gástrica con mejoramiento del apetito y de la digestión.

El ácido clorhídrico macera y descompone el alimento. Las materias fibrosas duras del alimento animal y vegetal se

reblandecen, el cemento que existe entre las células vegetales es degradado y la masa de alimento se desintegra. A la par, la masa de alimento es completamente mezclada y desmenuzada por la poderosa acción muscular de las paredes del estómago, desplazándose las ondas de contracción tanto hacia delante como hacia atrás —peristaltismo y antiperistaltismo.

### **Fases de la secreción gástrica.**

Una de las enzimas secretadas en el estómago es la pepsina, inicialmente en forma de pepsinógeno —molécula enzimática inactiva—, pero en presencia de iones H provenientes del HCL, se transforma a la forma activa, proceso que asemeja a un desenmascaramiento en el cual el pepsinógeno se transforma en pepsina activa y un fragmento molecular menor, una vez que se ha formado la enzima activa, estimula nueva conversión.

La secreción de pepsinógeno inactivo y su conversión posterior en pepsina activa, constituye un mecanismo defensivo ya que se protege la pared del estómago ante la presencia de una enzima capaz incluso de digerir a las propias células que la producen si no se encuentran alimentos —proteínas— en el compartimento gástrico.

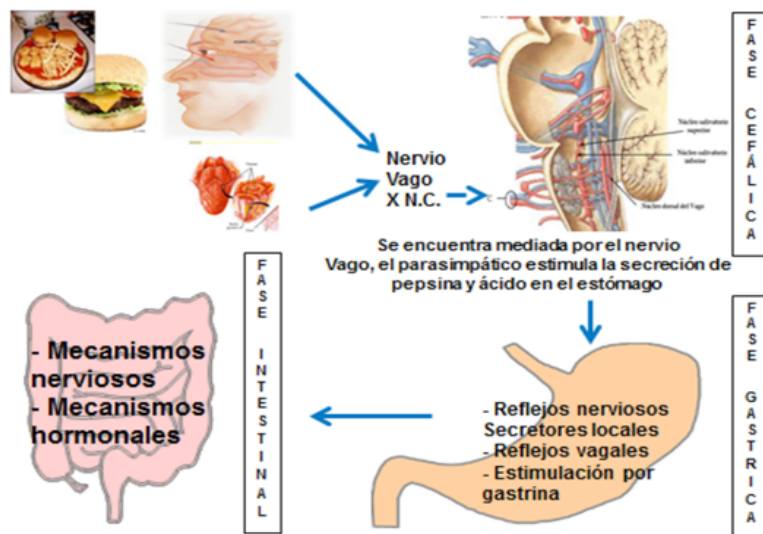


Figura 29. Fases de la Regulación de la Digestión.

Es importante destacar que el HCL puede actuar sobre las paredes del estómago, pero esto no es común pues solo se secretan cantidades apreciables de este ácido cuando el alimento llega al mismo, además entre las células del revestimiento epitelial de la mucosa del estómago, existe un elevado número de células secretoras de mucus –células caliciformes– que sintetizan y secretan las mucoproteínas del jugo gástrico, las que tapizan la mucosa estomacal y la protegen, aunque finalmente el ácido se diluye pronto por el agua de los alimentos.

### **Digestión de las proteínas en el estómago**

La digestión de las proteínas ingeridas con la dieta, ya sean de origen animal o vegetal no sufren transformaciones digestivas



en la cavidad bucal debido a que la saliva no contiene enzimas proteolíticas. Estas pueden sufrir transformaciones digestivas en el estómago por la presencia en el jugo gástrico de pepsina, esta rompe enlaces peptídicos localizados en el interior de la molécula de proteína. Como consecuencia de la acción digestiva de la pepsina se obtiene una mezcla de polipéptidos de diferentes tamaños que algunos han denominado proteasas y peptonas.

## Estómago

### Transformación mecánica de los alimentos y química de las proteínas

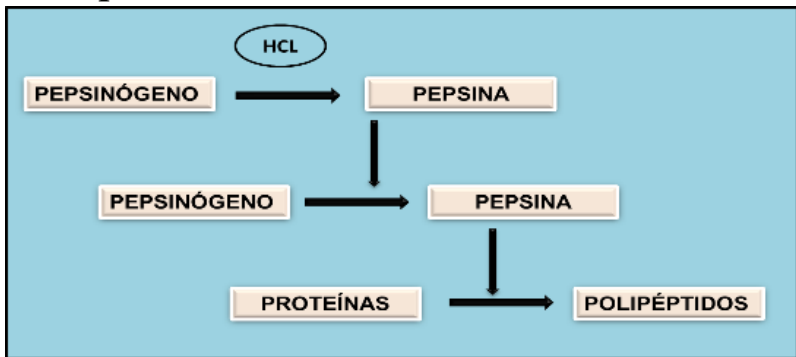


Figura 30. Transformación de las proteínas en el estómago. Fuente: autores.

La pepsina cataliza la desintegración de las proteínas en el estómago, pero como consecuencia del poco tiempo que se mantienen las mismas en este órgano y su complejidad, no son transformadas en su totalidad en aminoácidos libres, aunque si a la condición de productos intermedios, como las llamadas proteasas, peptonas y polipéptidos, es de destacar que muchas

proteínas escapan totalmente de la digestión péptica gástrica, ya que solo la superficie exterior de las partículas alimenticias experimentan su acción por las limitaciones de tiempo antes referidas.

La renina es otra enzima secretada en el jugo gástrico, esta actúa específicamente sobre el caseinógeno, la proteína de la leche. Se segrega en forma de prorrenina inactiva y es activada por los iones  $H^+$ , entonces escinde el caseinógeno en dos proteínas menores, una de las cuales es la caseína. La caseína coagula en presencia de iones calcio de la leche y es digerida por la pepsina.

## Estómago

### Transformación química del caseinógeno

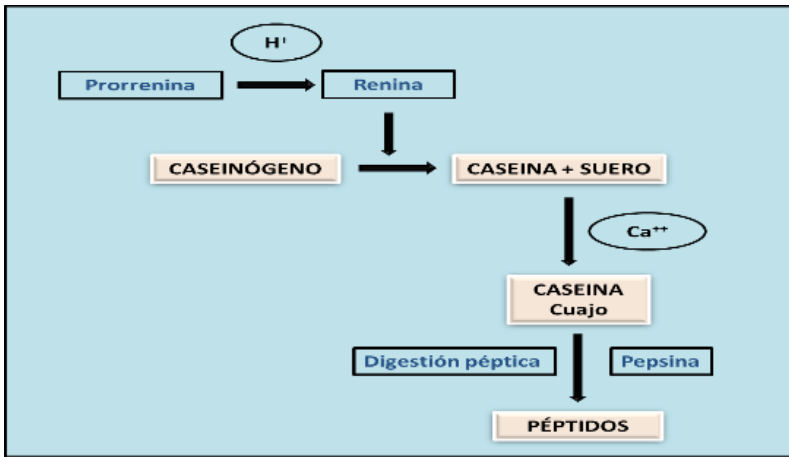


Figura 31. Transformación del caseinógeno en el estómago. Fuente autores.

La posesión de la renina es exclusiva a la condición de mamíferos –Tax: Clase Mammalia– que incluye a los seres humanos –Tax: Homo sapiens sapiens. La leche es el primer

alimento de la especie y el único durante algún tiempo, por lo que tienen completamente desarrollado el eje renina-pepsina desde el nacimiento, mientras que el resto de los mecanismos maduran meses después, así los recién nacidos recibirán muy pocos beneficios o ninguno –pudiendo perjudicarlos– de otros alimentos que no sea la leche.

### **Digestión de los lípidos en el estómago**

La digestión de los lípidos y de manera particular los triacilglicéridos o grasas neutras – componente graso fundamental de los alimentos–, se inicia en la boca, en ello interviene, además del movimiento de las maxilas y la lengua, la enzima denominada lipasa lingual, presente en la saliva, pero evidentemente que tal proceso en la cavidad bucal realmente no es de notable importancia, los alimentos ricos en grasas neutras permanecen muy poco tiempo en la cavidad bucal, pasando como parte del bolo alimenticio al estómago.

Es de destacar que tanto la lipasa lingual como la gástrica pueden tener relativa importancia digestiva especialmente respecto a los triacilglicéridos o grasas neutras en el ser humano desde los tres meses hasta el primer o segundo año de vida, luego del período citado la importancia fisiológico-digestiva de las mismas es prácticamente despreciable.

No obstante, ya en el estómago, se incrementa la acción digestiva sobre las grasas, influyendo en ello, por un lado el movimiento de las paredes del estómago que favorecen el fraccionamiento

fino de las mismas, incrementando la superficie de contacto para la lipasa gástrica.

La acción de la lipasa gástrica tiene una función importante, ya que la hidrólisis inicial de los triacilglicéridos en el estómago da lugar a productos más hidrosolubles y anfipáticos, con la propiedad de interactuar doblemente: por su cabeza hidrofílicas con las moléculas de agua, y por sus colas hidrofóbicas, que interactúan entre sí, disminuyendo la tensión superficial en la interfase lípido-agua y contribuye a estabilizar las emulsiones más fácilmente digeribles al nivel intestinal. Por ejemplo, revierte especial valor cuando se ingiere mantequilla o mayonesa.

El estómago por tanto con sus movimientos peristálticos prepara una emulsión de lípidos en agua que proviene de la propia ingesta alimentaria y/o de la contenida en el jugo gástrico y en presencia de las sales biliares se estabiliza, estas últimas actúan como detergente y reducen la tensión superficial de las grasas, completando una fina emulsión coloidal de lípidos en agua, hasta una condición micelar.

Las micelas son partículas coloidales de diámetro inferior a las gotas emulsionadas de lípidos y en ellas las sales biliares –secretadas en el intestino delgado– están en equilibrio con sus propias moléculas libres en la dispersión. Es común llamar concentración micelar crítica a la menor concentración de esta fase polar de lípidos, capaz de constituir una micela estable, que puede llegar a ser solo de 4 moléculas y en las que la lipasa pancreática se disuelve, la digestión solo es posible en el límite

entre el agua y la grasa, por tanto, mientras mayor sea la superficie limitante, mayor será la digestión de las mismas.

### **Digestión de los glúcidos en el estómago.**

La ptialina o  $\alpha$ , 1-4 amilasa salival no actúa en medio ácido, en el estómago no se secreta ninguna enzima que actúe sobre los glúcidos, aunque en él continua la transformación de los mismos durante un corto período de tiempo debido a la presencia de saliva en el bolo alimenticio y por tanto de amilasa salival, pero esta es desactivada o destruida rápidamente en presencia del HCL, que genera un  $\text{pH} = 2$ , estos alimentos siguen su transformación en el intestino delgado por la acción de la enzima  $\alpha$ , 1-4 amilasa pancreática y las disacaridasas específicas.

El alimento sale del estómago a través del esfínter pilórico, solo cuando se reciben las señales procedentes tanto del estómago —grado de llenado y efecto excitador de la gastrina sobre el peristaltismo gástrico— como del duodeno, en especial este último tiene un papel más activo en la regulación del vaciado del quimo, ya que con ello se garantiza que no llegue nunca en una cantidad o proporción superior a la que el intestino delgado pueda digerir y absorber, vertiéndose en forma de una masa semilíquida con algo de glucosa, ácidos grasos, glicerina, grasas complejas, peptonas y polipéptidos; pero la mayor parte de las grasas, glúcidos y gran parte de las proteínas todavía no han sido digeridas.

Unos 20 o 30 minutos después de haber comido comienza a

pasar el alimento del estómago al intestino, pero el vaciamiento total del mismo demora entre 3 y 4 horas, durante todo este tiempo la digestión gástrica continúa. Entre tanto, el peristaltismo no se detiene, así las contracciones estomacales en el proceso de vaciado dan la sensación de hambre.

## **Digestión intestinal.**

El intestino constituye un aparte de extrema importancia en el contexto del subsistema digestivo, comprende dos grandes secciones: el delgado y el grueso, distinción realizada con base en la diferencia de diámetro entre ambos, aunque otros elementos diferenciables son la longitud y funciones en que intervienen o de la propia conectividad como continuidad natural del estómago.

**El intestino delgado se inicia en el píloro y se suspende dentro de la cavidad peritoneal por un mesenterio de base amplia y delgada**, unido a la pared abdominal posterior, condición que le brinda libertad de movimiento, se divide en **duodeno, yeyuno e íleon y concluye en la válvula ileocecal.**

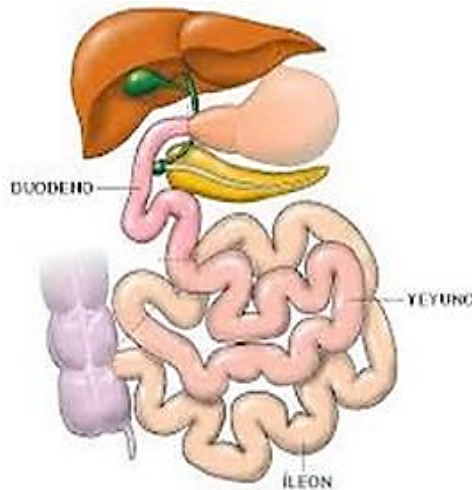


Figura 32. Intestino delgado. Fuente: <http://yasalud.com/intestino-delgado/>

**La primera porción del intestino delgado –bulbo duodenal–**, se extiende alrededor de la cabeza del páncreas y termina en la marca duodeno-yeyunal –flexión duodenoyeyunal– definido por el ligamento de Treitz, en posición de retorno hacia la cavidad peritoneal, en él confluyen el conducto biliar y el pancreático que como regularidad se unen para constituir el ámpula hepatopancreática o ámpula de Vater, aunque se pueden mantener independientes. Yeyuno e íleon son progresivos en el sentido de que sus límites no están definidos sus diferencias se basan en el grosor y posición.

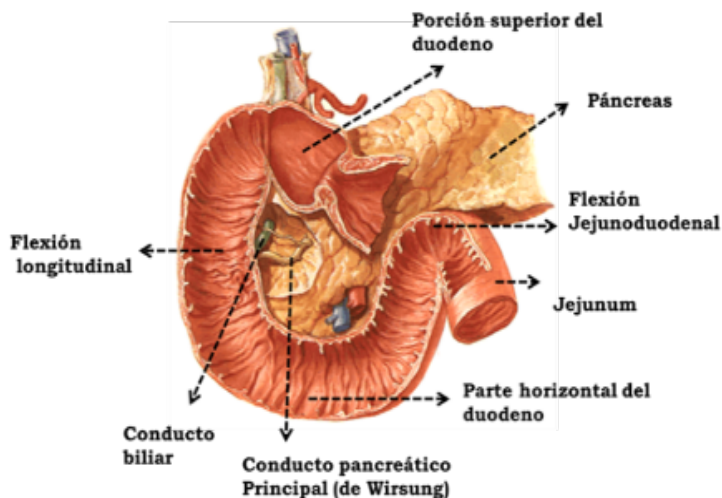


Figura 33. Duodeno. Fuente de la imagen Netter (1995)

En el intestino delgado además de culminar la transformación química de los alimentos ingeridos se realiza la absorción de nutrientes generados en la digestión, para lo cual presenta las siguientes adaptaciones:

- ◇ Pliegues circulares, válvulas de Kerckring o plica, que son visibles a simple vista y son pliegues permanentes formados por mucosa y submucosa.
- ◇ Vellosidades intestinales o villi, que tienen un tamaño de 0,5 a 1 milímetro y dan la textura aterciopelada del interior del intestino.
- ◇ Criptas de Lieberkühn, que son glándulas tubulares situadas entre las vellosidades. En el fondo de estas criptas aparecen las células madre.



El epitelio intestinal de la mucosa está formado a su vez por diferentes tipos celulares entre los que se encuentran:

- ◇ Enterocitos: son células altamente especializadas, la membrana plasmática presenta en su polo luminal múltiples microvellosidades que tienen como función la absorción de los nutrimentos y transportarlas al interior del organismo, la secreción, también desempeñan función de barrera biomecánica, bioquímica e inmunológica. Disminuyen del duodeno al recto.
- ◇ Células caliciformes: son consideradas glándulas unicelulares, secretoras de mucina o moco, aumentan desde el duodeno al recto. Se encuentran ausentes en el estómago ya que el propio epitelio es mucígeno.
- ◇ Células enteroendocrinas: células argentafines, también llamadas células de los gránulos basales. Pertenecen al Sistema Neuroendocrino Difuso (SNED) –grupo diverso de células con alta especialización y diferente origen embriológico constituyentes de estructuras disímiles– y tienen como función la síntesis y secreción de péptidos con actividad biológica, además producen gastrina y somatostatina.
- ◇ Células de Paneth: células productoras de lisozimas que digieren algunos grupos bacterianos, participan en el control de la microbiota intestinal (función defensiva).
- ◇ Células Madre indiferenciadas: responsables de la renovación de todos los tipos celulares.

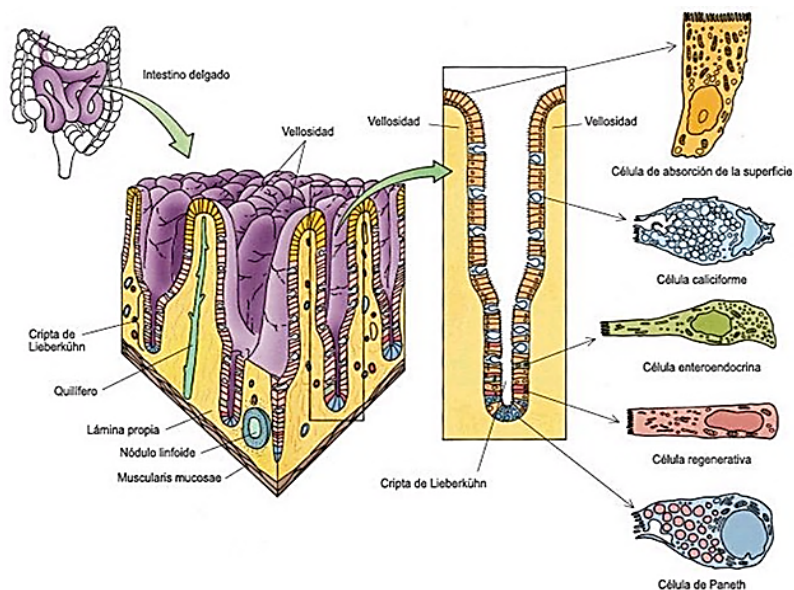


Figura 34. Especializaciones de la mucosa del intestino delgado. Células constituyentes.  
Fuente: Dovale Borjas (2004)

#### ◇ Jugo intestinal

El jugo intestinal es secretado por un conjunto de glándulas situadas inmediatamente debajo de la mucosa del duodeno —estimuladas por el contacto del alimento con la mucosa—, sin embargo, esta no es la única secreción, así el HCL proveniente del estómago estimula la producción y emisión de un grupo de hormonas desde la pared intestinal —en conjunto denominadas secretinas—, que actúan sobre el hígado y el páncreas, quienes a su vez secretan respectivamente la bilis y el jugo pancreático en el propio duodeno, estos jugos en su conjunto cambian las condiciones de acidez del vertimiento procedente del estómago tornándolo alcalino.

Además a lo largo de todo el intestino delgado existen pequeñas depresiones de la mucosa del mismo que reciben el nombre de criptas de Lieberkühn, constituidas por dos tipos de células: las caliciformes que en número reducido son productoras de mucus, con acción lubricante y protectora de la superficie intestinal, y los enterocitos —que representan el principal componente celular de las criptas—, y secretan grandes cantidades de agua y electrolitos, además de una o más lipasas y de varias enzimas relacionadas con la digestión de los fosfátidos de glicerina ingeridos: las fosfatidasas A, B y C.

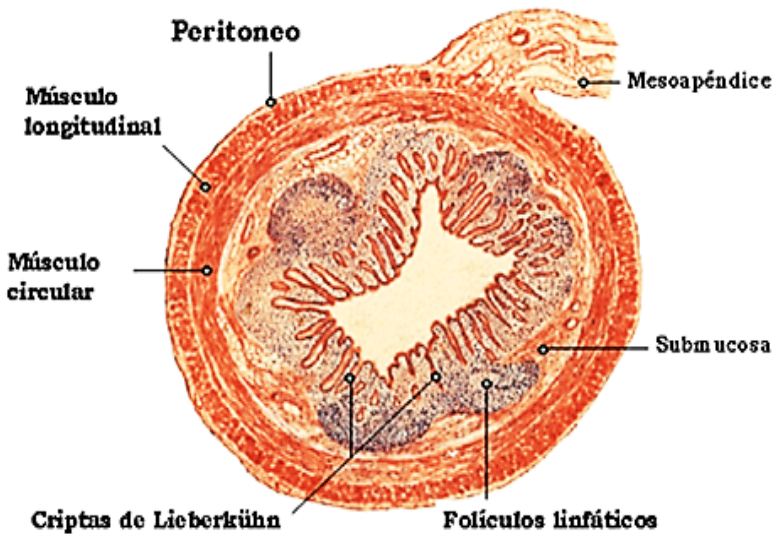


Figura 35. Sección transversal del intestino. Criptas de Lieberkühn. Fuente de la imagen Netter (1995)

◇ **Bilis.**

La bilis no contiene enzimas digestivas, pero es alcalina y ayuda a la digestión neutralizando el quimo procedente del estómago,

además las sales biliares —glicocolato y taurocolato de sodio y potasio y glicoquenodesoxicolato y tauroquenodesoxicolato también de sodio y potasio, en una cantidad hasta de 0,6 g al día— emulsionan las grasas en el intestino, con aumento de la superficie de contacto de las gotículas de grasa, favoreciendo así la acción de la lipasa.

Contiene además ácidos biliares primarios —ácido cólico y ácido quenodesoxicólico, ambos sintetizados a partir del colesterol—, sales, colesterol, lecitinas, mucus, bilirrubina y otros pigmentos, muchos de los cuales son excretados utilizando como medio a la propia bilis.

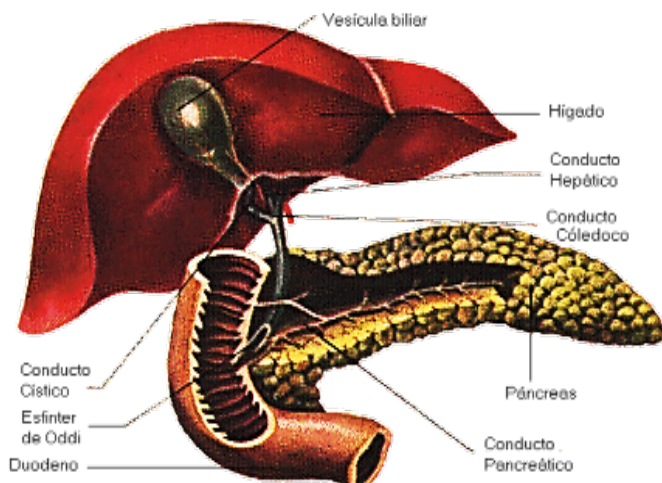


Figura 36. Glándulas anexas del tubo digestivo. Fuente de la imagen Netter (1995)

El color de la bilis es el resultado de la presencia de los citados pigmentos —verdes, rojos, amarillos o anaranjados en dependencia de la especie animal— que se obtienen de la degradación de la hemoglobina en el hígado y de la transformación por las bacterias intestinales, por lo que adquiere el color pardo característico de las heces. Tales pigmentos de no ser excretados son reabsorbidos —acumulándose en la sangre y los tejidos—, de ahí el tinte amarillento en la piel conocido como ictericia.

◇ Jugo pancreático

El jugo pancreático es de color claro y acuoso, con pH de 8,5 aproximadamente, debido a las grandes cantidades de bicarbonato de sodio en disolución que alcalinizan el contenido proveniente de la digestión gástrica, proviene del páncreas, glándula mixta de gran tamaño, situada por detrás del estómago, su secreción diaria llega a alcanzar hasta 1,5 l, de no producirse se comienza a generar una disminución del peso corporal de la persona.

La función endocrina del páncreas está determinado por los llamados islotes de Langerhans, mientras que la exocrina, por la síntesis y secreción de diferentes proenzimas y enzimas que intervienen en la hidrólisis de proteínas, glúcidos, grasas, sin embargo, dichas enzimas no son activas en medio ácido. Entre las enzimas proteolíticas del páncreas se encuentran la tripsina, la quimiotripsina y la carboxipolipeptidasa. Las dos primeras intervienen en la degradación de las proteínas completas o parcialmente digeridas a péptidos de diversos tamaños —sin

desagregar— hasta aminoácidos individuales, acción que ejerce la tercera de las citadas completando la digestión de gran parte de las proteínas que llegan al intestino.

La amilasa pancreática hidroliza los almidones, glucógeno y la mayor parte del resto de los glúcidos, con excepción de la celulosa, hasta formar disacáridos y en menor proporción trisacáridos. Mientras que en la digestión de la grasas intervienen dos grupos de enzimas pancreáticas, por un lado, la lipasa que hidroliza las grasas neutras hasta ácidos grasos y monoglicéridos, y la colesterol esterasa que actúa en la hidrólisis de los ésteres de colesterol, y por otro, la fosfolipasa que separa los ácidos grasos de los fosfolípidos.

Tabla 16. Composición de los jugos que intervienen en la digestión.

Saliva	Jugo gástrico	Jugo intestinal	Bilis	Jugo pancreático
pH 7	pH 2	pH alcalino	pH alcalino	pH alcalino
Iones inorgánicos Mucoproteínas Amilasa Maltasa	Iones inorgánicos Mucoproteínas <i>Ácido Clorhídrico</i> Pepsina Renina Lipasa	Enteroquinasa Aminopeptidasa Dipeptidasa Sacarasa Amilasa Lipasa	Sales biliares Pigmentos biliares	Tripsinógeno Quimotripsinógeno Carboxipeptidasa Aminopeptidasa Proelastasa Procarboxipolipeptidasas A y B Amilasa Lipasa

## Digestión de las proteínas en el intestino delgado.

Las proteínas ingeridas no sufren transformaciones digestivas de carácter químico en la cavidad bucal debido a que la saliva

no contiene enzimas proteolíticas que puedan provocar dicha transformación, sin embargo, ya en el estómago la presencia en el jugo gástrico de una endopeptidasa llamada pepsina — sintetizada en forma inactiva o de pepsinógeno que luego se activa en medio muy ácido— hidroliza los enlaces peptídicos de la molécula de proteína de la ingesta en cuya formación intervienen los aminoácidos fenilalanina, tirosina y triptófano, rindiendo una mezcla de polipéptidos denominados proteosas y peptonas por sus diferentes tamaños moleculares.

Ya en el intestino delgado la mezcla de proteosas y peptonas son digeridas con la participación de un grupo de enzimas aportadas por el páncreas o por el propio intestino delgado, tales son el tripsinógeno y el quimotripsinógeno pancreáticos secretadas en forma inactiva y luego activadas en el duodeno, lo que impide la digestión de las paredes y conducto de la glándula que las secreta, así como tres peptidadasas —aminopeptidasa, carboxipeptidasa y dipeptidasas—, la proelastasa y las procarboxipolipeptidasas A y B, intestinales.

Cuando el tripsinógeno y el quimotripsinógeno inactivo llegan al duodeno, la enteroquinasa del jugo intestinal actúa sobre el tripsinógeno con formación de tripsina —enzima activa—, la que continúa activando a las formas inactivas que aún permanecen en el mismo para la obtención de más tripsina y la quimiotripsina a partir del quimotripsinógeno.

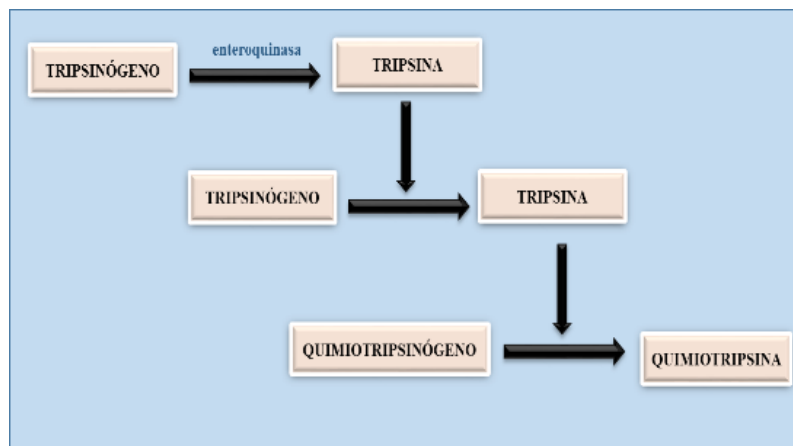


Figura 37 Transformación del tripsinógeno. Fuente: autores.

A ese nivel la tripsina activa además a la proelastasa — elastasa activa— y a las procarboxipolipeptidasas A y B — carboxipolipeptidasas A y B activas— las que ya activadas se mantienen fundamentalmente absorbidas también a las fibras del glicocalix (zona o cara externa de la membrana plasmática, abundante en glúcidos, a la que con frecuencia se adsorben glicoproteínas y proteoglicanos, secretados por la propia célula).



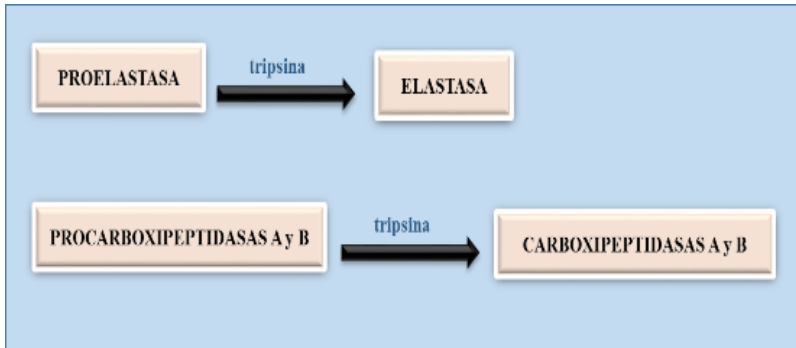


Figura 38. Activación de elastasa y carboxipeptidasas. Fuente: autor

La tripsina y la quimiotripsina digieren moléculas completas de proteínas y las transforman en polipéptidos, en este punto intervienen la aminopeptidasa y la carboxipeptidasa, acelerando la descomposición de estos polipéptidos en dipéptidos. La carboxipéptidasa descompone los enlaces carboxilo y la aminopeptidasa los enlaces amino. Actuando finalmente sobre los dipéptidos, la dipeptidasa del jugo intestinal, transformando los mismos en aminoácidos libres como producto final de la digestión de las proteínas.

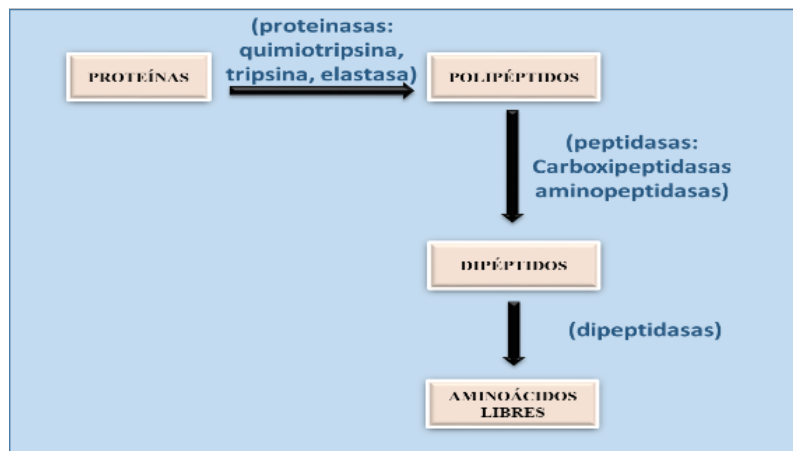


Figura 39. Digestión de proteínas hasta aminoácidos libres. Fuente: autores.

La tripsina, la quimiotripsina y la elastasa son endopeptidasas, con un pH óptimo de actividad que oscila entre 6,5 y 8,0 y con una especificidad de acción hidrolítica relativa. Así,

- la tripsina hidroliza enlaces peptídicos entre los aminoácidos básicos lisina y arginina;
- la quimiotripsina actúa a nivel de los enlaces peptídicos en los cuales intervienen la fenilalanina, la tirosina y en menor grado el triptófano;
- la elastasa cataliza la ruptura de los enlaces peptídicos en los que intervienen los llamados aminoácidos alifáticos neutros;
- las carboxipolipeptidasas A y B son exopeptidasas, la primera hidroliza enlaces peptídicos entre los aminoácidos ácidos (glutámico y aspártico), la segunda, enlaces peptídicos de aminoácidos básicos (lisina y arginina).

De la acción digestiva combinada de la tripsina, quimiotripsina y elastasa resulta una gran mezcla de oligopéptidos, fundamentalmente de dipéptidos y tripéptidos que en condiciones de normalidad no son absorbidos sin antes ser transformados en sus aminoácidos constituyentes por una verdadera “batería” de enzimas que forman parte de la estructura de la membrana de las microvellosidades intestinales y que reciben el nombre genérico de aminopeptidasas, de naturaleza glicoproteica.

La mezcla de oligopéptidos son absorbidos con gran rapidez mediante un proceso activo sodio dependiente, por los enterocitos en cuyo citoplasma son transformados digestivamente en los aminoácidos que los componen mediante las oligopeptidasas, concluyendo la digestión de las proteínas ingeridas con la dieta.

#### Digestión de los glúcidos en el intestino delgado.

Los glúcidos son digeridos casi completamente en el intestino delgado debido a que los alimentos permanecen por más tiempo en él que en cualquier otra porción del sistema digestivo, lo que se favorece por la actuación enzimática de la  $\alpha$ , 1-4 amilasa pancreática y la  $\alpha$ , 1-6 glucosidasa –enzimas activas secretadas por el páncreas–, así como por la amilasa intestinal, transformando los polisacáridos en disacáridos y luego ser convertidos a sus componentes monoméricos por las disacaridasas en la estructura de membrana de las microvellosidades intestinales.

Las  $\alpha$  glicosidasas comprenden, a las disacaridasas que actúan sobre los disacáridos maltosa, sacarosa y la isomaltosa, así como a las oligosacaridasas, la glucamilasa, con afinidad por los

oligosacáridos. Por su parte la lactasa, es una  $\beta$  glicosidasa. La actuación digestiva de este conjunto de enzimas en el intestino aumenta progresivamente desde la primera porción del duodeno para alcanzar un máximo en las primeras asas yeyunales, luego disminuyen lentamente y a la altura del íleon terminal vuelven a presentar valores próximos a los que se encuentran en la segunda porción del duodeno. Así, se evidencia que su actividad no se encuentra presente a todo lo largo de las vellosidades y de hecho son nulas a nivel de las criptas intestinales. Sin embargo, tales enzimas o sus precursores son sintetizados en las propias criptas.

La digestión completa de los glúcidos ingeridos en la dieta son tres monosacáridos: glucosa, galactosa y fructosa, que rápidamente son absorbidos, los dos primeros por transporte activo sodio dependiente, no así la fructosa que se realiza mediante difusión facilitada. Por su parte glúcidos complejos como la celulosa, no pueden ser digeridos en el tubo digestivo de los mamíferos, por ser una molécula muy compleja, transitando al intestino grueso prácticamente sin ninguna transformación química.

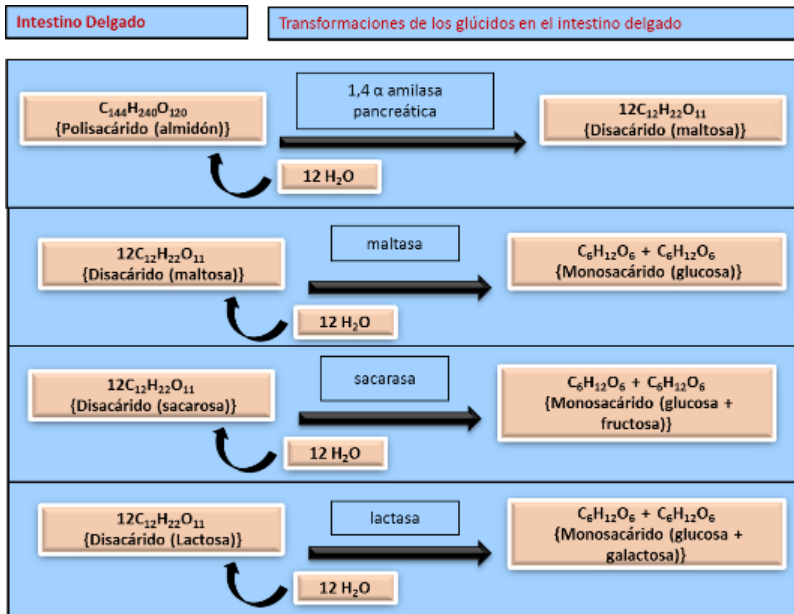


Figura 40. Transformaciones de los glúcidos en el intestino delgado. Fuente: autores.

### **Digestión de las grasas en el intestino delgado.**

Entre los lípidos provenientes de la ingestión dietética de los seres humanos se encuentran las grasas neutras o triacilglicéridos, los ésteres del colesterol, los fosfátidos de glicerina y cantidades muy pequeñas de los llamados esfingolípidos, sin embargo, la mayor parte de ellos se suministran en la forma neutra citada y se hidrolizan rindiendo ácidos grasos y monoacilglicéridos antes de ser absorbidos.

Si bien se plantea la existencia de una lipasa lingual y de una lipasa gástrica, ambas son de un valor digestivo escaso y

temporal. Así en los recién nacidos, la secreción pancreática de lipasas es baja, por lo que la digestión de las mismas se apoya en las lipasas segregadas por las glándulas de la lengua – presente en la saliva– y una lipasa presente en la leche materna, que actúan significativamente hasta aproximadamente el segundo de año vida, luego de esta edad su valor es prácticamente nulo, y en un sentido general, la digestión de los lípidos de la dieta, se inicia y completa en el intestino delgado, siempre y cuando exista una función normal pancreática exocrina, hepatobiliar y del propio intestino delgado.

Para que se realice eficazmente la digestión de los lípidos, estos deben ser reducidos a una fina emulsión, de tal manera que las enzimas digestivas puedan actuar sobre su superficie. Este proceso se realiza en presencia de sales biliares y de la lecitina, se reduce su tensión superficial, con producción de una fina emulsión coloidal de grasa en agua.

Las sales biliares cuando se encuentran en concentraciones altas tienden a formar micelas –pequeños glóbulos de 3 a 6 nanómetros de diámetros que envuelven un glóbulo de lípido hacia su centro– capaces de permanecer disueltos en agua, lo que facilita la absorción de la grasa digerida.

En la digestión intestinal lipídica interviene un grupo de enzimas de carácter hidrosolubles, como la lipasa pancreática y la colipasa, que actúan sobre los triacilglicéridos como un complejo lipasa-colipasa en la interfase micela-agua; por su parte el colesterol – en forma de ésteres: colesterol libre + ácido

graso— y los fosfolípidos, son hidrolizados mediante la hidrolasa de ésteres de colesterol y la fosfolipasa A2, respectivamente, siendo todas las enzimas citadas de origen pancreático.

La lipasa pancreática cataliza la hidrólisis de los ácidos grasos de las posiciones 1 y 3, generando 2-monoacilglicéridos. Los fosfolípidos son hidrolizados por la fosfolipasa A2 y los principales productos son lisofosfolípidos y ácidos grasos libres. Los ésteres del colesterol son hidrolizados por la hidrolasa de ésteres de colesterol pancreática.

Los pigmentos biliares digeridos se expulsan en las heces y dan coloración a las mismas, muchos de estos pigmentos no pasan al intestino y son recogidos por la sangre en el hígado y la vesícula biliar, luego transportados a los riñones siendo excretados con la orina y le atribuyen su tono característico.

Finalmente, el jugo pancreático posee, además de las enzimas ya indicadas, una batería particular con acción digestiva sobre el contenido nuclear de las células que conforman la microestructura de las sustancias alimentarias —de origen animal o vegetal— es responsable de la degradación de los ácidos nucleicos en un proceso que simplifica la estructura de los mismos del siguiente modo:

- polinucleotidasas: escinde a los polinucleótidos en sus nucleótidos constituyentes;
- nucleotidasas: origina los nucleósidos a partir de los nucleótidos; y
- nucleosidasas: desagrega a los nucleósidos en las bases

púricas o pirimídicas, así como residuos de ribosa o desoxirribosa, según sea el caso.

Tabla 17. Enzimas que actúan durante la digestión de las proteínas, grasas y glúcidos.

Enzimas que actúan durante la digestión de las proteínas, grasas y glúcidos				
Enzima	Origen	PH óptimo	Tipo de enlace roto	Producto
Amilasa salival	Saliva	Neutro	Glucosídico alpha (a)	Maltosa
Maltasa	Saliva	Neutro	Glucosídico alpha (a)	Glucosa
Pepsina	Estómago	Acido	Enlaces Peptídicos dentro de la cadena, y adyacentes a cadenas, adyacentes a tirosina y fenilalanina.	Péptidos
Renina	Estómago	Ácidos	Enlaces peptídicos en caseína.	Caseína coagulada
Tripsina	Páncreas	Alcalina	Enlaces peptídicos en la lisina o arginina.	Péptidos
Quimiotripsina	Páncreas	Alcalina	Enlaces peptídicos en las cadenas, adyacentes a tirosina o fenilalanina.	Péptidos
Lipasa	Páncreas	Alcalina	Enlaces estéricos de las grasas.	Glicerol y ácidos grasos, mono y diglicéridos.
Amilasa pancreática	Páncreas	Alcalina	Glucosídico alpha (a)	Maltosa
Ribonucleasa	Páncreas	Alcalina	Esteres fosfáticos de ARN.	Nucleótidos



<b>Enzimas que actúan durante la digestión de las proteínas, grasas y glúcidos</b>				
Enzima	Origen	PH óptimo	Tipo de enlace roto	Producto
Desoxirribonucleasas	Páncreas	Alcalina	Esteres fosfátidos de ADN.	Nucleótidos
Carboxipeptidasa	Glándulas intestinales	Alcalina	Enlace peptídico adyacente al extremo carboxílico libre.	Aminoácidos libres
Aminopeptidasa	Glándulas intestinales	Alcalina	Enlace peptídico adyacente al extremo aminico libre.	Aminoácidos libres
Enteroquinasa	Glándulas intestinales	Alcalina	Enlaces peptídicos de tripsinógeno.	Tripsina
Maltasa	Glándulas intestinales	Alcalina	Glucosídico alfa de la maltosa.	Glucosa
Sacarasa	Glándulas intestinales	Alcalina	Glucosídico alfa de la sacarosa.	Glucosa y fructosa
lactasa	Glándulas intestinales	Alcalina	Glucosídico beta de la lactosa.	Glucosa y galactosa

## **ABSORCIÓN**

### **Absorción de los nutrientes en el intestino delgado.**

La absorción de nutrientes constituye el proceso mediante el cual los componentes químicos nutrimentales, aportados por los alimentos digeridos, pasan del subsistema digestivo –células

especializadas intestino delgado– al torrente circulatorio, para finalmente ser distribuidos entre las células componentes del organismo.

En este proceso intervienen el estómago y el intestino, el primero absorbe unas pocas sustancias como el alcohol, pequeñas cantidades de agua, sales minerales y algunos monosacáridos, por su parte en el intestino grueso solo es absorbida agua, mientras que el papel principal de este proceso descansa en el intestino delgado.

El intestino delgado constituye el órgano donde se produce prácticamente toda la absorción de los nutrientes, sus paredes están profusamente plegadas circularmente, por las llamadas válvulas conniventes o pliegues de Kerckring, los cuales se presentan en forma transversal en la submucosa y mucosa de la porción descendente, horizontal y ascendente del duodeno, el yeyuno, y en la proximidad del íleon terminan.

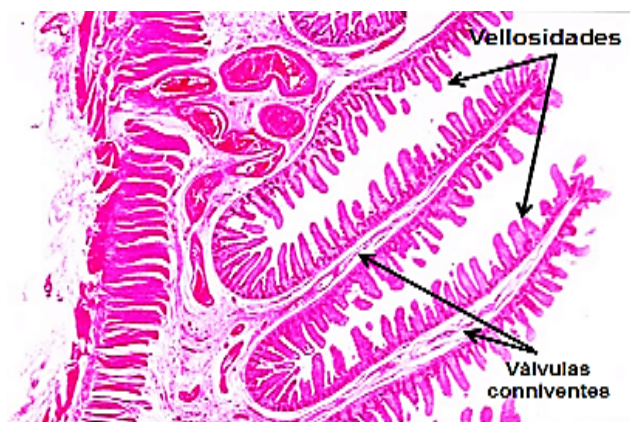


Figura 41. Válvulas conniventes y vellosidades en la luz del intestino delgado Fuente: Dovale Borjas (2004)

Los pliegues de Kerckring están tapizados por células epiteliales de borde en cepillo llamadas vellosidades o microvellosidades intestinales, conformadas como protrusiones digitiformes, de textura aterciopelada y en continuo movimiento que incrementan la superficie de contacto con dichos nutrientes, especialmente en el duodeno y el yeyuno.

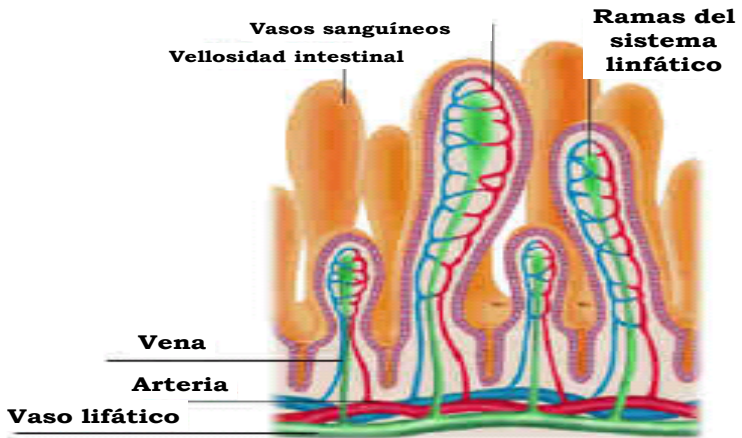


Figura 42. Vellosidades intestinales. Fuente: Rua Hernández, et al (2002)

Así, la absorción en el intestino delgado, está determinada por los pliegues y las vellosidades e implica la utilización de diferentes formas de transporte celular, tanto pasivas, como mediado y activa, realizados de un modo selectivo, por ejemplo, las hexosas son incorporadas por mecanismos de transporte activo, siendo la primera la galactosa, seguida de la glucosa y por último la fructosa, sin embargo, otros glúcidos de tres, cuatro o cinco átomos de carbono, se incorporan muy lentamente o no se absorben.

## Absorción de los glúcidos.

La absorción de los glúcidos se realiza casi totalmente en la porción final del duodeno e inicial del yeyuno, y las moléculas que son absorbidas son las hexosas —glucosa, la galactosa y la fructosa. El resto de los posibles monosacáridos, por ejemplo la manosa, no se absorben y quedan en el lumen, de forma que el incremento de su concentración puede llevar a un aumento de la presión osmótica, con el consecuente trasvase de agua hacia el lumen intestinal y la aparición de diarrea.

Las hexosas se absorben mediante tres sistemas diferentes de transporte:

- ◇ Absorción por difusión facilitada dependiente del sodio (glucosa y la galactosa).
- ◇ Absorción por difusión facilitada independiente del sodio, específica para la fructosa.
- ◇ Absorción por transporte ligado a hidrolasas disacaridasas.

El primer sistema de transporte ligado al sodio, se realiza mediante proteínas transportadoras sodio-glucosa o co-transportadores sodio-glucosa (SGLT-1)<sup>[1]</sup>, y es el principal medio de absorción de la glucosa, sistema por el que también compite la galactosa. Ambas sustancias deben entrar a la célula en contra de sus gradientes de concentración.

Este mecanismo tiene su base en la bomba sodio-potasio (transporte activo) de la membrana basolateral del enterocito,

---

<sup>1</sup> Familia proteínas transportadores de glucosa que se encuentran en la mucosa del intestino delgado (SGLT1) y en las células del túbulo proximal de las nefronas en el riñón (SGLT1 y SGLT2).

el ión sodio proporciona la fuerza motriz para el transporte de la glucosa y la galactosa. En el exterior celular existe abundante sodio, debido al propio funcionamiento de la bomba  $\text{Na}^{+2}-\text{K}^{+}$ , el mismo se une a la molécula o subunidad transportadora, facilitando la unión de una molécula de glucosa o galactosa a la misma subunidad, y este complejo así formado, atraviesa la membrana citoplasmática hacia el interior del enterocito cediendo el monosacárido en el citoplasma de la célula y el ión sodio que entra a favor de su gradiente de concentración, es nuevamente bombeado al exterior celular.

Este co-transporte, impulsado por el gradiente electroquímico del sodio, facilita el paso de la glucosa y la galactosa en contra de sus gradientes de concentración, el mismo depende del ATP que se utiliza en la bomba de  $\text{Na}^{+2}-\text{K}^{+}$  y por esa razón a este tipo de transporte se le denomina transporte activo secundario. Por este mecanismo es absorbida aproximadamente el 60% de la glucosa. Además de este mecanismo es también reconocido el de arrastre por disolvente que se realiza cuando las concentraciones de glucosa son elevadas en el lumen intestinal, el mismo tiene lugar a través del espacio transcelular y se utiliza una molécula de agua, pasando directamente al torrente circulatorio.

El segundo mecanismo de transporte conocido como difusión facilitada es específico para la fructosa y es independiente del sodio, se realiza mediante el transportador (GLUT-5) presente en la membrana apical de los enterocitos, este transportador permite a la glucosa penetrar en la célula desde el lumen intestinal, mediante

difusión facilitada y en contra de gradiente de concentración, por lo que su transporte debe ser un mecanismo dependiente de una fuente de energía, aún no determinada.

El último sistema de transporte es el ligado a las disacaridasas –sacarasa, maltasa y la lactasa–, estas enzimas se localizan en el ribete del cepillo del enterocito, las mismas hidrolizan a los disacáridos y de esta forma se introducen en la célula la glucosa procedente de la hidrólisis de los respectivos disacáridos y la fructosa o galactosa según sea el caso, mediante este mecanismo la glucosa, no competiría por el primer transportador –glucosa libre procedente del lumen–, además se ha comprobado experimentalmente, que la proteína que liga a la sacarosa por la superficie luminal, libera glucosa y fructosa por la otra.

Tanto la glucosa como la galactosa que atraviesan el citoplasma salen al espacio intersticial basolateral del enterocito, mediante un sistema de transporte facilitado (GLUT-2) a favor de gradiente químico. Este transporte no es dependiente del sodio. Respecto a la fructosa, durante mucho tiempo se pensó que esta era metabolizada en el interior de la célula para dar lugar a glucosa, lactato o piruvato, sin embargo, se ha comprobado que el 80% que ingresa en la célula, pasa a la circulación portal sin modificación.

Las disacaridasas intestinales son fundamentales no solo para el proceso de la absorción de los glúcidos, sino también para la absorción intestinal de agua, la deficiencia de estas enzimas conlleva a la aparición de diarreas como consecuencia del efecto osmótico que ejercen las moléculas resultantes de la actividad

hidrolítica de las  $\alpha$ -amilasas, así los disacáridos al no poder ser absorbidas son fermentados por las bacterias intestinales produciendo gases en exceso, inflamación intestinal y flatulencias con espasmos y distensión abdominal.

Las moléculas de glucosa y galactosa absorbidas son cedidas al torrente circulatorio portal y transportadas al hígado a través de la vena porta-hepática. En este órgano, la galactosa es transformada en glucosa y esta se metaboliza en función de las necesidades del organismo y las hormonas efectivas en el sistema.

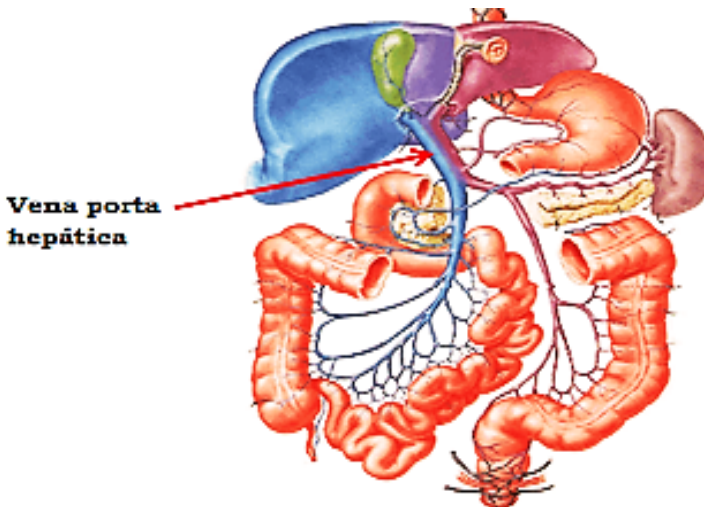


Figura 43. Hígado y vena porta hepática. Fuente de la imagen Netter (1995)

Normalmente la ingesta energética-nutricional determina la liberación de insulina por el páncreas. Esta hormona favorece la transformación de la glucosa en glucógeno y aunque las vías de utilización de los glúcidos en el organismo son muy variadas según las necesidades orgánicas, también se puede mantener

su circulación en forma de glucosa en el torrente circulatorio y mantener constantes los niveles de la misma en sangre.

Un aspecto interesante en la absorción de los glúcidos, es que estos requieren de activación con consumo de ATP, para luego de pasar a los tejidos más profundos de la pared intestinal, ser desfosforados nuevamente con formación del azúcar libre.

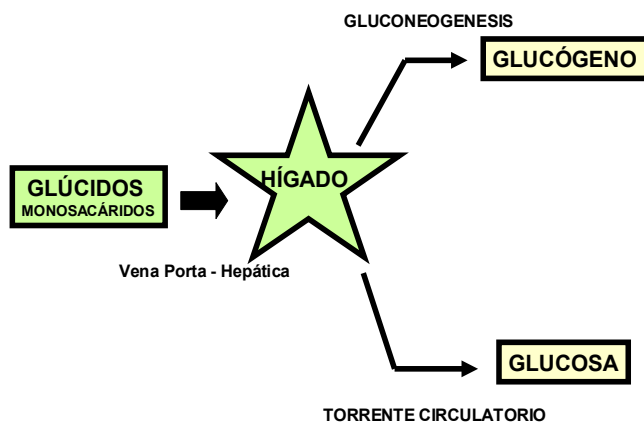


Figura 44. Transformación de la glucosa en glucógeno. Fuente: autores.

## Absorción de los aminoácidos.

Los aminoácidos se absorben en el intestino delgado mediante tres tipos de transporte fundamentales:

- ◇ Co-transporte con sodio o transporte activo secundario de los aminoácidos y péptidos.
- ◇ Difusión facilitada.
- ◇ Ciclo del  $\gamma$  Glutamilo.



El primer sistema de transporte es muy similar al descrito para el transporte de glucosa y galactosa, las mayorías de los aminoácidos pasan del lumen intestinal al interior del enterocito co-transportado a través de una proteína con el  $\text{Na}^+$  externo, el aminoácido utiliza la energía de este ión, para su inclusión en contra del gradiente de concentración. Luego, del interior celular al torrente sanguíneo, tal mecanismo es propio de aminoácidos neutros, aromáticos grandes, básicos y ácidos, incluyen la glicina y la prolina.

Los dipéptidos y tripéptidos se co-transportan al interior celular mediante un sistema que requiere  $\text{H}^+$  y una vez en el interior son hidrolizados por peptidasas intracelulares con ingreso de los aminoácidos al torrente sanguíneo. La absorción de los productos de la digestión proteica se realiza con rapidez en el duodeno y el yeyuno, es lenta en el íleon.

Es de destacar que el mecanismo de difusión facilitada se lleva a cabo por proteínas transportadoras específicas que se localizan en las membranas luminarias de las células del epitelio intestinal, en la actualidad se reconocen cinco proteínas que intervienen en el transporte tanto de aminoácidos como de péptidos.

Ciclo del  $\gamma$  (gamma) Glutamilo comienza cuando la enzima  $\gamma$  Glutamil transpeptidasa situada en la membrana celular en forma de glutamilo interactúa con un aminoácido y lo transporta al interior celular, en la reacción con el aminoácido se libera la

cisteinilglicina y genera un  $\gamma$ -Glutamil-aminoácido. Para liberar el aminoácido el complejo debe ser hidrolizado, este ciclo es muy rápido, tiene una alta capacidad y necesita energía metabólica. El glutamato es liberado en forma de 5-oxoprolina y requiere del ATP para su conversión nuevamente en Glutamato.

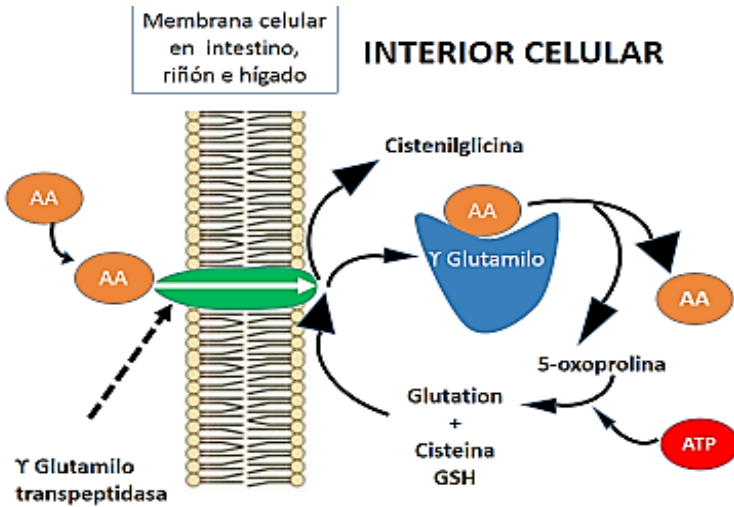


Figura 45. Ciclo del  $\gamma$  (gamma) Glutamilo. Fuente: autores.

## Absorción de los lípidos.

La absorción de los lípidos se produce de un modo diferente al de glúcidos y proteínas, básicamente a medida que se produce su digestión los productos resultantes: monoglicéridos y ácidos grasos, se incorporan a la porción lipídica central de las micelas biliares —en cada micela la carga negativa de los  $\text{COO}^-$  estará dispuesta hacia la superficie, lo que resulta en una repulsión

electrostática entre estas que impedirá la coalescencia—, son transportadas hacia la membrana de las microvellosidades y penetran a través de las mismas, sin embargo, las micelas permanecen en la luz del tubo intestinal como parte de la mezcla alimentaria digerida, de este modo actúan como vehículos transportadores.

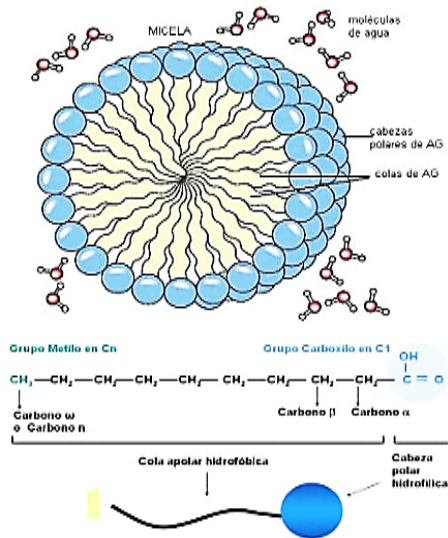


Figura 46. Micela en solución acuosa. Fuente de imágenes: [http://www.genomasur.com/BCH/BCH\\_libro/capitulo\\_02.htm](http://www.genomasur.com/BCH/BCH_libro/capitulo_02.htm)

Ya en el interior del enterocito los ácidos grasos y los monoglicéridos, son resintetizados a triacilglicéridos que se agregan en quilomicrones. Estos son partículas lipoproteicas que proceden de las grasas alimentarias o grasa exógena, son empaquetadas por las células de la mucosa, pasan a la linfa para desembocar en el torrente circulatorio a través del conducto de

la vena porta, descrita como una ruta de absorción de los ácidos grasos de cadena larga.

En general, los ácidos grasos con longitudes de cadena inferiores a 14 átomos de carbono entran directamente en el sistema de la vena porta y son transportados hacia el hígado. Los ácidos grasos con 14 o más átomos de carbono se vuelven a esterificar dentro del enterocito y entran en circulación a través de la ruta linfática en forma de quilomicrones.

Por su parte el colesterol utilizando las micelas, pasa por difusión simple a través de las membranas de las vellosidades, para ser esterificado en las células de la mucosa y luego se dirige a los capilares linfáticos, para ser incorporados en quilomicrones y desembocar en el torrente circulatorio a través del conducto torácico —vena porta— y liberados directamente en el hígado como parte de los restos de dichos quilomicrones, ocurriendo de modo similar con las vitaminas liposolubles.

En el hígado y a partir de la grasa endógena, se producen lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL) conformadas como partículas de gran tamaño ricas en triacilglicéridos elaborados por la lipasa de lipoproteínas, para de este modo proporcionar ácidos grasos a los tejidos adiposo y muscular.

Las VLDL son metabolizadas a lipoproteínas de baja densidad (LDL), constituidas por un núcleo formado principalmente por ésteres de colesterol y una superficie delimitada por un tipo de apolipoproteína (apoB), de este modo entre el 60 y el 80 por ciento del colesterol plasmático es transportado por ellas, siendo

la alimentación el principal factor determinante de estos valores. Las lipoproteínas de alta densidad (HDL) transportan entre el 15 y el 40 por ciento del colesterol del plasma, se forman en el torrente circulatorio a partir de precursores generados en el hígado y en el intestino, tienen una constitución similar a las LDL, sin embargo la principal apolipoproteína que los delimita es la apoA-1. Funcionalmente las LDL conducen el colesterol al hígado, y las HDL pueden transferirlo a otras partículas LDL lipoproteicas.

En general, los lípidos no absorbidos alcanzan el intestino grueso, donde una pequeña fracción es metabolizada por bacterias, la mayor parte se excreta con las heces, constituyendo la llamada grasa fecal. Normalmente se absorbe más del 98% de los incorporados con los alimentos y se excreta unos 5 g de ácidos grasos libres procedentes de estos y de procesos endógenos —secreciones biliares e intestinales— y de la síntesis por bacterias de la microbiota intestinal.

El incremento excesivo de triacilgliceroles en las heces se denomina esteatorrea, causado por alteración en los mecanismos de digestión y absorción de lípidos o por deficiencias enzimáticas congénitas o adquiridas, incluso por la disminución de la secreción de sales biliares.

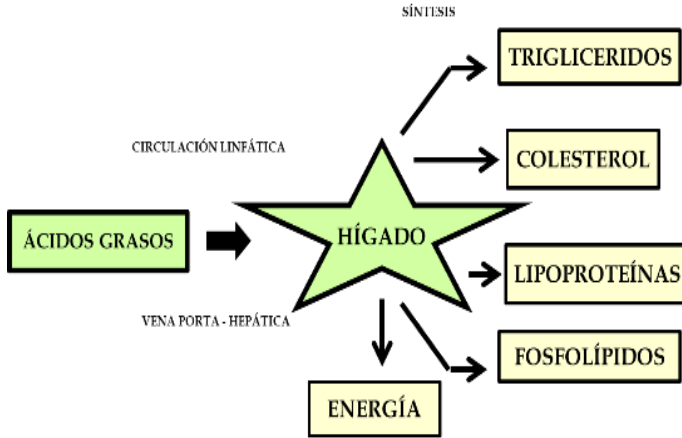


Figura 47. Síntesis de lípidos. Fuente: autores.

## Absorción del agua.

El agua del contenido intestinal alcanza aproximadamente unos 6,5 a 9 litros diarios, de ellos entre 1,5 a 2 litros se adquieren en forma líquida, el resto es aportada por las secreciones gastrointestinales, pero solo los primeros pasan a través de la válvula ileocecal desde el intestino delgado al grueso, donde concluye la absorción intestinal de líquido, proceso que en conjunto tienen lugar mediante ósmosis, confiriendo un estado semisólido a la sustancia fecal que allí se encuentra lo que favorece la egestión.

El agua se absorbe fundamentalmente en el duodeno y el yeyuno, una pequeña parte en el estómago y el resto en el colon, el proceso es muy rápido, unos cinco minutos luego de ingerida se incorpora mediante el proceso de osmosis, pasando del intestino a la circulación sanguínea y es distribuida por

todo el cuerpo, a los líquidos intersticiales y al interior celular. Se mueve libremente por el compartimiento intersticial y se desplaza a través de las membranas de las células por canales específicos, las acuaporinas. En general el intercambio acuoso entre compartimentos está regulado por la presión osmótica e hidrostática de acuerdo con los cambios en la osmolaridad de los líquidos extracelulares.

### **Absorción de las vitaminas.**

Las vitaminas liposolubles se absorben muy lentamente, disolviéndose antes en las micelas de sales biliares y lecitinas, esto les permite atravesar la película de agua, ponerse en contacto con la membrana de las microvellosidades intestinales, incorporarse al interior de los enterocitos y desde aquí pasar a los líquidos del medio interno en los que se unen a una sustancia transportadora que posibilite su movimiento y distribución por el organismo a través de la fase continua acuosa (plasma) de la sangre.

Por su parte, las cobalaminas o vitamina B12, forman un complejo con el factor intrínseco, sintetizado por las células parietales de las glándulas pépticas, para ser absorbidos por pinocitosis en el íleon.

El ácido fólico (B9) o ácido pteroilglutámico es ingerido en forma de poliglutamatos siendo disueltos o desconjugados en el intestino delgado mediante la enzima desconjugasa de los poliglutamatos, sintetizada y secretada por las criptas.

## **Absorción de los minerales.**

Los minerales y oligoelementos portadores de una carga eléctrica positiva (cationes) son absorbidos por transporte activo, de este modo se incorporan a través de las microvellosidades el calcio, el hierro, el cobre, el cobalto, el zinc, el magnesio, el manganeso, el molibdeno, el sodio, el potasio, el cromo, el selenio, el silicio, el níquel y el vanadio e incluso una fracción reducida de aniones inorgánicos, como el yoduro y fluoruro. En general los aniones se absorben de modo pasivo como es el caso del ion cloruro, también una fracción del anión fosfato luego de la absorción activa previa del catión calcio.

Ya a nivel del intestino grueso puede haber una secreción activa de iones bicarbonato y pasiva de cationes potasio. La absorción del anión bicarbonato a este nivel puede ser pasiva asociada a la absorción activa previa del catión sodio.

## **Digestión y absorción en el intestino grueso.**

La continuidad fisiológica entre el intestino delgado y el grueso se establece a través de la válvula ileocecal, pasando del primero al segundo aproximadamente unos 1500 ml de quimo, situando de este modo a su disposición transformadora y absorbente, así en el intestino grueso tienen lugar dos funciones principales: la absorción de agua y electrolitos procedentes del quimo para formar heces sólidas y el almacenamiento de la materia fecal hasta el momento de su expulsión.

El intestino grueso anatómicamente consta de 5 porciones,



tales son: colon ascendente, colon transverso, colon descendente, colon sigmoideo y recto.

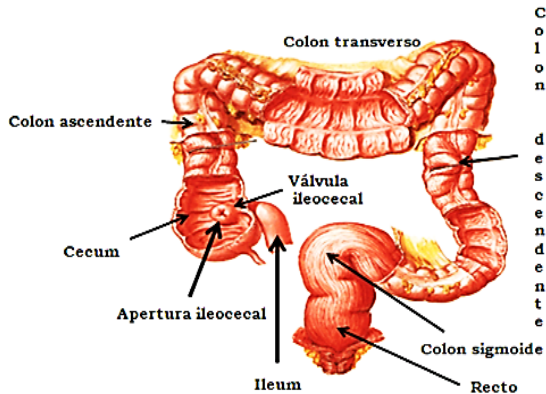


Figura 48. Intestino grueso. Fuente de la imagen Netter (1995)

Funcionalmente comprende dos porciones: la porción proximal, hasta la mitad del transverso, con funciones absorbiva y secretoria, y la porción distal, que en términos muy generales funciona como un reservorio, aunque en menor grado también tiene función absorbiva, es una prueba de ello la formación del “bolo fecal”, una masa dura y seca en el recto de los ancianos y personas debilitadas. En la porción absorbiva-secretoria, la superficie se presenta mucho más lisa que en el yeyuno o el íleon, sin pliegues y vellosidades, aunque tiene glándulas intestinales revestidas de células con microvellosidades, pero menos desarrolladas.

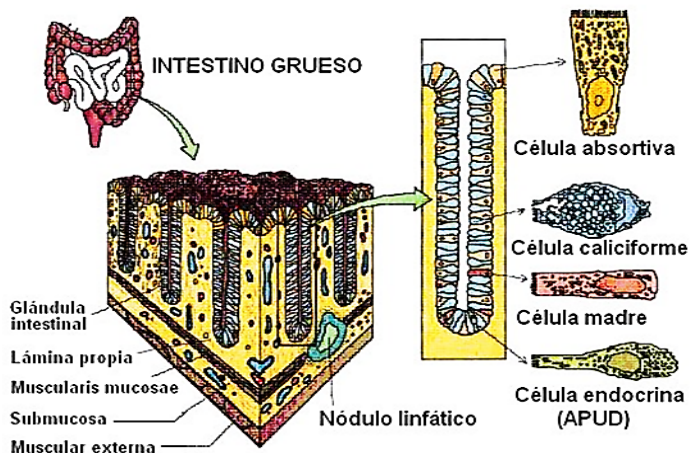


Figura 49. Estructura interna del intestino grueso. Fuente: Dovale Borjas (2004)

Si bien la digestión prácticamente termina en el intestino delgado, no significa que en el grueso no tengan lugar procesos de transformación química, para ello glándulas de esta porción del intestino humano segregan jugo digestivo poco activo.

En su doble función el intestino grueso, es un órgano de absorción y excreción. Durante las 10 o 12 horas que permanecen los materiales en el colon, la mayor parte del agua y el resto de los alimentos inorgánicos son absorbidos. Al mismo tiempo, muchos desperdicios metabólicos y sustancias inorgánicas presentes en exceso en el cuerpo son excretados pasando al recto y eliminados a través del ano.

Además, en él ocurre la descomposición de materiales no digeribles y no absorbibles, lo que es realizado por densas poblaciones de bacterias colónicas que viven en el intestino como simbiosis, obteniendo sus alimentos de los materiales

que el hospedero no puede digerir ni absorber, con lo que aportan pequeñas cantidades de kcal e incluso vitaminas en dosis apreciable.

Después de pasar por el intestino grueso lo que queda del alimento ingerido son principalmente desperdicios formados por fibras gruesas, cartílagos, fragmentos de celulosa y tejido vegetal no macerado, suspendido todo ello en cantidades de agua más o menos reducida, mezclado con esto se encuentran los pigmentos biliares, excreciones del colon, bacterias y sus productos, así como todo lo que puede ser dañino o haya quedado como residuo durante el paso del alimento, constituyendo así las heces en un estado de descomposición más o menos avanzado, que finalmente son egestadas en forma de masas semi-sólidas —bolo fecalis.

Así, normalmente las heces están constituidas por  $\frac{3}{4}$  partes de agua y  $\frac{1}{4}$  de material sólido, todo mezclado, este último contiene un 30 por ciento de bacterias muertas y entre un 10 y un 20 por ciento de grasas —provenientes de la actividad bacteriana y el descamado de las células epiteliales— y de materiales inorgánicos, así como un 2 a un 3 por ciento de proteínas y un 30 por ciento de productos no digeridos y componentes secos de los jugos digestivos.

Sustancias derivadas de la bilirrubina como la estercobilina y la urobilina son responsables del color pardo de las heces, mientras que su olor depende de la microbiota bacteriana y del tipo de alimento ingerido por la persona, que determinan

la producción de productos odoríferos como el indol, escatol, mercaptanos y ácido sulfídrico.

## Defecación.

Se corresponde con la función de eliminación de los productos de desecho proveniente de la digestión y tiene lugar cuando el movimiento de masa fuerza a las heces a penetrar en el recto y desencadena una acción refleja —controlada por la médula espinal—, que provoca la relajación de los esfínteres anales.

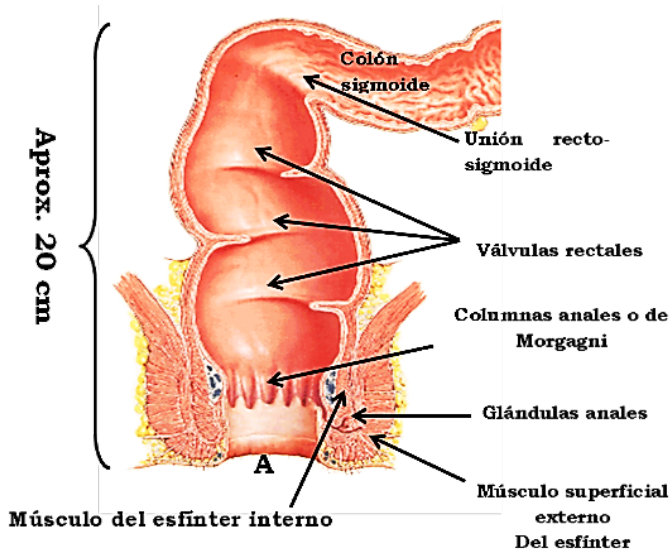


Figura 50. Recto y canal anal. Fuente de la imagen Netter (1995)

Regularmente en el recto no se presentan heces, tal vaciado se evita mediante la existencia en su unión con el sigma de un esfínter funcional de actuación débil, apoyado además en la

existencia de un ángulo agudo, en esta zona, que proporciona una resistencia adicional al llenado rectal.

Por otro lado, en el ano se encuentran tanto el llamado esfínter anal interno —inmediatamente por dentro del ano— y el esfínter anal externo, este último compuesto por músculos voluntarios que rodean al interno y se extienden distalmente a partir de él y realiza su apertura a voluntad del individuo.

Para provocar el reflejo de defecación —ante condiciones socialmente adecuadas—, regularmente se realiza una inspiración profunda para provocar el movimiento del diafragma hacia la cavidad abdominal, contrayendo entonces los músculos abdominales, con ello se incrementa la presión intra abdominal y el movimiento de las heces hacia el recto, desencadenando nuevos reflejos como parte de una retroalimentación positiva.

Es necesario considerar que si bien este acto es condicionado a voluntad, no es tan potente como su desencadenamiento natural, por lo que las personas que inhiben con demasiada frecuencia el acto natural muestran propensión al estreñimiento o la constipación severa.

## **Distribución de nutrientes en el organismo.**

El hígado humano, constituye el principal centro de transformación y distribución de los nutrientes incorporados al organismo, es un rasgo fundamental su gran flexibilidad metabólica, lo que le permite adecuar su fisiología en función de la mezcla nutritiva que a él llega desde el tubo digestivo.

Tal órgano desempeña un papel imprescindible en el metabolismo de los glúcidos, lípidos y proteínas obtenidos mediante la dieta diaria, interviniendo además en la distribución de los nutrientes a otros órganos a un ritmo adaptado a los requerimientos particulares de cada momento o en el almacenamiento de los mismos de forma regular en sus propias células, al tiempo que resulta indispensable para el mantenimiento de una adecuada composición del medio interno por sus funciones detoxificantes y homeostáticas.

Esto indica que el metabolismo del hombre puede permanecer a un nivel constante o incrementarse en momentos en que sea indispensable —como en la práctica de ejercicios físicos—, con independencia del momento en que ocurrió la ingesta de alimentos, pues una ventaja adaptativa de los animales con hígado —individuos con digestión extracelular y glándulas anexas al sistema digestivo diferenciadas— es que su metabolismo no se incrementa inmediatamente después de haber comido como ocurre en los grupos de animales que carecen de este órgano, sino en los momentos que lo requieran.

Así, los estados nutricionales del individuo se reflejan en lapsos cortos en el hígado, ya sea con variaciones que se expresan en cambios de tamaño o del contenido de glicógeno y proteína, y a la vez con la presencia de determinadas enzimas, particularmente las llamadas inducibles por sustrato, por incrementar su cantidad ante la presencia de mezclas nutritivas determinadas.

Por ejemplo, una dieta sostenida de modo regular uno o varios

días con determinadas proteínas, provoca un incremento del contenido de enzimas que participan en el catabolismo de los aminoácidos y de su transformación a glucosa, tal es el caso de la generada a partir de la alanina mediante la gluconeogénesis, que pasa a la sangre y llega al tejido muscular, sin embargo, ante un cambio total de la dieta proteínica por otra glucosídica, en pocas horas se produce la disminución de las baterías enzimáticas catalíticas antes mencionadas, lo que pone de manifiesto el proceso de regulación en los hepatocitos, determinada por la expresión de genes que codifican para la biosíntesis catalítica específica, según el tipo de nutrientes incorporados al hígado.

De hecho, existe una relación funcional íntima entre el sistema osteomioarticular, el hígado y el intestino delgado, este último provee la masa fundamental de monosacáridos que pasará al hígado, por lo que la mayor parte de la glucosa que llega a los hepatocitos es fosforilada a glucosa-6 fosfato por la hexoquinasa de las células hepáticas citadas y solo un tercio de la misma es vertida en sangre, pasando a establecer reservas de glúcidos en los propios músculos, que conjuntamente con las de carácter hepático aseguran los requerimientos energético en los esfuerzos intensos y de corta duración.

Una pequeña parte de los nutrientes llegados al hígado son utilizados para el desarrollo de sus propias funciones y el resto son distribuidos por todos los tejidos del organismo como se describirá a continuación.

## Distribución de los glúcidos

La forma de almacenamiento de los glúcidos del organismo animal es el glucógeno —constituye la principal fuente de reserva de los mismos—, sin embargo no excede al uno por ciento del peso total del cuerpo.

Cuando se ingiere una dieta rica en glúcidos, el ritmo de suministro de monosacáridos procedentes del intestino excede su ritmo de utilización por las células, almacenándose en forma de glucógeno en las células hepáticas y musculares, aunque este es solo de uso local, si por el contrario, el suministro glucídico es deficiente en comparación con su ritmo de utilización —como ocurre en los casos de ayuno y durante la realización de ejercicios físicos—, el hígado compensa el déficit liberando glucosa a partir del glucógeno almacenado. Por lo que los niveles de glicemia en sangre se mantienen constantes dentro de determinados límites.

Es necesario destacar que las reservas de glucógeno hepático en el hombre son fundamentales para el aseguramiento de la actividad física debido a que brindan con relativa rapidez su caudal energético —en especial para el trabajo de los músculos—, siendo esencial en la práctica deportiva. Se calcula que tal reserva oscila entre los 300-400 g en el individuo en estado normal, mientras que en atletas estos valores son superiores, alcanzando cifras de entre 500-600 g.

Por otro lado, el equilibrio entre el glucógeno hepático y el de los músculos, constituyen un factor fundamental para la conservación de contenidos adecuados de glucosa en sangre, así,



si estos últimos realizan una actividad muy intensa al extremo de consumir su propia reserva glucogénica, toman la citada glucosa sanguínea, siendo el déficit generado compensado por el hígado, de igual manera, si todas las necesidades energéticas se encuentran satisfechas y continúa en incremento la incorporación de glúcidos vía tubo digestivo, nuevamente la respuesta hepática vuelve a ser compensatoria, aunque en esta ocasión los excesos de monosacáridos son dirigidos a la síntesis de reservas energéticas acumuladas en forma de grasas en el tejido adiposo.

Además, es conocido que la acumulación excesiva de lactato en el músculo, inactiva la fosforilasa y la fosfofructoquinasa —enzimas claves en la ruta glicolítica—, de modo que si las cargas de trabajo intensas, se mantienen a nivel muscular, se ve seriamente disminuida la velocidad de la glucólisis en los miocitos, pero mucho menos a nivel de hepatocitos, por otro lado, el hígado incrementa sus posibilidades de recuperar la reserva energética fundamental para el esfuerzo físico: el glucógeno, especialmente en la etapa de descanso con restablecimiento de la glucosa mediante el ciclo de Cori —asociación metabólico entre músculo e hígado para a partir del lactato llevar a cabo la gluconeogénesis.

El lactato de los miocitos es transportado hasta el hígado, incorporándose a la ruta central de biosíntesis de hexosas, pudiendo ser suministrada nuevamente a los músculos para su utilización inmediata o almacenamiento en forma de glucógeno, es una condición interesante que la glucosa muscular no puede

pasar al torrente sanguíneo a consecuencia de la carencia en estos de la glucosa-6- fosfatasa.

En la regulación de las concentraciones de glucosa en sangre intervienen tres hormonas del subsistema endocrino la insulina y el glucagón secretadas por el páncreas y la adrenalina secretada por las glándulas suprarrenales. La primera es una hormona secretada que promueve la fosforilación de la glucosa para la síntesis de glucógeno. Si la secreción de esta hormona es deficiente, como ocurre en los organismos diabéticos, la glucosa no puede ser conducida a la formación de glucógeno con acumulación en sangre, a pesar de ello los tejidos tendrán un déficit, que será compensada por las proteínas y las grasas, debido a esta insuficiencia gran parte del azúcar de la sangre es excretada por la orina.

Inversamente, si se producen grandes cantidades de insulina, se producirá glucógeno en tal cantidad que provocara un déficit de glucosa en sangre lo que puede causar la muerte del individuo, pues el cerebro es particularmente dependiente de la glucosa y los niveles anormalmente bajos de la misma pueden causar un shock insulínico.

El glucagón tiene un efecto contrario al de la insulina debido a que actúa cuando los niveles de glucosa en sangre son bajos, estimulando la formación de esta a partir del glucógeno hepático, igual efecto es provocado por la adrenalina —conocida como la hormona del rendimiento— que además estimula al páncreas para la secreción de glucagón. Ambas hormonas estimulan la

desfosforilación del glucógeno para la obtención de glucosa, por su parte la adrenalina es secretada en caso de fuertes tensiones emocionales y durante el comienzo de la actividad física, preparando al organismo para la misma, el miedo o la agresividad.

Si la dieta de un individuo carece totalmente de glúcidos, los depósitos de glucógeno del organismo disminuirán rápidamente, pero no así los niveles de glucosa en sangre y su transporte a los tejidos, pues el organismo mediante el proceso de gluconeogénesis —ruta metabólica anabólica que permite la biosíntesis de glucosa y glucógeno a partir de precursores no glucídicos— obtendrá glucosa a partir de los ácidos grasos y de algunos aminoácidos gluconeogénicos, manteniéndose aun en estas circunstancias constantes los niveles de glucosa en sangre. Cuando, por el contrario, la dieta es extremadamente rica en glúcidos estos son transformados en grasas y de esta forma son almacenados en el organismo.



Figura 51. Uso metabólico de monosacáridos. Fuente: autores.

## Distribución de los aminoácidos

Al igual que los glúcidos, las proteínas en el organismo deben mantenerse estables dentro de determinados rangos. Los aminoácidos en el hígado adoptan diversas rutas metabólicas, parte de ellos pasan a la sangre y de ahí a los tejidos periféricos, siendo utilizados por otras células del soma en la síntesis de proteínas, otra fracción es especialmente utilizada para restablecer las baterías enzimáticas que participan en las reacciones que tienen lugar en este órgano o la constitución de proteínas plasmáticas, por su parte el suministro en exceso conlleva —además de las transformaciones descritas—, a que parte de

ellas sean desanimadas y degradadas a piruvato y acetoacetato o intermediarios del ciclo de Krebs.

Algunos aminoácidos son metabolizados para rendir porfirinas, oleaminas y purinas, así como grupos amino que pasan al ciclo de la urea —también conocido como ciclo de la ornitina—, siendo el hígado el único órgano del hombre, y del resto de los mamíferos, capaz de sintetizar urea, proceso vital ya que resulta la vía de mayor eficiencia para poder eliminar el amoníaco formado mediante las reacciones de desaminación de los aminoácidos, cuya toxicidad para el sistema nervioso central es extrema.

Como puede apreciarse, en el organismo existen reservas de glúcidos que se almacenan en músculos e hígado en forma de glucógeno, si se absorben cantidades excesivas de glucosa esta es transformada en grasa y almacenada en forma de triacilglicéridos en los adipocitos, de igual forma son almacenadas las grasas; pero las proteínas a diferencia de estos, no pueden ser almacenadas, por lo que ingerir grandes cantidades de ellas equivale a su transformación en glucosa, grasa o ser eliminadas.

El primer paso de la transformación de las proteínas es la desaminación que como su palabra lo indica es la pérdida del grupo amino ( $\text{NH}_2$ ) de la misma, el cual termina en la formación de amoniaco libre y se excreta por los mamíferos en forma de urea, debido a que este se combina en el hígado con el anhídrido carbónico y forma como producto de la respiración, la urea que es transportada por la sangre a los riñones donde es excretada.

La producción de urea tiene lugar mediante una secuencia

cíclica de reacciones llamada ciclo de la ornitina. En la misma, la ornitina reacciona primero con una molécula de amoníaco y una de anhídrido carbónico, formando citrulina, aminoácido que reacciona con otra molécula de amoníaco formando arginina, que se escinde en dos fragmentos: urea y ornitina, iniciándose nuevamente el ciclo, esta última reacción es catalizada por la arginasa.

El destino de la mayor parte del exceso de aminoácidos es el proceso de desaminación, los mismos son utilizados por el hígado en la producción de numerosos compuestos esenciales, sobre todo en la elaboración de los elementos figurados componentes de la sangre.

Si por el contrario la cantidad de proteínas incorporadas con la dieta es tan bajo que se produce un déficit de aminoácidos, esta deficiencia será compensada por el hígado mediante el proceso inverso a la desaminación, es decir la síntesis de aminoácidos por aminación.

En esta síntesis, alguna sustancia nitrogenada puede aportar los grupos amino requeridos y los hidratos de carbono, por su parte las grasas —ingeridas o almacenadas— pueden aportar los  $RCH-COOH$ , pero aun así solo se podrán producir los aminoácidos no esenciales, los aminoácidos esenciales solo se pueden obtener por su incorporación en las cantidades adecuadas con la ingesta diaria de alimentos.

Por lo que aquí tenemos otra de las importantes funciones reguladoras del hígado, pues mediante la desaminación y la

síntesis equilibra el suministro excesivo de aminoácidos o su deficiencia, adaptando la distribución de los mismos a las necesidades de cada tejido. Además en él se desarrollan los procesos de formación de urea y la elaboración de las proteínas de la sangre, con lo que contribuye al equilibrio del organismo.

De hecho, el organismo requiere de la incorporación diaria de proteínas y un porcentaje de esta deben ser de origen animal, pues tan negativo es su consumo por defecto como por exceso; la alimentación insuficiente disminuye las fuerzas de los seres humanos y sus funciones reproductoras, retarda la adolescencia y provoca senilidad prematura. El consumo en exceso es dañino dado el carácter uricógeno e hipertensivo de las proteínas, y un desequilibrio genera tóxicos y causa trastornos orgánicos que pueden llevar a padecimientos graves.



Figura 52. Uso metabólico de los aminoácidos. Fuente: autores.

## Distribución de las grasas

El hígado guarda además una relación especial con la grasa corporal y si bien, facilita la emulsión de la misma con los aportes de sales biliares, no toda la que se incorpora al organismo pasa por él, sin embargo, es capaz de reservar una pequeña fracción en su propia estructura, así como movilizar su consumo ante situaciones de estrés energéticos, por ser las mismas, las de mayor aporte de ATP, respecto a glúcidos y proteínas, además de tener mayores posibilidades de almacenamiento respecto a las sustancias anteriormente citadas.

Así, cuando se hace referencia a la composición corporal de



un hombre se distinguen dos componentes o compartimentos: la grasa corporal y la masa libre de grasa o masa magra, con lo que se destaca el significativo aporte de la adiposidad general en el organismo, no solo a su estructura y composición de masa viva, sino la ocurrencia de importantes procesos metabólicos asociados a la misma, hasta tal punto, que si bien no se modifica ante las variaciones energéticas nutricionales, no representan un simple reservorio inerte, sino que luego del hígado ocupa una posición predominante, frente al resto de los órganos, en cuanto a la distribución y mantenimiento de los niveles de combustible metabólico en sangre.

La grasa corporal está integrada a los lipocitos o adipocitos —células altamente especializadas en el tejido adiposo— cuya distribución y predominancia en la estructura humana no solo depende del balance proteico-energético que manifieste, sino de la edad, el sexo y el estado de nutrición que manifieste el individuo según las tendencias dietéticas que siga, por demás, muestran un alto ritmo metabólico en correspondencia con las necesidades del organismo, aunque en si son reservorios de triacilglicéridos, presentes en una proporción mayor que la del glucógeno y más ampliamente distribuido por el cuerpo humano que aquel, descontando que lo exceden en aproximadamente 2,5 veces el número de moléculas de ATP durante su oxidación completa.

En la síntesis de triacilglicéridos la glucosa no se encuentra restringida a la de simple combustible metabólico, sino que su

degradación oxidativa por la ruta de los ácidos tricarbóxicos aporta el gliceraldehído -3- fosfato necesario para la síntesis de la porción glicérica de aquellos, mientras que parte del Acetil CoA, puede pasar a la biosíntesis de ácidos grasos y por la ruta del fosfogluconato —ruta metabólica alternativa que cataboliza glucosa a piruvato usando una serie de enzimas distintas a la glucólisis y a la ruta de la pentosa fosfato— y genera equivalentes de reducción (NADPH) que también intervienen en la producción de dichos ácidos grasos o su desaturación.

Evidentemente, tal red metabólica con la participación del hígado y dirigida a la obtención de una sustancia en particular como son los triacilglicéridos, responde a una condición adaptativa del organismo humano ante los excesos de sustancias alimentarias: el establecimiento de reservas, no solo para potenciales usos como vía de obtención de combustibles energéticos, sino como un suministrador de esqueletos carbonados y potenciales de reducción (equivalentes electrónicos).

Los ácidos grasos transportados por las seroalbúminas hacia los músculos, son oxidados gradualmente a medida que se desarrolla el metabolismo basal o de reposo, consumiendo la fracción de dióxígeno durante este período, sin embargo si se pasa a una fase de ejercicio físico intenso y sobre todo de corta duración, ocurre la degradación de la glucosa proveniente principalmente del glucógeno muscular, hasta la formación de lactato con manifestación de una deuda de dióxígeno

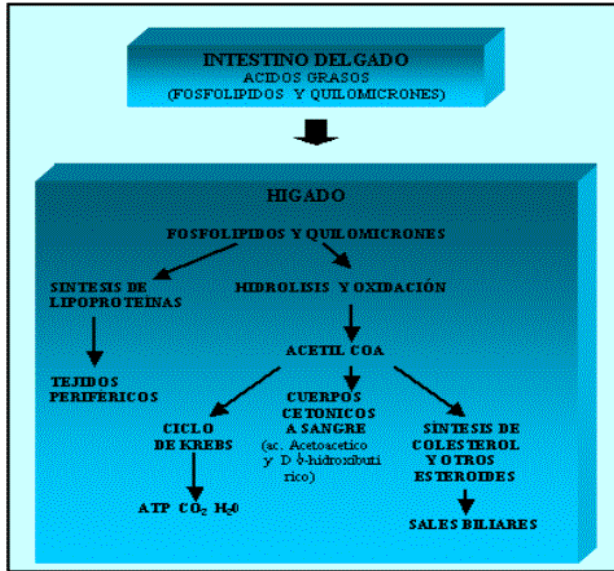


Figura 53. Uso metabólico de los fosfolípidos. Fuente: autores.

Es conocido que el organismo humano puede vivir perfectamente sin un suministro diario de glúcidos, pues mediante los procesos de gluconeogénesis pueden obtenerse los mismos a partir de las grasas y de los aminoácidos gluconeogénicos, pero traería grandes dificultades al organismo la no incorporación de lípidos con la dieta porque a pesar de que estos pueden ser elaborados cuando se ingieren proteínas e hidratos de carbono en exceso, existen ácidos grasos esenciales que el organismo no puede sintetizar como son el ácido linoleico y el linolénico, por lo que el organismo sufriría enfermedad carencial, lo mismo ocurrirá con los aminoácidos y las vitaminas.

## Distribución de otros nutrientes

Al igual que ocurre con las proteínas, no existen depósitos de almacenamiento de agua y minerales, estas se encuentran formando parte del organismo o en las proporciones exactas que se necesiten para la realización de sus funciones. Se obtiene agua como producto secundario de muchas reacciones metabólicas, pero se pierde mucha más por evaporación, egestión, sudor y la orina y junto con esta se eliminan iones inorgánicos.

La alimentación debe compensar estas pérdidas, lo que no es difícil para el agua y algunos minerales, pues cualquier alimento que se ingiera contiene cantidades variables de agua y algunos minerales, por lo que una nutrición variada debe suplir las necesidades orgánicas de los mismos.

En la distribución del agua y los minerales por el organismo no interviene el hígado como en el resto de los nutrientes, sino que este al igual que el resto de las células del cuerpo, toma de la sangre las cantidades que necesita para su buen funcionamiento.

Las vitaminas tienen dos vías de distribución por el organismo, las vitaminas liposolubles son absorbidas generalmente con las grasas y llegan por tanto al hígado de la misma forma que estas, de allí son distribuidas a todas las células del organismo, las vitaminas hidrosolubles al igual que los minerales y el agua pasan directamente de la sangre a las células del cuerpo.

Debemos aclarar que en el hígado de los peces se almacenan grandes cantidades de vitaminas, especialmente de vitaminas A y D, da allí el valor nutritivo del aceite de hígado de bacalao.

También en el hígado se puede obtener vitamina A con el caroteno que en él se encuentra procedente de la dieta.

De esta forma culmina la primera fase del metabolismo celular y la nutrición, la alimentación, pues ya han sido absorbidos el agua, los minerales, las vitaminas, proteínas, carbohidratos y lípidos para ser distribuidos por todo el organismo y además serán eliminados los desechos del proceso digestivo.



# Glosario de términos

**Acción Dinámica Específica (ADE):** representa las calorías adicionales requeridas para metabolizar y utilizar los alimentos aportados en el proceso alimentario. Esta energía representa aproximadamente el 10 por ciento de la Tasa Metabólica Basal + Gasto Energético por Actividad.

**Actividad física:** cualquier movimientos corporal producido por los músculos esqueléticos y que resulten en un gasto de energía añadido al gasto de energía basal, es decir, en situación de reposo. Estado de permanecer activo (con acción o movimiento).

**Aferente:** Una neurona o una vía que envía señales al sistema nervioso central o a un centro de procesamiento superior. Algunas veces este término y el de sensorial se usan indistintamente, sin embargo, estrictamente hablando, el término “sensorial” debe reservarse para aquellas neuronas o vías que contribuyen directamente a la percepción.

**Alimentos:** formas complejas in absorbibles del modo en que llegan al tubo digestivo, donde su conformación de especies químicas es desdoblada de variadas formas poniendo a disposición del organismo los suplementos necesarios para la reparación y construcción de estructuras, el aporte calórico necesario y las sustancias reguladoras que hacen posible todo el actuar metabólico que sustenta la vida y contienen o portan los llamados nutrimentos.

**Aminas biógenas:** Una clase de neurotransmisores que incluye a la serotonina, la histamina y las catecolaminas,

**Ampa:** (ácido alfa amino-3 hidro-5 metil-4 isoxazol propiónico)  
Un agonista del glutamato que activa a un tipo de receptores no NMDA del glutamato.

**AMPc:** (adenosina 3', 5'-monofosfato cíclico) Este nucleótido es sintetizado por la enzima adenil ciclase y desencadena la fosforilación de las proteínas por las quinasas dependientes del AMPc (fig 6-30). También puede actuar uniéndose directamente a ciertos canales iónicos y, en las bacterias, a las proteínas de transferencia activadoras. Las investigaciones sobre el AMPc, probablemente el segundo mensajero más conocido, han influido decisivamente en la conceptualización de los mecanismos de segundo mensajero en genera

**Base Económica:** Expresa la función social de las relaciones de producción como fundamento económico de los fenómenos sociales que se encuentran fuera del ámbito de la producción material.

**Biodisponibilidad:** proporción de un nutriente que puede ser absorbida y estar disponible para su uso o almacenamiento; o la proporción de un nutriente que puede ser utilizada.

**Bulbo raquídeo:**{ Médula oblongada (del lat. "Medulla oblonga")}  
Una de las siete partes principales del encéfalo. Es la prolongación rostral directa de la médula espinal, a la que se asemeja tanto en organización como en función. El bulbo raquídeo incluye varios centros responsables



de funciones autónomas tan vitales como la digestión, la respiración y el control de la frecuencia cardiaca. La palabra “medula” significa “meollo” y es también el nombre de la parte central de la glándula adrenal.

**Cantidad Total de Energía requerida al día:** resultado de sumar: Tasa Metabólica Basal + Gasto energético por Actividad + Acción Dinámico Específica de los Alimentos.

**Desarrollo Sostenible:** se concibe como un proceso de creación de las condiciones materiales, culturales y espirituales que propicien la elevación de la calidad de vida de la sociedad, con un carácter de equidad, y justicia social de forma sostenida y basado en una relación armónica entre los procesos naturales y sociales, teniendo como objeto tanto las actuales generaciones como las futuras.

**Dogma:** Proposición que se tiene como principio innegable de una ciencia. Verdad revelada por Dios y declarada y propuesta por la Iglesia para nuestra creencia. Fundamento de todo sistema, ciencia, doctrina o religión.

**Eclecticismo:** Mezcla que no obedece a principios determinados, de puntos de vista, concepciones filosóficas, premisas teóricas, valoraciones políticas, etc., distintos, a menudo contrapuestos. El eclecticismo es propio del revisionismo moderno.

**Educación en nutrición:** grupo de actividades de comunicación para generar un cambio voluntario en ciertas prácticas que afectan el estado nutricional de una población. La

meta final de la educación en nutrición es mejorar el estado nutricional.

**Emaciación:** Falta de peso respecto a la estatura, se asocia a la pérdida de peso por inanición o enfermedad

**Empirismo:** Teoría epistemológica (gnoseológica) que considera la experiencia sensorial como única fuente del saber; afirma que todo conocimiento se fundamenta en la experiencia y se adquiere a través de la experiencia. La limitación del empirismo consiste en sobrevalorar metafísicamente el papel de la experiencia, a la vez que subestima el de las abstracciones y teorías científicas en la cognición; consiste en negar el papel activo y la independencia relativa del pensar.

**Enajenación:** Acción de enajenar o enajenarse. Embelesamiento, distracción. Separación mental de la realidad.

**Energía alimentaria mínima necesaria:** cantidad de energía alimentaria considerada adecuada para satisfacer las necesidades de energía para llevar a cabo una actividad ligera y gozar de buena salud considerando edad y sexo. Es el promedio estimado de las necesidades mínimas de energía de los diversos grupos de edad y sexo de la población.

**Funcionabilidad motora:** capacidad del organismo de ejecutar actividades físicas de complejidad variable y relacionadas con su actuar cotidiano o papel funcional en la sociedad.

**Gasto Energético por Actividad (GEA):** es muy variable y

representa un componente principal de las necesidades energéticas diarias. Se trata de la Energía consumida por diferentes actividades.

**Grupo vulnerable o de riesgo:** personas con características comunes, generalmente en orden de indefensión por alguna causa con elevado riesgo de padecer inseguridad alimentaria o que ya la padecen.

**Índice de masa corporal (IMC):** Cociente entre peso en kg y estatura en metros, utilizada para calcular el estado nutricional de un individuo e incluso la grasa corporal que posee, aplicando ecuaciones de regresión internacionalmente aprobadas. Se emplea con mucha reserva para medir deportistas, así como niños o ancianos.

**Inhibición por alimentación anterógrada (inhibición recíproca).** Un circuito *inhibitorio* en el que una neurona tanto excita directamente a una diana como la inhibe indirectamente, excitando a una neurona inhibitoria interpuesta. Este tipo de circuito, frecuente en la inervación recíproca activada por sistemas de *reflejos monosinápticos*, coordina las conductas concomitantes, p. Ejplo, la excitación de un músculo flexor y la inhibición de un músculo extensor.

**Inhibición, lateral.** Véase inhibición por *alimentación retrógrada*.

**Inhibición, por alimentación retrógrada** (Retroalimentación) (inhibición lateral)( fig 4-25) Un circuito inhibitorio en el que una neurona excita a una *interneurona* inhibitoria,

la cual hace una conexión de retroalimentación con la primera neurona. Este tipo de circuito es una forma de autorregulación.

**Macronutrientes:** sustancias alimentarias requeridas en grandes cantidades por el organismo. Comprenden proteínas, glúcidos y grasas.

**Malnutrición:** Condición fisiológica resultante de deficiencias alimentarias por déficit o superávit de energía alimentaria, las proteínas y demás elementos nutritivos

**Medio Ambiente:** Sistema complejo y dinámico de interrelaciones ecológicas, socioeconómicas y culturales, que evoluciona a través del proceso histórico de la sociedad.

**Metabolismo basal:** mínimo de energía para mantener los procesos fisiológicos necesarios para la vida.

**Micronutrientes:** Sustancias adquiridas mediante la alimentación y que aportan elementos reguladores a la fisiología del organismo humano, comprenden las vitaminas y los minerales.

**Modificación del gasto energético:** tipo, duración e intensidad de la actividad física desarrollada. La energía gastada a lo largo del día para realizar el trabajo y la actividad física es, en algunos individuos, la que marca las mayores diferencias. Evidentemente, no necesita la misma cantidad de energía un atleta que entrene varias horas al día o un trabajador agrícola, que aquella persona que tenga una vida sedentaria

**Nivel de actividad física (NAF o PAL):** relación entre el

gasto energético diario y la TMB, es un buen indicador de cuán activo es un sujeto, independientemente de su sexo, peso corporal o edad.

**Nivel de actividad física deseable**, el necesario para perpetuar el buen estado de salud de todos los grupos de una población

**Nutrimientos:** sustancias químicas que un organismo necesita para lograr y sostener, en el tiempo y en el espacio, las estructuras y funcionamiento normal de cada una de sus partes, de aquí que la alimentación no puede ser un proceso arbitrario e incontrolado, que no cumpla con determinados requisitos, porque de ser así a la célula, no llegarían y saldrían de su biodisponibilidad, los elementos necesarios que debidamente utilizados garantizan el funcionamiento, con calidad, de su existencia viva.

**Recomendaciones nutricionales:** cantidades de energía biodisponible que debe contener una dieta consumida para satisfacer los requerimientos fisiológicos de casi todos los individuos de una población sana. Además debe cubrirse la variedad individual, en cada nutriente agrega una cantidad adicional para establecer un margen de seguridad. El objetivo fundamental de las recomendaciones nutricionales es controlar las deficiencias o los excesos en la alimentación y reducir el riesgo a enfermedades relacionadas con la nutrición.

**Relaciones sociales de producción:** Constituye uno de los

aspectos del modo de producción, son las relaciones que establecen los hombres en el proceso de producción de bienes materiales.

**Requerimiento energético de un individuo:** dosis de energía alimentaria ingerida que compensa el gasto de energía, cuando el tamaño y composición del organismo y el grado de actividad física de ese individuo son compatibles con un estado duradero de buena salud, y que permite, además, el mantenimiento de la actividad física que sea económicamente necesaria y socialmente deseable.

**Retraso del crecimiento:** Baja estatura respecto a la edad.

**Tasa Metabólica Basal** se refiere al gasto energético que ocurre en el estado post-absortivo, definido como la condición particular que se instala luego de un ayuno de una noche, el sujeto sin consumir alimentos por 12-14 horas y descansando confortablemente, supino, despierto, y quieto, en un ambiente termo neutral. En esta situación se considera que la alimentación y la actividad física tienen una influencia mínima sobre el metabolismo. La TMB, entonces, refleja la energía necesaria para mantener el metabolismo celular y de los tejidos, además de la energía necesaria para mantener la circulación sanguínea, la respiración, y el procesamiento gastrointestinal y renal (el costo basal por vivir).

**Termogénesis** (efecto térmico de los alimentos) inducida por la dieta o postprandial: es la energía necesaria para llevar a

cabo los procesos de digestión, absorción y metabolismo de los componentes de la dieta tras el consumo de alimentos en una comida (secreción de enzimas digestivos, transporte activo de nutrientes, formación de tejidos corporales, de reserva de grasa, glucógeno, proteína, etc.).





## Bibliografía Consultada

- Ahima, R.S. Prabakaran, D; Mantzoros, C; Qu, D. Lowel, B & Maratos-Flier, E. (1997). Role of leptin in the neuroendocrine response to fasting. *Nature*, 382, 250-5.
- Ames, B. (2010). Prevention of mutation, cancer, and other age-associated diseases by optimizing micronutrient intake. *J Nucleic Acids* (pii:725071). doi:10.4061/2010/725071
- Bernabeu-Mestre1, J & Red de Malnutrición en Iberoamérica del Programa de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (Red Mel-CYTED). (s.f.). Notas para una historia de la desnutrición en la Iberoamérica del siglo XX. *Nutr. Hosp*, 25(Suple 3). Recuperado de [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0212-16112010009900002](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112010009900002)
- Brito, A., Hertrampf, E., Olivares, M., Gaitán, D., Sánchez, H. A., & Uauy, R. (2010). Folatos y vitamina B12 en la salud humana. *Rev. méd. Chile*, 140(11). Recuperado de <http://dx.doi.org/10.4067/S0034-98872012001100014>
- Campillo Álvarez, J.E. (2004). *El mono obeso*. Barcelona, España: Crítica.
- Carbajal Azcona, Á. (2013). *Manual de Nutrición y Dietética*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid. Recuperado de <http://eprints.ucm.es/22755/1/Manual-nutricion-dietetica-CARBAJAL.pdf>
- Cardella Rosales, L. y. (2007). Capítulo 71. Proteínas en la dieta humana. En L. Cardella Rosales, *Bioquímica Médica*. La

- Habana: Editorial Ciencias Médicas.
- Colegio Americano de Medicina del Deporte. (2007). Ejercicio y reposición de líquidos. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(2). Recuperado de [https://www.acsm.org/docs/translated-position-stands/S\\_fluid\\_replacement\\_2007.pdf](https://www.acsm.org/docs/translated-position-stands/S_fluid_replacement_2007.pdf)
- Companioni Landín, F.A y Bachá Rigal, Y. (2012). *Anatomía Aplicada a la Estomatología*. Ciudad de la Habana. Cuba: Editorial Ciencias Médicas.
- De la Cruz Sánchez, E., Pino Ortega, J., Moreno Conteras, M. I., Cañadas Alonso, M., & Ruiz-Risueño Abab, J. (2008). Micronutrientes antioxidantes y actividad física: evidencias de las necesidades de ingesta a partir de las nuevas tecnologías de evaluación y estudio del estrés oxidativo en el deporte. *RETOS. Nuevas Tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*(13), 11-14. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/3457/345732278002.pdf>
- Dovale Borjas, A. (04 de Septiembre de 2004). Sistema digestivo: boca y tubo digestivo Histología III. Ciclo Básico Medicina. Segundo Año. *Conferencia*. Ciudad de la Habana, Cuba: ICBP “Victoria de Girón”.
- FAO. (1964). *Boletín No. 5 Las proteínas, clave de la alimentación mundial*. Roma: FAO.
- FAO. (2006). *Grasas y aceites en la nutrición humana. Consulta de Expertos*. Roma: Depósito de documentos FAO. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/v4700s/v4700s06.htm#TopOfPage>

- FAO. (2010). *Grasas y aceites en la nutrición humana. Consulta de Expertos*. Roma: Depósito de documentos FAO. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/v4700s/v4700s06.htm#TopOfPage>
- Fariñas Rodríguez, L., & cols. (2005). Control de la alimentación y leptina. *Rev Cubana Invest Bioméd*, 24(1).
- Fuller, R. (1991). Probiotics in human gut. *Medicine*, 32, 439-442.
- Galván, C., Guisado Barrilao, R., García, M. C., Ochoa, J., & Ocaña Wilhelmi, J. (2008). Antioxidantes y ejercicio físico: funciones de la melatonina. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 1(2), 61-72. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/3233/32332765004.pdf>
- Gallagher, C. (1968). *Factores nutricionales y trastornos enzimáticos en los animales*. La Habana: Ediciones Revolucionarias. Instituto del Libro.
- García Gabarra, A. (2006). Ingesta de Nutrientes: Conceptos y Recomendaciones Internacionales (1ª Parte). *Nutr Hosp*, 21(3), 291-299. Recuperado de <http://scielo.isciii.es/pdf/nh/v21n3/revision.pdf>
- García-Mayor, R., Andrade, M., Rios, M., Lage, M., Dieguez, C., & Casanueva, F. (1997). Serum leptin levels in normal children: Relationship to age, gender, body mass index, pituitary-gonadal hormones, and pubertal stage. *J Clin Endocrinol Metabol*, 82, 2849-55.
- Gómez Candela, C., & Cos Blanco, A. I. (2001). *Requerimientos nutricionales*. (A. López Aguado, Ed.) La Paz, Madrid,

- España: Laboratorios Novartis. Recuperado de <http://www.sefh.es/bibliotecavirtual/novartis/nutricionap.pdf>
- González Pérez y Marcos Placencia. (2008). *Fenómeno Alimentario y Fisiología del Subsistema Digestivo*. Ciudad del Habana: Editora Política.
- González Pérez,. (2002). *Fisiología del Subsistema Digestivo. Ciclo de conferencias de Nutrición Humana. Diplomado*. Ciudad de La Habana.
- Guyton, A. C., & Hall, J. E. (2001). *Tratado de Fisiología Médica* (10ma ed.). Mc Graw-Hill / Interamericana. Recuperado de <http://rinconmedico.me/tratado-de-fisiologia-medica-guyton-hall-10a-edicion-arthur-c-guyton-john-e-hall.htm>
- Hamilton, G., & Bronson, F. (1986). Food restriction and reproductive development: male and female mice and male rats. *Am J Physiol*, 250, 370-7.
- Hernández Gallardo, D. (2013). *Estado Nutricional y Rendimiento Deportivo en deportistas adolescentes. Tesis Doctoral*. Granada. España.
- Hernández Gallardo, D., & Arencibia Moreno, R. (2002). Minerales en la dieta de los deportistas. *Revista Digital efdeportes.com*, Año 8(50). Recuperado de <http://www.efdeportes.com/efd50/mineral.htm>
- Hernández Triana, M. y cols. (2008). *Recomendaciones nutricionales para la población cubana (Versión Resumida)*. La Habana: Ministerio de Salud Pública.
- Instrumentación Científico Técnica. Catálogo*. (2017).

- Recuperado de <http://ictsl.net/mobile/vgapda/productos/aparatos/01d636958e0fa186a.html>
- Latham, M. C. (2002). *Nutrición Humana en el Mundo en Desarrollo*. Roma: Departamento de Agricultura. Depósito de Documentos de la FAO. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/006/w0073s/w0073s00.htm#Contents>
- Lehninger, A. L., Nelson, D. L., & Cox, M. M. (2009). *Principios de bioquímica. (En español)*. (C. M. Cuchillo Foix, P. Suau León, & J. Vendrell Roca, Trad.) Barcelona: Omega.
- Menshikov, V.V y Vollkov, N.I.C. (1990). *Bioquímica*. URSS.
- Milanés Santana, R.; Rivero Jaspe, N & Echemendía, O. (2000). *La fibra dietética y otros componentes alimentarios relacionados con la salud del colon*. San Cristóbal-Táchira (Venezuela): Editorial Armonía y Plenitud.
- Mollinedo Patzi, M. A., & Carrillo Larico Katerin, J. (2014). Absorción, excreción y metabolismo de las vitaminas hidrosolubles. *Rev. Act. Clin. Med*, 41. Recuperado de [http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S2304-37682014000200005&script=sci\\_arttext](http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S2304-37682014000200005&script=sci_arttext)
- Natalia e Grabiely. (17 de junio de 2011). *Ciencias. Blogger*. Recuperado de [http://nataliaheloisa603.blogspot.com/2011\\_06\\_01\\_archive.html](http://nataliaheloisa603.blogspot.com/2011_06_01_archive.html)
- Nenzil, J., & Weber, C. &. (2001). The role of vitamin E in Atherogenesis. *Atherosclerosis*, 157(2), 257-83.
- Netter, F. (1995). *Interactive Atlas of Human Anatomy. Versión Digital. Published by Ciba Medical Education & Publication*.

- Ochoa, C y Muñoz Muñoz, G. (Diciembre de 2014). Hambre, apetito y saciedad. *Revista Cubana de Alimentación y Nutrición*, 24(2), 268-279.
- OMS. (2003). *Dieta, nutrición y prevención de enfermedades crónicas. Informe de una Consulta Mixta de Expertos OMS/FAO*. Ginebra: OMS, Serie de Informes Técnicos 916. Recuperado de <ftp://ftp.fao.org/unfao/bodies/coag/coag18/j1251s.pdf>
- Ortega, R. M. (10 de Julio de 2008). *Deshidratación. Tipos, causas y consecuencias*. Recuperado de [www.nutricion.org: http://www.nutricion.org/publicaciones/pdf/Deshidrataci%C3%B3n%20Tipos%20Causas%20y%20Consecuencias\\_Rosa%20Mar%C3%ADa%20Ortega.pdf](http://www.nutricion.org/publicaciones/pdf/Deshidrataci%C3%B3n%20Tipos%20Causas%20y%20Consecuencias_Rosa%20Mar%C3%ADa%20Ortega.pdf)
- Placencia Concepción. (2005). Capítulo 3. Factores que influyen en el Estado Nutricional. En M. P. Hernández Fernández, *Temas de Nutrición. Nutrición Básica. Volumen I* (págs. 27-36). Ciudad de la Habana: MINSAP.
- Pliego Pastrana, P., Rodríguez Torres, Tetlalmatzi Montiel, Soto Campos. (2013). Las proteínas y el código genético. *Padi. Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingeniería.*, 1.
- Porrata Maury, Carmen & Manuel Hernández Triana. (1995). Adaptación a una baja ingestión de alimentos. *Revista Cubana Aliment Nutr*, 9(1). Recuperado de [http://bvs.sld.cu/revistas/ali/vol9\\_1\\_95/ali0719](http://bvs.sld.cu/revistas/ali/vol9_1_95/ali0719)
- Roatta, L., Moguilevsky, A., Leiderman, S., Tatti, S., & Carbone, S. (2007). Leptina y su relación con factores endocrino-

- metabólicos y reproductivos en mujeres con Anorexia Nerviosa. *Revista de Endocrinología Ginecológica y Reproductiva*, 56-66.
- Roberti, A. (2003). *Nutrición adecuada y balance calórico*. Recuperado de PubliCE Standard. 31/10/2003. Pid: 200: <http://www.sobreentrenamiento.com/PubliCE>
- Rodríguez Marcos, C. (2008). Trastornos de la conducta alimentaria. Estado nutricional en estudiantes de ballet de nivel elemental. (Parte II). En C. Rodríguez Marcos, *Estado Nutricional y orientación nutricional en estudiantes de ballet de nivel elemental* (págs. 870-902). Ciudad de la Habana. Cuba.
- Rodríguez Monzón, M. X., & Pasquetti Ceccatelli, A. (2004). Micronutrientes en deportistas. *Revista de Endocrinología y Nutrición*, 12(4), 181-187. Recuperado de <http://www.medigraphic.com/pdfs/endoc/er-2004/ero44b.pdf>
- Rodríguez Rodríguez, F. J., & Rodríguez Lega, F. J. (2005). Composición y compartimientos líquidos del organismo. Capítulo 24. En J. A. Tresguerres, *Fisiología Humana* (3ra ed.). Madrid: McGraw-Hill INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S.A.U.
- Rodríguez Scull, E. (2003). Obesidad: fisiología, etiopatogenia y fisiopatología. Enfoque actual. *Rev Cubana Endocrinol*, 14(2).
- Rua Hernández, E., Cabrera, L. R., Orihuela, D. G., & Fuentes Martínez, F. (2002). *Morfología Funcional Deportiva*.

*Folleto de la asignatura. Consideraciones acerca de la estructura y funcionamiento del organismo humano.* Ciudad de la Habana: Instituto Superior de Cultura Física “Manuel Fajardo”. CD Universalización.

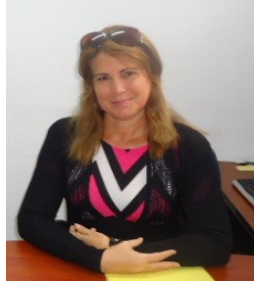
- Sánchez Álvarez, V. (2001). Vitamina A, Inmunocompetencia e infección. *Rev Cubana Aliment Nutr*, 15(2), 121-9. Recuperado de [http://bvs.sld.cu/revistas/ali/vol15\\_2\\_01/ali07201.pdf](http://bvs.sld.cu/revistas/ali/vol15_2_01/ali07201.pdf)
- Siegel A & Fawcet, B. (1976). *Food legume processing and utilization*. Ottawa: CIID.
- Smith, B., York, D., & Bray, G. (1998). Hypothalamic infusion of serotonin or serotonin receptor agonist suppressed fat intake in a macronutrients diet, paradigm. *Am J Physiol*, 277, 802-11.
- Sorace, P., & Patzan, J. (2007). *Anemia y sus Efectos sobre el Rendimiento*. Recuperado de PubliCE Standard: <http://g-se.com/es/fisiologia-del-ejercicio/articulos/anemia-y-sus-efectos-sobre-el-rendimiento-1037>
- Suárez López, M. M., Kizlansky, A., & López, L. B. (2006). Evaluación de la calidad de las proteínas en los alimentos calculando el escore de aminoácidos corregido por digestibilidad. *Nutr Hosp*, 21(1), 47-51. Recuperado de <http://scielo.isciii.es/pdf/nh/v21n1/original7.pdf>
- T, Mejia Jervis. (2017). *Lifeder.com*. Recuperado el 18 de julio de 2017, de Lifeder.com: <https://www.lifeder.com/>
- Viviant, V. (2004). *Importancia de la Interacción Fármaco – Nutriente*. Obtenido de [www.nutrinfo.com.ar](http://www.nutrinfo.com.ar)



- Weisz, P. (1968). *Biología*. La Habana: Editorial Revolucionaria.  
[www.genomasur.com/BCH/BCH\\_libro/capitulo\\_02.htm](http://www.genomasur.com/BCH/BCH_libro/capitulo_02.htm). (s.f.).  
*Capítulo 2. Composición química de los seres vivos*.  
Recuperado, de [www.genomasur.com](http://www.genomasur.com/BCH/BCH_libro/capitulo_02.htm): [http://www.genomasur.com/BCH/BCH\\_libro/capitulo\\_02.htm](http://www.genomasur.com/BCH/BCH_libro/capitulo_02.htm)
- Yanguas Leyes, J., Fernández, R., & J. (2001). Alteraciones gastrointestinales en corredores de fondo. *Archivos de Medicina del Deporte*, 58(83), 223-232. Recuperado de Yanguas Leyes, J; Ribas Fernández; J. Alteraciones gastrointestinales en corredores de fondo. [Ahttp://sares.cat/pdf/Alt\\_GI\\_corredores\\_fondo.pdf](http://sares.cat/pdf/Alt_GI_corredores_fondo.pdf)
- Young, V.R. & Pellet, P.L. (1994). Plant proteins in relation to human protein and amino acid nutrition. *Am. J. Clin. Nutr*, 59(Suppl.), 1203S-1212S.
- Zimkin, N. (1975). *Fisiología Humana*. Ciudad de la Habana: Editorial Científico Técnica.



## Datos de los autores



### **DAMARIS HERNÁNDEZ GALLARDO**

Nació el 1<sup>o</sup> de Julio de 1972 en la provincia de Ciego de Ávila. Cuba.

Titulada en Educación Especialidad Biología, Doctora con Mención Internacional por la Universidad de Granada (España), Máster en Bioenergética y Medicina Natural y Especialista en Nutrición Humana por el Instituto de Nutrición e Higiene de los Alimentos de Cuba.

Profesora de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, donde imparte materias relacionadas con la Morfofisiología, Cineantropometría, Bioquímica y Nutrición, categorizada como investigadora por la SENESCYT.

Hasta la fecha ha publicado una totalidad de 22 artículos científicos en revistas indexadas en base de datos prestigiosas como “SCOPUS”. Ha presentado más de 30 ponencias en congresos de carácter nacional e internacional relacionadas con la Nutrición

General Humana del Deportista, he integra comités científicos en eventos de diferentes alcances regionales, forma parte del comité editor de la Revista de Investigación Científica Cultura Viva Amazónica.

Ha dictado cursos en materias como Bioadaptación y Nutrición General Humana y para el Deportista, así como participó en proyectos de investigación relacionados con la Evaluación del Estado Nutricional en sectores poblacionales de riesgo, dirigiendo el sub-proyecto de Estado Nutricional en Deportistas.



### **RICARDO ARENCIBIA MORENO**

Nació el 12 de Abril de 1955. Nació en Amancio Rodríguez, provincia Las Tunas. Cuba.

Titulado en Educación Especialidad Biología, Doctor en Ciencias de la Cultura Física con Mención en Cultura Física Terapéutica (Cuba).

Fue Director de la Escuela de Nutrición y Dietética de la Universidad Iberoamericana del Ecuador y profesor de la Escuela de Cosmiatría, Imagen Integral y Terapias Holísticas de la propia universidad, categorizado como investigador por la SENESCYT.

Actualmente es docente en la Universidad Técnica de Manabí. Hasta la fecha ha publicado una totalidad de 20 artículos científicos en revistas indexadas, varios incluidos en la base de datos “SCOPUS”. Ha presentado más de 40 ponencias en congresos de carácter nacional e internacional vinculadas a estrategias pedagógicas para el desarrollo del Estudio Independiente, la Nutrición General Humana, Actividad Física y Nutrición en la tercera edad, y Nutrición del Deportista, he integra comités científicos de eventos de diferentes alcances regionales. Forma

parte de comité editor de la Revista de Investigación Científica Cultura Viva Amazónica.

Ha dictado cursos relacionados con la Biología Celular y Molecular, Genética, Bioadaptación, Nutrición General Humana, Nutrición del Deportista, Hábitos alimentarios, Bromatología, Educación Sexual y Salud en países como Cuba, Nicaragua, México, Angola y Ecuador. Dirigió un proyecto macro de investigación sobre El Estado Nutricional en sectores poblacionales de riesgo. Evaluador por la SENESCYT de proyectos de Investigación en el Ecuador.



### **MARTA LINARES MANRIQUE**

Titulada en Enfermería y Doctora con Mención Internacional por la Universidad de Granada (España).

Profesora de la Facultad de Enfermería y de la Escuela Internacional de Posgrado de la Universidad de Granada, donde imparte materias relacionadas con la Intervención Enfermera, la Educación para la Salud, la Fisiología y la Nutrición y Dietética.

Hasta la fecha ha publicado una totalidad de 20 artículos científicos en revistas indexadas, donde se incluyen más de un tercio en “Journal Citation Report” y “Scopus”.

Ha participado en 30 congresos de carácter nacional o internacional presentando trabajos relacionados con la Actividad Física, la Nutrición y la Intervención Enfermera.

En varias universidades de América Latina: México, Perú y Ecuador, ha realizado diversas estancias docentes e investigadoras impartiendo regularmente distintos cursos de posgrado y en las que coordina y/o participa en varios proyectos de investigación

Recientemente recibió el “Reconocimiento a la Labor de Investigación y Educación a nivel Internacional” en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión y la “Orden al Mérito en el Campo de la Ciencia, el Arte y la Educación” en la Institución Educativa Cubano – Peruana La Edad de Oro, ambas de la Ciudad de Huacho (Perú)



**L**a alimentación es un proceso bio-psico-social, depende de diversos factores que implican la selección de un alimento u otro, pero de este simple hecho, se desencadena el complejo proceso de la nutrición que culmina con la utilización de los nutrientes contenidos en los alimentos por parte de todas las células del organismo y debe garantizar un adecuado estado nutricional y de salud.

Esta obra pretende brindar una visión integradora del impacto de la aportación de nutrientes sobre el actuar metabólico del organismo humano, eje central que guía su desarrollo, así, se presenta una explicación exhaustiva de las diferentes fases del metabolismo celular centrado en el uso y aportaciones de dichos nutrimentos al actuar fisiológico, partiendo de las leyes de la nutrición, la función de los alimentos y sus componentes nutrimentales, además de sus transformaciones bioquímicas. Se analiza de la primera fase del metabolismo la Nutrición como proceso fisiológico que implica las transformaciones de los alimentos hasta sus moléculas absorbibles en el tubo digestivo.



**EDITORIAL  
MAR ABIERTO**

Departamento de Edición y  
Publicación Universitaria

ISBN: 978-9942-959-93-5



9 789942 959935