



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ZARAGOZA**

Fisiología y Metabolismo de los Nutrientes, un Libro  
Electrónico para el apoyo a la Enseñanza y Aprendizaje de  
la Asignatura de Bromatología

**T E S I S**

Para obtener el grado de  
Químico Farmacéutico Biólogo

**Sustentante: Kim Samira Gutiérrez Ortiz**

Director: Mtro. Victor Alberto Corvera Pillado  
Asesor: M. en C. María José Marques Dos Santos



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

---

# AGRADECIMIENTOS

---

Quisiera empezar dedicando esta tesis a mi padre de los cielos, todos mis éxitos los he logrado gracias a tu infinita misericordia. Dios.

A mi mamá Alicia Ortíz por su eterno amor, paciencia y devoción, tus ánimos me infunden confianza, tú has sido mi más profundo motivo de esfuerzo cada día e inspiración para alcanzar mis metas.

A mi hermana Rosa Gutiérrez por que ha sido mi ejemplo, mi admiración y mi fortaleza, por darme la estabilidad emocional, económica, sentimental; para poder llegar hasta este logro, por enseñarme que no hay límites, que lo que me proponga lo puedo lograr y que solo depende de mi.

A mi tía Susana por su apoyo y su amor incondicional a lo largo de toda mi educación, sin tu ayuda no habría llegado hasta este peldaño. Por enseñarme que cada persona es el arquitecto de su vida.

A Erik de los Santos, mi aliado y amigo, por permitirme soñar y crecer con su imaginación, que durante bastante tiempo tuvo la paciencia suficiente para apoyarme profundamente, por darme su comprensión, su cariño y su amor. Gracias por hacer de esos momentos un verdadero vivir. Sin tu ayuda incondicional no lo habría logrado

A la M. en C. María José Marque Dos Santos por su asesoría y dirección en el trabajo de este proyecto.

A mi director de tesis y amigo Victor Alberto Corvera Pillado, gracias por todas las facilidades que me otorgaste para el desarrollo de este proyecto.

Quiero dar las gracias a la gente que revisó con paciencia este trabajo, mis sinodales: M. en C. Ma. José Marque Dos Santos, Mtro. Victor Alberto Corvera Pillado, Dr. José Ángel Rojas Zamorano, Dra. Rosalinda Escalante Pliego, Mtro. Alejandro Flores Galindo.

Y a todos aquellos que colaboraron o participaron en la realización de este proyecto y han quedado en los recintos más escondidos de mi memoria, pero que fueron partícipes en cincelar a una profesionista, hago extensivo mi más sincero agradecimiento.

<b>RESUMEN</b> .....	1
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	2
<b>II. MARCO TEÓRICO</b> .....	4
<b>2.1 ENSEÑANZA, APRENDIZAJE Y DESARROLLO</b> .....	4
2.1.1 Aprendizaje.....	6
2.1.1.1 Proceso de aprendizaje.....	6
2.1.1.2 Teorías del aprendizaje.....	7
2.1.1.3 Adquisición de conceptos.....	7
2.1.2 Multimedia.....	8
2.1.2.1 Ventajas.....	8
2.1.2.2 Desventajas.....	9
<b>2.2 ESQUEMA GENERAL DEL TRACTO GASTROINTESTINAL</b> .....	10
2.2.1 Procesos digestivo.....	10
2.2.2 Organización.....	11
2.2.3 Tubo digestivo, su irrigación sanguínea y su acción digestiva.....	12
2.2.4 Integración nerviosa y hormonal.....	14
2.2.5 Características histológicas generales.....	17
2.2.5.1 Mucosa.....	18
2.2.5.2 Submucosa.....	18
2.2.5.3 Serosa.....	18
<b>2.3 ESTRUCTURA DEL TRACTO GASTROINTESTINAL</b> .....	19
2.3.1 Boca.....	19
2.3.1.1 Lengua.....	19
2.3.1.2 Composición y secreción de saliva.....	19
2.3.1.3 Dientes.....	21
2.3.1.4 La digestión en la boca.....	22
2.3.1.5 Masticación.....	22
2.3.1.6 Deglución.....	23
2.3.1.7 Vómito.....	25
2.3.2 Esófago.....	25
2.3.2.1 Actividades del esófago.....	25
2.3.3 El estómago.....	26
2.3.3.1 Motilidad gástrica.....	28
2.3.3.2 Secreción enzimática y digestión.....	28
2.3.3.3 Control de la secreción gástrica.....	28
2.3.3.4 Vaciamiento gástrico.....	30
2.3.3.5 La digestión en el estómago.....	31
2.3.3.6 Absorción en el estómago.....	31
2.3.3.7 Velocidad de la digestión en el estómago.....	32
2.3.4 Páncreas.....	32
2.3.4.1 Jugo pancreático-bilis.....	33
2.3.4.2 Secreciones pancreáticas.....	33
2.3.4.3 Secreción de bicarbonato.....	33

2.3.4.4	Control de la secreción de bicarbonato.....	34
2.3.5	Hígado.....	35
2.3.5.1	Secreción de la bilis.....	35
2.3.5.2	Control de la secreción biliar.....	37
2.3.5.3	Vesícula biliar.....	37
2.3.5.4	Vaciamiento de la vesícula biliar.....	38
2.3.6	El intestino delgado.....	38
2.3.6.1	Motilidad del intestino delgado.....	39
2.3.6.2	La digestión en el intestino delgado.....	40
2.3.6.3	Digestión y absorción.....	41
2.3.6.4	Absorción en el intestino delgado.....	41
2.3.7	El intestino grueso.....	42
2.3.7.1	Secreción y absorción.....	42
2.3.7.2	Absorción en el intestino grueso.....	43
2.3.7.3	Motilidad.....	44
2.3.7.4	La digestión en el intestino grueso.....	44
2.3.7.5	Defecación.....	45
<b>2.4</b>	<b>METABOLISMO INTERNO.....</b>	<b>46</b>
2.4.1	Definición de metabolismo.....	46
2.4.2	Metabolismo de carbohidratos.....	47
2.4.2.1	Destino de los carbohidratos.....	47
2.4.2.2	Catabolismo de la glucosa.....	48
2.4.2.3	Glucólisis.....	48
2.4.2.4	Ciclo de Krebs.....	49
2.4.2.5	Cadena de transporte de electrones.....	50
2.4.2.6	Almacenamiento de glucosa: glucogénesis.....	50
2.4.2.7	Liberación de glucosa: glucogenólisis.....	50
2.4.2.8	Síntesis de glucosa a partir de proteínas y grasas: gluconeogénesis..	51
2.4.3	Metabolismo de los lípidos.....	51
2.4.3.1	Destino de los lípidos.....	51
2.4.3.2	Almacenamiento de lípidos.....	52
2.4.3.3	Catabolismo de los lípidos.....	52
2.4.3.4	Glicerol.....	52
2.4.3.5	Ácidos grasos.....	53
2.4.3.5.1	Beta oxidación de los ácidos grasos.....	54
2.4.3.6	Anabolismo de los lípidos: lipogénesis.....	54
2.4.4	Metabolismo de las proteínas.....	55
2.4.4.1	Destino de las proteína.....	55
2.4.4.2	Catabolismo de las proteínas.....	56
2.4.4.3	Anabolismo de las proteínas.....	56
2.4.4.4	Vías de degradación de las proteínas.....	57
2.4.4.5	Eliminación de nitrógeno proteico.....	57
2.4.4.6	Formación de Urea por el Ciclo de la Ornitina.....	58
2.4.5	Perfiles Metabólicos de algunos tejidos y órganos.....	58
<b>2.5</b>	<b>NUTRICIÓN.....</b>	<b>60</b>
2.5.1	Nutrientes.....	60
2.5.2	Alimentación.....	61

2.5.3 Nutrientes y alimentos.....	62
2.5.4 Grupos principales de nutrientes: 1Macronutrientes, 2.Micronutrientes ...	64
2.5.5 Ciclo alimentación ayuno.....	65
<b>III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>67</b>
<b>IV. OBJETIVO.....</b>	<b>68</b>
<b>V. METODOLOGÍA.....</b>	<b>69</b>
<b>VI. RESULTADOS.....</b>	<b>70</b>
<b>VII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>74</b>
<b>VIII. CONCLUSIÓN.....</b>	<b>76</b>
<b>IX. PROPUESTAS.....</b>	<b>78</b>
<b>X. REFERENCIAS.....</b>	<b>79</b>

---

# RESUMEN

---

El presente trabajo titulado “Fisiología y Metabolismo de los Nutrientes” es parte del Proyecto de elaboración de Material Multimedia de apoyo a la enseñanza-aprendizaje de la Asignatura de Bromatología que se imparte en el séptimo semestre de la carrera de Química Farmacéutico Biológica (Q.F.B.) en la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM. Cubre los contenidos necesarios para el estudio y la preparación de los temas relacionados con la fisiología y metabolismo de los nutrientes impartidos en la asignatura de Bromatología y tiene como finalidad implementar nuevas herramientas académicas como estrategias para lograr una mejor enseñanza y aprendizaje de los alumnos, consiste en un libro electrónico que ha sido concebido como una alternativa para los estudiantes por la dificultad de realizar las clases prácticas de los temas en cuestión, debido al déficit de recursos (animales vivos, órganos, instrumental, etc.). Este libro multimedia en particular contiene los principios básicos de la digestión, la absorción, distribución y metabolismo de nutrientes en el cuerpo humano. Además, analiza el papel que desempeñan las vitaminas, los minerales y las enzimas en este tipo de procesos. Trata los micronutrientes en el metabolismo humano y los efectos de estas sustancias en la célula y los tejidos a la hora de restablecer el equilibrio bioquímico del que surgen la salud y el bienestar. Está conformado por cuatro capítulos, el primero de ellos titulado Esquema General del Tracto Gastrointestinal que brinda un panorama general del tema a tratar, el segundo, Estructura del Tracto Gastrointestinal en el cual ya se enfatiza cada órgano en particular y su funcionamiento, Metabolismo Interno con una perspectiva diferente a lo que estamos acostumbrados y finalmente Nutrición; en los que se podrá observar al inicio un contenido introductorio al tema a tratar, en el cual el alumno podrá relacionar dicho contenido con imágenes seleccionadas, haciendo alusión al texto descrito para una mejor asimilación y comprensión, permitiéndole al profesor una mayor distribución de su tiempo en la explicación y una eficacia en el aprendizaje del alumno. El uso del software Flip Álbum hizo posible lograr un producto de calidad a partir de los conocimientos informáticos elementales.

# I. INTRODUCCIÓN

---

El presente trabajo se encuentra dentro del proyecto Material Multimedia de apoyo al aprendizaje de la asignatura de Bromatología que se imparte en el séptimo semestre de la carrera de Q.F.B. en la FES-Zaragoza de acuerdo con el Plan de Estudios de la carrera y Autorizado por la Universidad Nacional Autónoma de México. Para su estudio se ha dividido el programa en 6 partes:

1. Introducción a la Nutrición (realizada en 2007-2008 por la Q.F.B. Paula Reyes Cruz).
2. Fisiología y Metabolismo de los Nutrientes (que es la base del presente trabajo de Tesis).
3. Alimentos y sus Constituyentes: agua, carbohidratos, lípidos y proteínas en los alimentos,
4. Vitaminas y minerales en los alimentos, sustancias que influyen en el color y sabor de los alimentos, Aditivos en los alimentos y Procesado Industrial.
5. Microbiología de los alimentos y Biotecnología alimentaria.
6. Algunos de los retos de la Nutrición.

Las partes 3 a la 6 están siendo realizadas en formato electrónico por otros estudiantes para completar el programa de la asignatura en formato multimedia.

Con el objeto de mejorar la docencia universitaria, este trabajo no sólo pretende recoger parte de los contenidos de la asignatura de Bromatología sino que trata de ir un poco más allá intentando despertar al alumno su curiosidad e inquietud por ese mundo tan apasionante como el de la nutrición humana. Para este fin, en los diferentes temas, se han elaborado una serie de herramientas multimedia, como son imágenes y fotografías que

intentan facilitar la labor de aprendizaje, esperando que, en la medida de lo posible, estos conocimientos sean útiles al alumno y pueda aplicarlos a su vida personal y profesional.

En este trabajo se pretende emplear nuevas modalidades interactivas del conocimiento así como diferentes herramientas multimedia y material innovador, de manera que para el alumno la enseñanza sea amena, eficaz y facilitada. La característica principal del diseño da como resultado un sistema de auto aprendizaje que consiste en que el alumno pueda aprender por si mismo teniendo acceso a toda la información del curso en el momento que lo desee, sin invertir mucho tiempo en su obtención. Por otra parte, este texto resuelve en parte, la falta de material relacionado con el tema, que carece la institución.

Entre los múltiples desafíos que la materia de bromatología enfrenta, es la habilidad para enseñar al alumno, que los alimentos representan la fuente que puede cubrir las necesidades energéticas inmediatas, y del material necesario para el desarrollo, mantenimiento y reparación del cuerpo, a la vez que los materiales aportados, se pueden transformar en una reserva de nutrientes y energía que las células de los diferentes tejidos pueden utilizar en períodos de ayuno.

Esta fase del proyecto: "Fisiología y Metabolismo de los Nutrientes", estudia los principios básicos de la digestión, la absorción y metabolismo de nutrientes en el cuerpo humano. Además, analiza el papel que desempeñan el agua, los minerales y las enzimas en este tipo de procesos. En este trabajo se mencionan además a los micronutrientes en el metabolismo humano y los efectos que estas sustancias tienen en la célula y los tejidos, a fin de que la maquinaria bioquímica corporal funcione adecuadamente y de esta forma se logre el estado de salud y el bienestar.

---

## II. MARCO TEÓRICO

---

---

### 2.1 ENSEÑANZA, APRENDIZAJE Y DESARROLLO

---

En muchos países existe inconformidad acerca de lo que aprenden los niños, adolescentes y jóvenes en la escuela. En América Latina 8 de cada 10 estudiantes repite algún grado en la primaria y el nivel de eficiencia de la secundaria básica, en muchos casos, es de menos del 50%.

En América Latina y el Caribe se plantea reducir el analfabetismo, que hoy es del 13,4 por ciento y alcanza la cifra conservadora de 42,8 millones de personas, junto a escolarizar al 100 por ciento de los niños en la educación primaria y el 75 por ciento de los jóvenes en la secundaria básica.

Algunas de las insuficiencias expresadas anteriormente se deben, entre otras causas, a que en la escuela actual persisten elementos negativos de una enseñanza tradicional, por ejemplo

- Los docentes enfatizan la transmisión y reproducción de los conocimientos.
- No siempre se utiliza por los docentes, el diagnóstico con un enfoque integral, generalmente se dirige al resultado.
- La actividad se centra en el maestro, el que muchas veces se anticipa a los razonamientos de los alumnos, y no permite su reflexión<sup>1</sup>.

La enseñanza, el aprendizaje, el desarrollo y la educación son categorías estrechamente vinculadas entre sí, entendiendo esta última en su sentido amplio, como “un conjunto de actividades y prácticas sociales mediante las cuales los humanos promueven el desarrollo personal y la socialización de sus miembros y garantizan el funcionamiento de uno de los mecanismos esenciales de la evolución de la especie: la herencia cultural”<sup>2</sup>.

La educación, del latín, *educare* (conducir, guiar, orientar) y *educere* (hacer salir, extraer, dar a la luz), es el proceso que se organiza, desarrolla y se sistematiza en la institución docente, a fin de transmitir los conocimientos y la experiencia histórico social de la humanidad, que debe conducir si se estructura una adecuada enseñanza, a la instrucción, el aprendizaje, el desarrollo y la formación de los alumnos.

La enseñanza es el proceso de organización de la actividad cognoscitiva de los escolares, que implica la apropiación por estos de la experiencia histórico-social y la asimilación de la imagen ideal de los objetos, su reflejo o reproducción espiritual, lo que mediatiza toda su actividad y contribuye a su socialización y formación de valores

La enseñanza cumple funciones instructiva, educativa y desarrolladora, en cuyo proceso debe manifestarse la unidad entre la instrucción y la educación.

El aprendizaje es un proceso en el que participa activamente el alumno, dirigido por el docente, apropiándose el primero de conocimientos, habilidades y capacidades, en comunicación con los otros, en un proceso de socialización que favorece la formación de valores, "es la actividad de asimilación de un proceso especialmente organizado con ese fin"<sup>3</sup>.

La enseñanza y el aprendizaje constituyen un proceso, que está regido por leyes. Estas leyes deben ser conocidas por los docentes, a los efectos que este se desarrolle como un sistema.

Un proceso de enseñanza-aprendizaje que estructure adecuadamente la actividad de los escolares, la actividad de sus analizadores, la expresión de sus sensaciones, entre otros elementos, provocará necesariamente su desarrollo<sup>2</sup>.

## ***2.1.1 Aprendizaje***

- a) El aprendizaje consiste en adquirir nuevas formas para hacer las cosas.
- b) Es el proceso mediante el cual se obtienen nuevos conocimientos, habilidades o actitudes a través de experiencias vividas que producen algún cambio en nuestro modo de ser o de actuar<sup>3</sup>.

El aprendizaje es un proceso que se realiza de acuerdo con los siguientes principios y reglas:

- Motivación
- Concentración
- Actitud
- Organización
- Comprensión
- Repetición

### ***2.1.1.1 Proceso de aprendizaje***

En este proceso involucra al *aprendizaje* significativo que comprende aquello que aprendemos algo y lo llevamos a la práctica.

Los factores que nos facilitan el aprendizaje son los siguientes:

- La motivación: en la cual es tener el deseo de hacer algo.
- La concentración: es la capacidad de interés y curiosidad en el tema.
- Actitud: es tomar una decisión y participar activamente.
- Organización: es conocer el tema que se va a desarrollar y contar con una estructura completa del mismo.
- Comprensión: que es el comprender el significado del tema que se va a manejar.

- Repetición: es el repaso, que permite aclarar las dudas y ayuda a recordar las ideas principales de lo estudiado<sup>3</sup>.

### ***2.1.1.2 Teorías del aprendizaje***

Diversas teorías nos ayudan a comprender, predecir, y controlar el comportamiento humano y tratan de explicar como los sujetos acceden al conocimiento. Su objeto de estudio se centra en la adquisición de destrezas y habilidades, en el razonamiento y en la adquisición de conceptos.

Por ejemplo, la teoría del condicionamiento clásico de Pavlov: explica como los estímulos simultáneos llegan a evocar respuestas semejantes, aunque tal respuesta fuera evocada en principio sólo por uno de ellos. La teoría del condicionamiento instrumental u operante de Skinner describe cómo los refuerzos forman y mantienen un comportamiento determinado. Albert Bandura describe las condiciones en que se aprende a imitar modelos<sup>4</sup>.

La teoría Psicogenética de Piaget aborda la forma en que los sujetos construyen el conocimiento teniendo en cuenta el desarrollo cognitivo. La teoría del procesamiento de la información se emplea a su vez para comprender cómo se resuelven problemas utilizando analogías y metáforas<sup>4</sup>.

### ***2.1.1.3 Adquisición de conceptos***

Un concepto puede ser definido buscando el sentido y la referencia. Los conceptos nos sirven para limitar el aprendizaje, reduciendo la complejidad del entorno; nos sirven para identificar objetos, para ordenar y clasificar la realidad, nos permiten predecir lo que va a ocurrir<sup>4</sup>.

## ***2.1.2 Multimedia***

El término multimedia se utiliza para referirse a cualquier objeto o sistema que utiliza múltiples medios de expresión (físicos o digitales) para presentar o comunicar información. De allí la expresión "multi-medios". Los medios pueden ser variados, desde texto e imágenes, hasta animación, sonido, video, etc. También se puede calificar como multimedia a los medios electrónicos que permiten almacenar y presentar contenido multimedia<sup>5</sup>. Con el desarrollo de las nuevas tecnologías de la información basadas en la electrónica se le ha restado al libro su hegemonía como principal soporte del saber. Surgen entonces como alternativas, al tradicional medio impreso otros procesos tecnológicos.

Las ciencias de la documentación consideran a la información desde dos puntos de vista: su lectura y su búsqueda<sup>6</sup>.

### ***2.1.2.1 Ventajas***

Son esencialmente: la sofisticación en el tratamiento de la información con el desarrollo de las nuevas tecnologías de la información basadas en la electrónica, soportes o documentos electrónicos, la fiabilidad en la conservación de los mismos debido a que los discos no pueden ser borrados y no se deterioran con el uso, la manipulación de la información como la recuperación de los sistemas de información para varios fines y usos; su utilidad para distintos tipos de usuarios; su formato, que puede ser muy estético, atractivo y fácil de manipulación; y finalmente el acceso inmediato a la información, acción que el libro no puede equiparar, pues exige en el que lo consulta, un mayor tiempo de lectura y en consecuencia pueden resultar lentas y difíciles las búsquedas.

Sin embargo, en relación con la lectura, el libro sigue teniendo mayores ventajas sobre estos sistemas por la dificultad que ofrece el texto en pantalla para ser leído, el aprendizaje de la lectura se ha basado en textos impresos y no en el ordenador. En multimedia es posible almacenar grandes colecciones en un espacio pequeño, incorporar elementos

gráficos que pueden incluir animaciones y sonido, además la información y plataforma virtual, son fácilmente actualizables vía internet, la información es fácilmente transportable en discos compactos y en la Internet<sup>6</sup>.

### ***2.1.2.2 Desventajas***

Se señalan la lentitud en la recuperación de la información debido a que muchos sistemas son lentos en responder a la activación de los enlaces; la pérdida de la clave del usuario con la que puede acceder a la información, lo cual obstaculiza la “navegación”, además de que el medio puede ser muy volátil, y se puede perder el contenido con facilidad por factores como el clima, cortes del suministro eléctrico, catástrofes entre otros factores. Por lo anterior, se hace difícil aceptar el cambio del libro tradicional al libro digital además de que no es cómodo leer un libro en una pantalla.

Aunque los sistemas multimedia suponen la interacción y participación de los usuarios, la recuperación de información de imágenes y sonidos puede resultar muy pasiva, y además esta frecuente utilización de imágenes y sonido simultáneos si no se cuenta con una estrategia adecuada, puede terminar aumentando la marginación que ya sufre el lenguaje en nuestras sociedades.

La intención con estas observaciones, no es sobreponer un medio sobre otro y mucho menos aportar una perspectiva pesimista, sino por el contrario, ofrecer pistas para seguir pensando sobre una realidad tecnológica cada vez más compleja y retadora. La potencialidad de los sistemas multimedios es además de amplia, valiosa, y sus alcances en el campo de la educación, la biblioteconomía y la documentación, entre otros, se han hecho evidentes. De igual manera, es claro que ha ocurrido un declive del libro como único medio de almacenamiento, pero está lejos de desaparecer, de hecho sirve de alimento o fuente de información para la elaboración de productos multimedia. El libro seguirá siendo obra preferida del espíritu humano para establecer el diálogo más íntimo del hombre con sus semejantes<sup>6</sup>.

---

## 2.2 ESQUEMA GENERAL DEL TRACTO GASTROINTESTINAL

---

### 2.2.1 *Procesos Digestivos*

Se ha definido el término “alimento”, como cualquier sólido o líquido que, una vez deglutido, puede aportar al organismo energía y material para el crecimiento y reparación tisular.

La energía es imprescindible para todos los procesos que se efectúen en el cuerpo, por ejemplo, para la contracción muscular, o la conducción de impulsos nerviosos; sin embargo los alimentos tal y como se consumen no son adecuados para su uso como fuente de materia y energía. Es necesario que sean fragmentados hasta alcanzar el tamaño de moléculas, para que pueda tener lugar su transporte desde la luz del tubo digestivo, a través del epitelio, hasta el torrente sanguíneo. El catabolismo de los alimentos para su aprovechamiento recibe el nombre de digestión, y los órganos que se encargan en forma conjunta de tal función constituyen el aparato digestivo<sup>7</sup>.

Por tanto, no se puede decir que el alimento ha sido realmente incorporado al organismo hasta que ha sido: (a) Digerido, es decir, física y químicamente degradado hasta sus componentes más simples, para, ser entonces (b) Absorbido, es decir, atravesar la pared del aparato digestivo y pasar a la sangre<sup>7</sup>.

El aparato digestivo prepara los alimentos para su uso por parte de las células mediante cinco actividades básicas:

1. Ingestión, o sea la introducción de alimentos en el cuerpo.
2. Desplazamiento, de los alimentos a los largo del tubo digestivo, por contracciones musculares.

3. Digestión, es decir el catabolismo de los alimentos por medio de procesos químicos y mecánicos.
4. Absorción, o el paso de los alimentos digeridos, del tubo digestivo a vasos sanguíneos y linfáticos para su distribución a los tejidos.
5. Defecación, o eliminación de sustancias no digeribles, del cuerpo<sup>7</sup>.

### **2.2.2 Organización**

En el aparato digestivo, frontera entre el medio externo y el interno, el alimento experimenta un conjunto de transformaciones con objeto de poder ser incorporado al interior del organismo. Debe ser descompuesto y después absorbido a través de las paredes del tubo digestivo, antes de entrar realmente en el cuerpo y ser utilizado por las células.

La fragmentación ó digestión del alimento es el nombre general para todos aquellos procesos que química y mecánicamente rompen los alimentos complejos constituidos por biopolímeros, en simples nutrientes, sus monómeros, que pueden absorberse con facilidad<sup>9</sup>.

Los órganos de la digestión se dividen en dos grupos principales. En primer término está el tubo digestivo que es un tubo continuo que comienza en la boca y termina en el ano, los órganos que lo comprenden son boca, faringe, esófago, estómago, intestino delgado y grueso. El segundo grupo de órganos son los accesorios o auxiliares como son dientes, lengua, glándulas salivales, hígado, vesícula biliar y páncreas. Los dientes son estructuras visibles en el interior de la boca, que facilitan la degradación física de los alimentos. Los demás órganos accesorios, con excepción de la lengua, se sitúan por fuera del tubo digestivo y producen secreciones que facilitan el catabolismo químico de los alimentos.

La función del sistema gastrointestinal que comprende el tracto gastrointestinal es la de trasladar el alimento y el agua, del ambiente externo al interno, a fin de que puedan ser distribuidos a las células del cuerpo por el sistema circulatorio. La mayor parte del alimento se toma en la boca en trozos grandes de materia, que constan de sustancias de alto

peso molecular, tales como proteínas, triglicéridos y polisacáridos que son incapaces de atravesar las membranas celulares. Antes que estas sustancias puedan ser absorbidas, deben desintegrarse en moléculas más pequeñas, sus monómeros, tales como aminoácidos, ácidos grasos y monosacáridos. Este proceso de desintegración, la digestión, es llevado a cabo por la acción del ácido y enzimas que se secretan hacia el interior del tracto gastrointestinal. Las moléculas pequeñas resultantes de la digestión cruzan las membranas de las células intestinales y entran a la sangre y a la linfa, durante la absorción. Mientras se realizan estos procesos, las contracciones del músculo liso que está dentro de las paredes del tracto gastrointestinal, desplazan los contenidos luminales a través del tracto. El sistema gastrointestinal no es un órgano excretorio primordial para la eliminación de los desechos procedentes del cuerpo. Es cierto que algunas cantidades reducidas de ciertos productos finales, como son los productos degradados de la hemoglobina, se desechan normalmente en las materias fecales, pero la eliminación de la mayoría de los productos finales metabólicos catabolitos procedentes del ambiente interno, no está a cargo exclusivamente el tracto gastrointestinal, además participan principalmente los pulmones y riñones y en menor medida, la piel. La materia fecal consta, ante todo de bacterias y material ingerido, que a su paso por el tracto gastrointestinal, no logra ser digerido ni absorbido, o sea, es material que desde el punto de vista técnico, nunca estuvo en el ambiente interno del cuerpo<sup>7</sup>.

### ***2.2.3 El tubo digestivo, su irrigación sanguínea y su acción digestiva***

Para cubrir las necesidades de energía y nutrientes del organismo, hay que tragar, preparar y romper los nutrientes (digestión) y después absorberlos a nivel intestinal (absorción). Las tres capas musculares del sistema digestivo permiten la mezcla, segmentación y transporte del contenido intestinal. Los tiempos de tránsito por el esófago, el estómago y los distintos segmentos intestinales son distintos en cada persona y dependen de la composición de la dieta.

Los alimentos cocinados se mastican bien, mezclándose con la saliva. Esta actúa como una película lubricante y también contiene sustancias defensivas y enzimas. El esófago transporta el alimento con rapidez hacia el estómago. El esfínter esofágico inferior se abre brevemente para evitar el reflujo del jugo gástrico hacia el esófago. La parte proximal del estómago se encarga de almacenar el alimento y sus contracciones peristálticas, permite el avance hacia la parte distal del estómago, en la que se mezcla el alimento y se digieren las proteínas por el jugo gástrico, el producto resultante se denomina “quimo”. A este nivel también se produce el fraccionamiento del quimo y se liberan los factores intrínsecos, que permitirán la absorción del hierro y vitamina B<sub>12</sub>.

En el intestino delgado, las enzimas pancreáticas convierten los nutrientes en elementos absorbibles. El HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> del jugo intestinal, neutraliza al quimo ácido que proviene del estómago. Para la digestión de las grasas, resultan fundamentales las sales biliares de la bilis, debido a su acción, el quimo es emulsionado y de esta manera las enzimas pancreáticas pueden actuar. Los productos de la digestión (monosacáridos, monoglicéridos, aminoácidos, dipéptidos y ácidos grasos libres) se absorben a nivel del intestino delgado, junto con el agua, los minerales y las vitaminas.

La bilis secretada por el hígado contiene productos de excreción (como la bilirrubina, catabolitos y xenobióticos), que se elimina en las heces. Por tanto la participación del hígado es fundamental constituye una estación intermedia para casi todas las sustancias absorbidas provenientes del tracto y que le son suministradas por la vena porta desintoxica al cuerpo eliminando la acción de numerosas sustancias extrañas y productos de deshecho del metabolismo (biotransformación), para poder excretarlos después en las heces.

El intestino grueso es la última estación para la absorción de agua e iones. Está colonizado por bacterias. A nivel del ciego y el recto, existen depósitos para las heces formadas, de esta manera se impide que haya que defecar después de cada comida, por frecuentes que éstas sean<sup>10</sup>.

### ***La defensa en el tubo digestivo***

El tubo digestivo necesita una defensa eficaz. Algunos componentes de la saliva como la mucina, la inmunoglobulina A (IgA) y la lisozima impiden la entrada de agresores. El jugo gástrico es bactericida y las Placas de Peyer constituyen un tejido linfoide inmunocompetente propio del tubo digestivo. En los neonatos, la mucosa del tubo digestivo se protege gracias a la IgA de la leche materna. La irrigación del estómago, intestino, hígado, páncreas y bazo se origina en tres grandes ramas de la aorta abdominal. La circulación intestinal se regula por reflejos locales, por el sistema nervioso vegetativo y por hormonas. La sangre venosa con las sustancias reabsorbidas a nivel intestinal, llega al hígado a través de la vena porta.

Una parte de las grasas reabsorbidas especialmente los ácidos grasos de alto peso molecular, es captada por la linfa intestinal y llega a la circulación sistémica sin atravesar el hígado<sup>10</sup>.

### ***2.2.4 Integración nerviosa y hormonal***

La motilidad, secreción, circulación y desarrollo del tubo digestivo se controla mediante hormonas y otros mensajeros químicos. El tracto gastrointestinal está innervado por su propia red neuronal localizada en el interior de sus paredes el sistema nervioso enteral (SNE), que está interconectado al sistema nervioso central (SNC). El SNE se extiende desde el esófago hasta el ano y consta de dos grandes plexos: a) el mientérico ó plexo de Auerbach, localizado entre las fibras longitudinales y las circulares del músculo liso; y el plexo de Meissner, situado dentro de la submucosa, es el principal responsable de las secreciones gastrointestinales y de la regulación sanguínea local. El nervio vago proporciona casi toda la actividad parasimpática hasta nivel del colon transversal<sup>11</sup>.

En los plexos mientérico y submucoso se producen reflejos endógenos al tracto, la innervación exógena del SNC, modula esta actividad del Sistema Nervioso Enteral (SNE).

Reflejos endógenos tienen un efecto local, se desencadenan por los sensores de distensión de la pared esofágica o por los quimiosensores del epitelio mucoso y puede provocar la contracción o relajación de las fibras musculares. Además, se producen reflejos que se transmiten a través de interneuronas y permiten la progresión del contenido luminal: los reflejos peristálticos. La innervación interna del tubo digestivo es parasimpática (desde la porción distal del esófago hasta el colón ascendente), simpática y por fibras aferentes viscerales (dentro de los nervios simpáticos y parasimpáticos), en los que se transmiten los impulsos aferentes. El SNE puede funcionar de forma independiente de la innervación externa con sus ventajas: a) Segmentos relativamente alejados del tubo digestivo, se pueden comunicar entre sí con rapidez a través de las neuronas en los ganglios abdominales, b) se pueden subordinar las funciones del tubo digestivo a las necesidades del organismo en conjunto, y c) las vías del tubo digestivo se integran a nivel cerebral de forma que pueden llegar a ser conscientes por ejemplo, el dolor abdominal.

Neurotransmisores. El sistema nervioso vegetativo libera en el tubo digestivo noradrenalina y acetilcolina (acetil-CoA).

Todas las hormonas endocrinas (que actúan sobre la circulación sistémica) del tubo digestivo son péptido y se sintetizan en las células endócrinas de su mucosa. Estas hormonas tienen muchas similitudes estructurales, por un lado a) Gastrina y colecistoquinina (CCK) son parecidas, en tanto que la Secretina y GIP tienen semejanzas entre sí.

Las hormonas de la misma familia tienen efectos parecidos a concentraciones más altas (por ejemplo: farmacológicas).

La Gastrina se sintetiza en el antro gástrico y el duodeno, su secreción es estimulada por impulsos neuronales por la distensión de la pared gástrica y la presencia de fragmentos proteicos en el estómago, mientras que a un pH menor de 3.5 a nivel duodenal gástrico la inhibe. Sus acciones principales afectan a la secreción de ácido y el crecimiento de la mucosa gástrica. La CCK se sintetiza en todo el intestino delgado y su secreción es estimulada por los ácidos grasos de cadena larga y los oligopéptidos, la CCK desencadena la contracción de la vesícula biliar y estimula el crecimiento del páncreas y la secreción de

enzimas, en tanto que el  $\text{HCO}_3^-$  se secreta por la acción de la secretina. La secretina se sintetiza en el duodeno y se libera por la acidez del quimo, inhibe la secreción ácida en el estómago y promueve el crecimiento de la mucosa gástrica, estimula la secreción de  $\text{HCO}_3^-$  pancreático y hepático, potenciado por la CCK, y el flujo de bilis hacia el hígado. El GIP péptido insulino trópico dependiente de glucosa, estimula la liberación de insulina e inhibe la secreción de el ácido gástrico. La motilina se libera en el intestino delgado a través de impulsos neuronales y controla la motilidad interdigestiva, y es la facilitadora del vaciado gástrico. Las sustancias de acción paracrina del tubo digestivo son la histamina, la somatostatina, y las prostaglandinas<sup>10</sup>.

Tabla 2.1 Hormonas del tubo digestivo y su acción en el cuerpo humano.

HORMONA	FUENTE	ACCIÓN
<b>Gastrina</b>	Mucosa gástrica, o en presencia de proteínas parcialmente digeridas, por estimulación vagal o estiramiento del estómago.	Estimulación de la secreción de jugo gástrico rico en pepsina y ácido clorhídrico
<b>Péptido Inhibidor Gástrico (GIP)</b>	Mucosa intestinal en presencia de ácido, grasas y monosacáridos.	Inhibición de la motilidad y secreción gástrica.
<b>Secretina</b>	Mucosa intestinal en presencia de ácido, grasas y proteínas parcialmente digeridas.	Inhibe la secreción gástrica, estimula la secreción de un jugo Pancreático bajo en enzimas y alto en bicarbonato, estimula la secreción de bilis
<b>Motilina</b>	Polipéptido de 22 aminoácidos, se libera de células mucosas de la parte superior del intestino	Se cree que inicia los complejos mioeléctricos del duodeno

	delgado.	
<b>Somatostatina</b>	Liberada por las células D de los islotes de Langerhans del páncreas, y de fibras del sistema nervioso central y del enteral.	Inhíbe la liberación de gastrina de las células G, la de enzimas pancreáticas, y la secreción ácida del estómago. Aumenta sus niveles circulatorios ante la presencia de grasa.
<b>Colocistoquinina (CCK)</b>	Mucosa intestinal, en presencia de ácidos grasos y aminoácidos.	Estimula el vaciamiento de la vesícula biliar, la secreción de jugo pancreático rico en enzimas; se opone a la acción de la gastrina.

### 2.2.5 *Características histológicas generales*

La pared del tubo digestivo, del esófago al ano, está rodeado de dos estratos de músculo liso, uno externo dotado de fibras orientadas de tal manera que forman laminas dispuestas en sentido longitudinal a lo largo del tubo, y uno interno de orientación circular. Un tercer estrato menor de músculo liso, la *muscularis mucosae*, se halla localizado entre la mucosa y la submucosa y consta de fibras tanto longitudinales como circulares. Las contracciones de estos estratos de músculo liso ejercen presiones en los contenidos del lumen, haciendo así fluir el material. El tubo en especial desde el esófago hasta el conducto anal, tiene los mismos tejidos básicos, el esófago, en su porción inicial, cuenta con músculo estriado, el restante es liso. Los cuatro tejidos o capas de dentro a afuera son mucosa, submucosa, muscular y serosa o adventicia.

### **2.2.5.1 Mucosa**

La mucosa o revestimiento interno del tubo digestivo es una membrana productora de moco está formada por dos clases de tejidos: epitelial cilíndrico, el que está en contacto con la luz de tubo; y conectivo, que le da el soporte al anterior y que une a la mucosa con la *muscularis mucosae* unida a una capa delgada de músculo visceral, dicha membrana consiste en dos capas, epitelio que está en contacto directo con el contenido del tubo digestivo, y una capa subyacente de tejido conectivo laxo.

### **2.2.5.2 Submucosa**

Consiste en tejido conectivo laxo que une la mucosa a la tercera capa, la muscular. Es un tejido muy vascularizado que contiene una parte del plexo de Meissner, que, como antes se mencionó, es parte del SNE y le proporciona la inervación autónoma a la capa muscular de la mucosa. Dicho plexo también tiene importancia en la regulación de las secreciones del tubo digestivo.

### **2.2.5.3 Serosa**

Es la capa más externa del tubo digestivo y se compone de tejido conectivo y epitelio, recibe también el nombre de peritoneo visceral, gracias a ésta, las viseras del tracto así como los nervios y vasos sanguíneos que llegan a él, reciben soporte<sup>7</sup>.

---

## **2.3 ESTRUCTURA DEL TRACTO GASTROINTESTINAL**

---

### ***2.3.1 Boca***

La cavidad bucal está formada por los carrillos, los paladares duro, blando y por la lengua. Los labios son pliegues carnosos que rodean al orificio de la boca. Durante la masticación, los carrillos y los labios hacen que el alimento quede entre los dientes superiores e inferiores<sup>7</sup>.

#### ***2.3.1.1 Lengua***

La lengua está en la porción media de la cavidad. Se trata de un órgano accesorio del aparato digestivo integrado por músculo esquelético o estriado y cubierto por una mucosa donde además se localizan las papilas gustativas. Los músculo extrínsecos, mueven la lengua de un lado a otro y hacia adentro y fuera, movimientos que facilitan la masticación, permiten formar una masa redondeada o bolo alimenticio, forzan el paso de los alimentos a la parte posterior de la cavidad bucal para su deglución<sup>7</sup>.

#### ***2.3.1.2 Composición y Secreción de Saliva***

La saliva se forma en las glándulas salivales situadas bajo la lengua y en la parte posterior de la boca. Normalmente, está siempre presente en la boca pero su producción aumenta con los estímulos olfativos y gustativos, así como con la masticación. Facilita la deglución del

alimento y contiene una enzima, la ptialina, que hidroliza una pequeña proporción del almidón a maltosa.

La saliva es secretada por tres pares de glándulas exocrinas: la parótida, la submaxilar y la sublingual. Está compuesta por un 99.5% de agua y 0.5% de solutos. Entre estos últimos se incluyen a los iones cloruro, bicarbonato, fosfato, sodio y potasio. Entre los solutos proteicos están: la mucina, la lisozima, (enzima bacteriolítica) y la amilasa salival que es una enzima digestiva cuyos sustratos son los carbohidratos. El agua en la saliva es un medio para disolución de los alimentos y para su lubricación. Los cloruros de la saliva activan la amilasa salival. Los bicarbonatos y fosfatos amortiguan las sustancias que entran en la boca y mantienen el pH levemente ácido de la saliva, entre 6.35 y 6.85.

La mucina es una proteína que forma el moco cuando se disuelve en agua. El moco lubrica los alimentos, de modo que facilita el movimiento en la boca y su posterior transporte a través del esófago durante la deglución. Ella contribuye a formar al bolo alimenticio así como la deglución.

La lisozima es una enzima que destruye las bacterias con lo que protege la mucosa bucal contra infecciones y con ello, los dientes contra la caries<sup>7</sup>.

Otra proteína secretada por las glándulas salivales es la enzima amilasa, la cual cataliza la degradación de los polisacáridos hasta disacáridos. La amilasa continúa su actividad digestiva en el estómago hasta ser inhibida por el HCl presente. Otra función de la saliva es la de disolver alguna de las moléculas de cada porción alimenticia: únicamente en el estado de disolución, pueden las moléculas reaccionar con los quimiorreceptores de la boca dando así origen a la sensación del gusto. La secreción de la saliva es controlada por los nervios autónomos de las glándulas. Las glándulas salivales están inervadas por ramas procedentes del sistema nervioso tanto simpático como parasimpático; sin embargo a diferencia de su actividad antagonista ejercida en la mayoría de los órganos, ambos sistemas estimulan la secreción, aunque la rama parasimpática causa al máximo incremento en el volumen del líquido, durante el sueño se secreta muy poca saliva en el estado de vigilia, una tasa basal aproximada de 0.5 mm/min mantiene húmeda la boca. Los estímulos más fuertes de la secreción salival son las soluciones ácidas por ejemplo los jugos de frutas y los limones, los

cuales pueden causar una secreción máxima de 4ml de saliva por minuto con la finalidad de neutralizar la acidez causada por estos alimentos. Los receptores envían fibras al bulbo cerebral, en el cual se encuentra el centro integrador que controla la secreción salival. La salivación iniciada por la vista, sonido u olor del alimento es muy leve en el hombre si la compara con el aumento de dicho estímulos en perros. A esta etapa en particular, se le conoce como la etapa cefálica de la digestión. En el curso del día se secretan de 1 a 2 L de saliva, la mayor parte de la cual es deglutida. Las proteínas de la saliva son degradadas en aminoácidos por las enzimas digestivas del estómago y tracto intestinal, y los aminoácidos, sales y agua son absorbidos en la circulación. Este es un patrón típico para la mayoría de las secreciones del tracto gastrointestinal. Aunque en el curso del día pueden secretarse al interior del tracto grandes cantidades de líquido, la mayor parte es digerida y reabsorbida juntamente con su contenido de sales y proteínas. Si no se reabsorben estas secreciones pueden perderse del cuerpo grandes cantidades de líquido y sal a través del tracto gastrointestinal<sup>12</sup>.

### ***2.3.1.3 Dientes***

Los dientes son órganos accesorios del aparato digestivo que se localizan en los alveolos, cavidades en los maxilares inferior y superior. La parte inferior de estos, están cubiertas por las encías. Un diente prototipo posee tres porciones principales. La corona es la situada por arriba de las encías, la raíz es la que dentro del alveolo, el cuello, es la línea angosta de unión entre la corona y las raíces. Los dientes consisten principalmente en dentina, sustancia semejante al hueso, que les confiere su forma y rigidez, que rodea una cavidad, La dentina de la corona está cubierta por el esmalte, el esmalte se compone principalmente de fosfato y carbonato de calcio. El esmalte es la sustancia más dura del cuerpo y protege a los dientes contra el desgaste de la masticación<sup>11</sup>.

### ***2.3.1.4 La digestión en la boca***

El proceso de la digestión: Aunque el cocinado ablanda las fibras de la carne y la celulosa de los vegetales y gelatiniza el almidón, el verdadero proceso de la digestión no comienza hasta que el alimento está en el aparato digestivo. El alimento es triturado mecánicamente por masticación. Este proceso se dificulta si se carece de una dentición adecuada y unas encías sanas. Se produce la mezcla y humectación del alimento con la saliva.

### ***2.3.1.5 Masticación***

La función primordial de los dientes es la de partir y triturar trozos de alimento en fracciones suficientemente pequeñas para ser deglutidas. Los incisivos de una persona adulta pueden ejercer fuerza de 25 a 20 lb y los molares alcanzan a las 200 lb requeridas para triturar una nuez o sostener a un trapeceista. La masticación prolongada del alimento en la boca, tan característica del hombre no parece ser esencial para el proceso digestivo (muchos animales, como el perro y el gato, engullen su alimento en forma casi inmediata) aunque la masticación prolonga el placer subjetivo del gusto, no altera, sin embargo en forma apreciable la tasa de digestión y absorción del alimento. Por otra parte, el intento de deglutir un trozo de alimento demasiado grande para entrar al esófago puede llevar al atragantamiento, si la pieza se ubica sobre la tráquea, cerrando así la entrada del aire a los pulmones. Un número sorprendente de muertes inevitables ocurre cada año por ahogamiento cuyos síntomas se confunden a menudo con los de ataque cardíaco repentino, de tal manera que no se hace intento alguno de despejar el conducto del aire. La acción rítmica de la masticación es una combinación de activación voluntaria y refleja de los músculos esqueléticos de la boca y la quijada. Se ha observado que en animales de experimentación, a los cuales se les ha destruido la corteza cerebral, los movimientos rítmicos reflejos de la masticación siguen ocurriendo cuando el alimento llega a la boca<sup>11</sup>.

### **2.3.1.6 Deglución**

La pared muscular del esófago está constituida en parte por músculo estriado (tercio superior) y el resto es músculo liso cuando se produce la deglución, la lengua empuja el alimento hacia la faringe y el espacio nasal se cierra de forma refleja, manteniendo la respiración, se cierran las cuerdas vocales y la vía respiratoria gracias a la epiglotis y se abre el esfínter esofágico superior. Una onda peristáltica esofágica empuja el alimento hacia el estómago. Si el alimento se detuviera en algún punto de la vía se distendería, lo que genera una onda peristáltica secundaria.

Cuando empieza la deglución se produce la apertura del esfínter esofágico inferior (al que también se le conoce como cardias). A través de un reflejo vago vagal (relajación receptiva), mediado por neuronas, durante el resto del tiempo este esfínter permanece cerrado y representa una barrera contra el reflujo del agresivo jugo gástrico (pepsina y HCl).

Con frecuencia se produce el reflujo esporádico de jugo gástrico hacia el esófago, bien por un aumento de presión inesperado en todo el estómago, durante la deglución (apertura más prolongada del esfínter), o por la denominada apertura transitoria del esfínter que dura hasta 30 segundos y forma parte de los reflejos de apertura. El reflujo reduce el valor de pH del esófago distal. Para proteger la mucosa esofágica resultan fundamentales: a) por, el vaciamiento rápido de volumen de reflujo hacia el estómago mediante el reflejo peristáltico esofágico<sup>13</sup>.

Tabla 3.1 Enzimas del tubo digestivo

<b>Enzima</b>	<b>Lugar de Secreción</b>	<b>de Sustrato digerido, Hidrolizado</b>	<b>Lugar de acción</b>	<b>Producto Resultante</b>
<b>Amilasa salival</b>	Boca	Almidón	Boca	Disacáridos
<b>Pepsinógeno (Pepsina)</b>	Estómago	Proteínas	Estómago	Péptidos
<b>Amilasa Pancreática</b>	Páncreas	Almidón	I. Delgado	Disacáridos
<b>Tripsinógeno</b>	Páncreas	Proteínas	I. Delgado	Péptidos
<b>Quimiotripsina</b>	Páncreas	Proteínas	I. Delgado	Péptidos
<b>Elastasa</b>	Páncreas	Elastina	I. Delgado	Péptidos
<b>Carboxipeptidasas</b>	Páncreas	Péptido grande	I. Delgado	Péptidos pequeños
<b>Aminopeptidasas</b>	Páncreas	Péptidos grandes	I. Delgado	Oligopéptidos
<b>Lipasa</b>	Páncreas	Triglicéridos	I. Delgado	Monoglicéridos, Ac. Grasos, Glicerol
<b>Nucleasas</b>	Páncreas	Ác. Nucleicos	I. Delgado	Nucleótidos
<b>Enterocinasas</b>	Delgado	Tripsinógeno	I. Delgado	Tripsina
<b>Disacaridasas</b>	I. Delgado	Disacáridos	I. Delgado	Monosacáridos
<b>Peptidasas</b>	I. Delgado	Oligopéptidos	I. Delgado	Aminoácidos
<b>Nucleotidasas</b>	I. Delgado	Nucleótidos	I. Delgado	Nucleósidos. Ác. Fosfórico
<b>Nucleotidasas</b>	I. Delgado	Nucleótidos	I. Delgado	Azúcares, Purinas, Pirimidinas

\* I. = intestino, Ac. = Ácido

### ***2.3.1.7 Vómito***

El vómito acompañado de sus pródromos, náuseas, salivación, atragantamiento, puede ser un reflejo protector, pero también representa un síntoma clínico esencial, en la hipertensión intracraneal (hemorragia, tumor). El centro del vómito localizado en el bulbo raquídeo en territorio de la formación reticular, se controla mediante los quimiosensores del área postrema en el suelo del cuarto ventrículo a cuyo nivel la barrera hematoencefálica es menos permeable. Cuando se produce el vómito el diafragma queda fijo en posición de inspiración y los músculos abdominales se contraen con rapidez. Como al mismo tiempo se produce la contracción del duodeno y el esfínter esofágico inferior se relaja, el aumento de presión a nivel gástrico empuja el contenido hacia el exterior<sup>10</sup>.

### ***2.3.2 Esófago***

El esófago es el tercero de los órganos importantes que participan en la deglución y consiste en un conducto muscular susceptible de colapso que se sitúa por detrás de la tráquea, perfora el diafragma a través de un orificio llamado hiato esofágico y termina en el extremo superior del estómago<sup>14</sup>.

#### ***2.3.2.1 Actividades del esófago***

El esófago no produce enzimas digestivas, ni desempeña funciones de absorción, se trata de una estructura que secreta moco y transporta los alimentos al estómago. El paso del bolo alimenticio a través del espacio laringo-faríngeo al esófago, está regulado por el esfínter esofágico superior.

La elevación de la laringe durante la etapa faríngea de la deglución hace que se relaje dicho esfínter y el bolo alimenticio entre en el esófago. En la etapa esofágica de la deglución, el

bolo alimenticio se desplaza por el esófago como resultado de movimientos musculares involuntarios llamados peristaltismo.

Por arriba del diafragma, el esófago presenta un leve angostamiento que recibe el nombre de esfínter esofágico inferior o gastroesofágico o cardias. Este se relaja durante la deglución y facilita el desplazamiento del bolo alimenticio del esófago al estómago.

Si el esfínter esofágico inferior no se cierra adecuadamente el contenido gástrico puede devolverse a la porción inferior del esófago denominado regurgitación. En tal situación el ácido clorhídrico del contenido estomacal irrita la pared esofágica y causa una sensación de quemadura llamada pirosis. Este trastorno se trata mediante la administración de antiácidos que neutralizan y disminuye la sensación ardorosa<sup>14</sup>.

### ***2.3.3 El estómago***

El esófago desemboca en el cardias a nivel de la región gástrica llamada fondo, al que se le unen el cuerpo y el antro, las regiones restantes del estómago, la salida gástrica (el píloro) se continúa con el duodeno. El tamaño del estómago depende de su llenado, que afecta sobre todo al estómago proximal. La pared gástrica tiene una capa muscular longitudinal externa, una capa circular potente y fibras musculares internas transversales. La mucosa de las glándulas tubulares gástricas del fondo y el cuerpo contiene células principales y células parietales, que producen los componentes del jugo gástrico, principalmente formado por la pepsina, el HCl, agua y iones. La mucosa gástrica comprende además células endócrinas secretoras de hormonas (síntesis de gastrina en el antro) y células secretoras de moco. Desde un punto de vista funcional, se puede distinguir una parte proximal del estómago y otra distal.<sup>10</sup>

El estómago es una cámara localizada entre el extremo del esófago y el principio del intestino delgado, que secreta un ácido muy fuerte, el clorhídrico y varias enzimas que juntamente con la amilasa salival inician el proceso de la digestión. Sin embargo, el grado

de digestión en el estómago, es limitado. El estómago integra las grandes partículas de alimento en una emulsión cuyos componentes son aún muy grandes para ser absorbidos. Esta mezcla de líquidos y partículas de alimento parcialmente digeridas, tienen la consistencia de una sopa espesa denominada quimo. La función más importante del estómago consiste en regular la tasa de entrada del quimo al intestino delgado donde se realiza la mayor parte del proceso de digestión y absorción<sup>10</sup>.

### ***2.3.3.1 Motilidad gástrica***

El estómago vacío tiene un volumen aproximado de 50 mL y su lumen, o espacio no ocupado, es un poco mayor que el del intestino delgado. La superficie del interior del estómago se halla notablemente replegada formando crestas. Al llenarse con alimentos, el estómago se relaja y los pliegues se reducen, la tensión de las paredes y la presión intraluminal cambian tan sólo ligeramente. Cuando se produce la deglución, los reflejos vagovanales abren no sólo el esfínter esofágico inferior, sino que dilatan durante un periodo corto el estómago proximal. Esta dilatación, se mantiene mientras entra el alimento, de forma que no aumente la presión interna aunque se llene la contracción tónica del estómago proximal, que sirve sobre todo de depósito, empuja lentamente el contenido hacia el estómago distal. En el límite entre ambas regiones, existe una zona marcapasos que permite la contracción rítmica de los movimientos musculares estomacales. Cuando se produce la estimulación local de la pared gástrica, se generan ondas peristálticas en dicha zona, especialmente intensas en el antro y que se transmiten hacia el píloro. El quimo es empujado en dirección al píloro y cuando éste se cierra, es empujado de nuevo hacia atrás. De este modo se produce una trituración del alimento que se mezcla y digiere con el jugo gástrico, y además se produce la emulsión de las grasas. Los disparos de las células neuronales del marcapasos del estómago distal, se producen cada 20 segundos, provocando cambios de potencial denominadas ondas lentas; que se dirigen hacia el píloro con mayor velocidad y amplitud. La posible actividad de las células marcapasos del estómago distal es dominada por la actividad de las células marcapasos proximales, ya que su frecuencia es

menor. La frecuencia de estas contracciones por ondas de excitación depende de la suma de los influjos neuronales y humorales. La gastrina aumenta la frecuencia de respuestas y la frecuencia de disparo del marcapaso. Otras hormonas como el GIP, inhiben directamente la motilidad mientras que la somatostatina actúa de forma indirecta.

### ***2.3.3.2 Secreción enzimática y digestión***

En el proceso de la digestión, las enzimas proteolíticas denominadas pepsinas, son fundamentales, son sintetizadas y secretadas por células principales que las tienen almacenadas vesículas de zimógenos precursores. La pepsina es secretada en dos regiones del estómago, tanto por las glándulas gástricas del cuerpo como por las glándulas pilóricas del antro, en forma inactiva, denominada pepsinógeno, que se convierte en pepsina por rompimiento de un fragmento pequeño de la molécula. La pepsina cataliza el desdoblamiento de enlace entre aminoácidos de las cadenas proteicas. Los productos de la digestión de pepsinas son fragmentos pequeños de péptidos, las peptonas, compuestos de varios aminoácidos.

En el duodeno, donde el ácido estomacal es neutralizado por los iones bicarbonato proveniente del páncreas y del hígado, la pepsina es inactivada.

Aunque la amilasa salival es inactivada por el ácido clorhídrico gástrico, puede continuar actuando sobre el almidón durante largos periodos de tiempo en aquellas porciones que se encuentren por dentro del bolo, en tanto no tenga contacto con el ácido<sup>15</sup>.

### ***2.3.3.3 Control de la secreción gástrica***

Cuando no hay alimento en el estómago, la tasa basal aproximada es de 0,5 mL/min. Después de una comida aumenta considerablemente, la concentración del ácido estomacal,

disminuye inmediatamente después de una comida y se eleva luego al declinar la tasa de secreción ácida.

Fase cefálica: El aumento de secreción ácida empieza antes de llegar el alimento al estómago, esto es la fase cefálica de la secreción gástrica. La vista, el olfato y el gusto contribuyen todos a la estimulación, mediando en ello las fibras nerviosas parasimpáticas que van al estómago a través del nervio vago.

Fase gástrica: El alimento que se hace llegar al estómago a través de un tubo provoca un aumento en la secreción ácida y enzimática, dependiendo la cantidad, composición química del alimento y de su volumen. La estimulación de la secreción gástrica tiene la mediación de una hormona, la gastrina, liberada por células endocrinas localizadas en las paredes del segmento terminal del estómago. La gastrina tiene también la capacidad de estimular la contracción del músculo liso. El principal estímulo para la liberación de esta hormona, es la presencia de proteínas en el alimento que entra al estómago. Además el alcohol y la cafeína son sustancias que producen un importante estímulo, respecto de la liberación de gastrina y por lo tanto de la secreción ácida. La ingestión de grandes cantidades de alcohol y café, en ausencia de alimento, produce una secreción de ácido muy concentrada que puede irritar los tapizados del esófago, estómago y duodeno.

El estímulo nervioso parasimpático del nervio vago, puede estimular la liberación de gastrina.

Antes de entrar el alimento al estómago, la concentración de ion hidrógeno es alta e inhibe la liberación de gastrina. Cuando el alimento entra al estómago, disminuye la concentración de ion hidrógeno (aumenta el pH), suspendiendo así la inhibición de la liberación de gastrina y por ende se produce una estimulación de la secreción ácida. La cantidad total de ácido secretado durante una comida es directamente proporcional a la cantidad de proteínas de la comida: 1) cuanto mayor es la cantidad de proteína, tanto mayor es la capacidad de amortiguación, y así, tanto mayor la cantidad de ácido que puede secretarse sin aumentar la concentración de ion hidrógeno ni inhibir la liberación de gastrina; 2) cuanto mayor es el contenido proteico de la comida, tanto es mayor el número de fragmentos de péptidos que se forman, los cuales estimulan directamente la liberación de gastrina.

Fase intestinal: La secreción gástrica es inhibida por los reflejos iniciados en el duodeno. En esta forma la distensión, las soluciones hipertónicas, los ácidos grasos, los aminoácidos y el ácido del duodeno, todos ellos inhiben la secreción gástrica<sup>15</sup>.

### ***2.3.3.4 Vaciamiento Gástrico***

El alimento permanece en el estómago hasta conseguir que los fragmentos en el quimo, tengan menos de 1 mm de diámetro; después se produce su dosificación hacia el duodeno. El tiempo que tarda el estómago en vaciarse del 50% de su contenido es de 10-20min en el caso del agua, pero es mayor para otros alimentos y puede llegar a 1-4 hrs en función de la composición de la dieta. El vaciamiento depende del estómago proximal y del píloro. La motilina estimula el vaciamiento gástrico total, aumenta el tono del estómago proximal, dilata el píloro; el vaciamiento se inhibe cuando: a. el pH del quimo disminuye, b. cuando aumenta la osmolaridad (concentración) del contenido, y c. cuando el contenido en ácidos grasos de cadena larga y aminoácidos aromáticos aumentan. Los factores y células que intervienen en la regulación son: los enterocitos, quimiosensores, las células calciformes intestinales, los reflejos enterogástricos; y las hormonas: CCK, gastrina, secretina y motilina. El píloro suele no estar totalmente cerrado (flujo libre del quimo preparado), sólo se contrae: 1) Al final de la sístole antral para empujar el alimento preparado; 2) Cuando se producen contracciones duodenales para evitar el reflujo de sales biliares que podrían lesionar el estómago. Si se produjera este reflujo, los aminoácidos libres presentes en el líquido provocarían el cierre reflejo del píloro.

Los alimentos no digeribles (huesos, fibras, cuerpos extraños) no salen del estómago durante la fase digestiva. En la fase interdigestiva se producen unas ondas de contracción especiales con un ritmo de 1,5 horas determinado por un reloj interno que se transmite por estómago y el intestino delgado, denominado complejo motor migratorio, que propulsa los alimentos no digeribles del estómago y las bacterias que han entrado de forma retrógrada hacia el intestino delgado y hacia el intestino grueso. Esta fase de limpieza la controla la motilina<sup>16</sup>.

### ***2.3.3.5 La digestión en el estómago***

Una vez que la mezcla de trozos de alimento y saliva ha sido deglutida siendo esta última una acción voluntaria pasan unos 3 segundos hasta que llegue al estómago a través del esófago. Una vez en el estómago: a) El alimento se mezcla con el jugo gástrico; y b) Continúa la disgregación mecánica como resultado de las contracciones del estómago.

La mucosa gástrica produce el jugo gástrico en respuesta a los mismos estímulos que incrementan la producción de saliva normalmente se producen unos 3 L por día. El jugo gástrico contiene tres importante constituyentes:

- a) Una enzima, la pepsina que comienza la digestión de las proteínas.
- b) De un 0.2 a un 0.4 % de HCl (cantidad de ácido muy superior a la que presentan los alimentos ácidos, que destruye la mayor parte de las bacterias presentes en la comida y el agua, proporciona las condiciones de acidez necesarias para que la pepsina sea activa).
- c) Factor intrínseco, necesario para la posterior absorción de la vitamina B<sub>12</sub>.
- d) Factor necesario para la absorción de hierro.

### ***2.3.3.6 Absorción en el estómago***

Las siguientes sustancias pueden atravesar la mucosa gástrica y pasar a la sangre, en pequeñas cantidades:

- Agua
- Alcohol
- Monosacáridos
- Minerales solubles en agua, como la sal

- Vitaminas hidrosolubles, por ejemplo las del grupo B (excepto la vitamina B<sub>12</sub>) que sólo puede ser absorbida en el íleon, con la ayuda del factor intrínseco producido por el estómago) o la vitamina C<sup>8</sup>.

### ***2.3.3.7 Velocidad de la digestión en el estómago***

La principal función del estómago es la de actuar como reservorio, la digestión continúa teniendo lugar cuando se extirpa el estómago. Normalmente el alimento permanece en él durante 2-4 hrs, hasta que se transforma en una emulsión semilíquida (quimo), que va pasando gradualmente al intestino. El tiempo exacto depende del estado emocional de la persona y del tipo de alimento consumido: los alimentos ricos en carbohidratos (ejemplo: arroz) pasan rápidamente, en tanto que los ricos en grasas lo hacen lentamente. Estos últimos retardan más tiempo la reaparición de la sensación de hambre, por lo que se dice que tienen un alto poder de saciedad<sup>9</sup>.

### ***2.3.4 Páncreas***

Después del estómago el órgano siguiente del tubo digestivo es el intestino delgado, la digestión química de éste depende de la actividad de tres órganos accesorios de la digestión, afuera del tubo digestivo: páncreas, hígado y vesícula biliar.

Páncreas: Es una glándula alargada que está atrás del estómago y conectada al duodeno por el conducto pancreático y el esfínter de Oddi. El páncreas consiste en pequeños grupos de células epiteliales glandulares, los islotes pancreáticos o de Langerhans, y forman la porción endocrina de la glándula que secretan las hormonas: glucagón, insulina y somatostatina. Las células restantes llamadas acinos, son la porción exocrina del órgano. Las células secretoras de los acinos liberan una mezcla de enzimas digestivas, agua, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> y otros iones, conocido como jugo pancreático<sup>7</sup>.

### ***2.3.4.1 Jugo pancreático-bilis***

El páncreas segrega aproximadamente 2 L diarios de jugo al duodeno, este es rico en iones  $\text{HCO}_3^-$  y enzimas digestivas, que tienen como sustrato a las proteínas, lípidos e hidratos de carbono presentes en el quimo. Dicha secreción está bajo el control del nervio vago y de dos hormonas: la secretina y la colecistoquinina. Los estímulos más potentes para la liberación de secretina lo constituyen las grasas y el pH bajo del contenido duodenal. La secretina llega al páncreas a través del torrente circulatorio y determina un aumento del flujo de jugo pancreático a la vez que incrementa su contenido en iones  $\text{HCO}_3^-$ , que es indispensable para la neutralización del quimo ácido<sup>7</sup>.

### ***2.3.4.2 Secreciones pancreáticas***

El páncreas localizado exactamente debajo atrás del estómago del estómago, es una glándula mixta que contiene tanto partes endocrinas como exocrinas. Las células endocrinas secretan a la sangre las hormonas insulina, somatostatina y glucagón. La parte exocrina del páncreas secreta dos soluciones, una de las cuales contiene una concentración alta de bicarbonato de sodio mientras la otra contiene un gran número de enzimas<sup>12</sup>.

### ***2.3.4.3 Secreción de bicarbonato***

Los mecanismos de secreción de bicarbonato pueden ser similares al proceso de secreción del ácido clorhídrico por parte del estómago, la diferencia es la orientación inversa de los sistemas de transporte, de tal manera que los iones bicarbonato son liberados al interior del lumen, y no a la sangre. El páncreas contiene una alta concentración de anhidrasa carbónica y la inhibición de esta enzima reduce la secreción de bicarbonato. La secreción de una

solución alcalina de iones bicarbonato exige la formación de una cantidad equivalente de ácido y la sangre que sale del páncreas es por lo tanto más ácida que la que entra al mismo. Los iones bicarbonato secretados por el páncreas neutralizan el ácido del duodeno. El ácido del duodeno constituye un estimulante para la secreción pancreática de bicarbonato, es poca la secreción pancreática y el bicarbonato formado durante la secreción estomacal<sup>14</sup>.

#### ***2.3.4.4 Control de la secreción de bicarbonato***

Las secreciones exocrinas del páncreas son controladas por los nervios autónomos que van al páncreas y por las cuatro hormonas gastrointestinales: la secretina, la somatostatina, la colecistoquinina y la gastrina. El estímulo para la liberación de la secretina es la presencia de ácido en el duodeno, ésta provoca un aumento notable en la cantidad de bicarbonato y volumen del líquido secretado por el páncreas. La secreción de la gastrina opera en las células de los ductos del páncreas que secretan bicarbonato, el estímulo más poderoso para la secreción de bicarbonato es la secretina, la cual es liberada por el ácido al duodeno. La segunda hormona duodenal, la colecistoquinina (CCK) produce un aumento notable en la secreción enzimática del páncreas pero poco aumento en la secreción de bicarbonato; el estímulo para la secreción de CCK lo constituye la presencia de componentes orgánicos en el quimo, los aminoácidos y los ácidos grasos, resulta así que la colecistoquinina estimule la secreción enzimática que conduce a la digestión de la grasa y la proteína.

Las enzimas pancreáticas operan sobre las grandes moléculas del quimo para producir aminoácidos, azúcares, ácidos grasos que puedan ser absorbidos y mantienen así mismo los estímulos químicos responsables de la liberación hormonal hasta el momento de ser absorbidos los nutrientes<sup>14</sup>.

### **2.3.5 Hígado**

El hígado se localiza bajo el diafragma, se divide en Lóbulo caudado: uno de los lóbulos del hígado, el que se adapta a la curvatura menor del estómago. También llamado lóbulo de Spiegel, Lóbulo cuadrado, lóbulo derecho y lóbulo izquierdo hepático, dos son los lóbulos principales, el derecho y el izquierdo. Distinguimos pues una mitad hepática derecha y una mitad hepática izquierda. El lóbulo caudado, por su irrigación vascular pertenecería a ambas mitades.

La arteria hepática, el conducto hepático y la vena porta, penetran al hígado por el hilio hepático, dividiéndose inmediatamente en un ángulo que alcanza los 180°, proveyendo de este modo de un pedículo a cada una de las dos mitades hepáticas. Estos pedículos se extienden por una superficie horizontal que divide a las dos mitades hepáticas en un segmento craneal y un segmento caudal respectivamente., separados por el ligamento falciforme que es una extensión del peritoneo parietal. La bilis producida por el hígado sale a los conductos hepáticos derecho e izquierdo que se unen al cístico, que proviene de la vesícula biliar y los dos tubos se transforman en el colédoco. El colédoco y el conducto pancreático penetran en el duodeno que es la ampolla hepatopancreática y el contenido es dosificado por el esfínter de Oddi. Los lóbulos del hígado están integrados por unidades funcionales, los lobulillos hepáticos. Cada uno se compone de cordones de células hepáticas<sup>11</sup>.

#### **2.3.5.1 Secreción de la Bilis**

La bilis que secreta el hígado es esencial para la digestión de la grasa en el intestino delgado, presenta problemas especiales por la grasa insoluble en agua, dichas partículas alimenticias que se encuentran en el estómago, se le agregan a la grasa las moléculas de los triglicéridos, formando grandes lóbulos inmiscibles con el quimo del estómago. La función

de la bilis es la de desintegrar dichos glóbulos en una suspensión de gotas, a manera que pueda ser digerida y absorbida.

La bilis consta de una solución salina que contiene cuatro ingredientes principales: sales biliares, colesterol, lecitina y pigmentos biliares. Los tres primeros de estos están en la emulsificación de la grasa en el intestino delgado. El cuarto, los pigmentos biliares constituye una de las pocas sustancias que son excretadas del cuerpo a través del tracto intestinal. El principal pigmento biliar es la bilirrubina, que es un producto de degradación de la hemoglobina. Las células del hígado extraen bilirrubina de la circulación y la secretan a la bilis mediante un proceso activo. Los pigmentos biliares son amarillos y le dan a la bilis su color dorado. El color de tales pigmentos es modificado en el tracto intestinal por las enzimas digestivas, y la mixtura de estos pigmentos les dan a las materias fecales su color pardo, en ausencia de secreción biliar, las materias fecales son de color blanco grisáceo y la orina de color oscuro.

Algunos de los pigmentos son reabsorbidos y son excretados en la orina dándole a éste su color amarillo. La bilis es secretada por las células hepáticas hacia los conductos biliares, y por último evacúan en el duodeno. En el hombre un saco pequeño se desprende del conducto biliar, en la superficie inferior del hígado y forma la vesícula biliar intestinal. La bilis es secretada por el hígado, alrededor del conducto biliar, en el punto en que éste entra al duodeno, hay un anillo de músculo liso denominado esfínter de Oddi, cuando dicho esfínter está cerrado, la bilis secretada por el hígado es desviada hacia el interior de la vesícula biliar.

El colesterol que es insoluble en el agua, se encuentra en la bilis en concentración muy alta, esto debido a la presencia de sales biliares y de la lecitina que solubilizan el colesterol así como lo hace la grasa en el intestino. Si son insuficientes las sales biliares o la lecitina o si hay un exceso de colesterol, éste se precipita fuera de la solución y forma un cálculo biliar.

Una subida de presión en el conducto obstruido impide la secreción posterior de la bilis y los pigmentos biliares se acumulan en la sangre y los tejidos dándoles el color amarillo subido que se conoce como ictericia. Las sales biliares constituyen los elementos más importantes de absorción de las grasas, las sales biliares que entran al tracto intestinal se

reabsorben en su mayoría en la parte inferior del intestino delgado, y son luego devueltas al hígado, donde son nuevamente secretadas a la bilis. El sistema venoso procedente del sistema gastrointestinal no regresa al corazón directamente, pasa a través de una segunda red capilar, formada por la vena porta, desde la cual sale al hígado y posteriormente, se dirige hacia al corazón, el material que la sangre absorbe del tracto intestinal pasa a través del hígado, antes de volver a la circulación general, esta vía es denominada circulación enterohepática<sup>17</sup>.

### ***2.3.5.2 Control de la secreción biliar***

La bilis se secreta a una tasa de 250 a 1000 ml/día. La tasa de secreción de sales biliares por parte del hígado está determinada primordialmente por la concentración de sales biliares del plasma, esta concentración se eleva durante la comida al reabsorberse del tracto intestinal las sales biliares. La secreción de líquido es incrementada por la secretina, colecistoquinina y gastrina, de ellas, la secretina es la más activa. Todos los factores que causan la liberación de estas hormonas, también afectan la secreción biliar. Poco después de una comida si esta contiene grasa, el esfínter de Oddi se relaja y la vesícula biliar se contrae, descargando así en el duodeno la bilis concentrada. El resultado es el de asegurar la secreción y descarga de la bilis al interior del tracto intestinal cuando está presente el alimento, dependiendo la cantidad de la descarga biliar, y de la composición y cantidad del alimento que entra al duodeno<sup>14</sup>.

### ***2.3.5.3 Vesícula Biliar***

La vesícula biliar es un saco en forma de pera que se localiza en una concavidad de la cara visceral del hígado.

Tiene como función almacenar y concentrar la bilis, en tanto que no se necesite por el intestino delgado. La bilis proveniente del hígado entra en el intestino por el conducto colédoco y cuando el intestino está vacío, se cierra una válvula que rodea a la ampolla de Vater llamada esfínter de Oddi.

#### ***2.3.5.4 Vaciamiento de la Vesícula Biliar***

Para que la vesícula biliar secrete la bilis hacia el intestino delgado y participe en el proceso digestivo, es preciso que contraiga su capa muscular, y fuerce la bilis a dirigirse hacia el colédoco. El quimo que entra al colédoco y que contiene concentraciones altas de grasas o proteínas digeridas de modo parcial, estimula la mucosa intestinal para secretar colecistoquinina. Esta hormona hace que se contraiga la capa muscular y se relaje el esfínter de lo que se obtiene el vaciamiento de la vesícula<sup>11</sup>.

#### ***2.3.6 El intestino delgado***

El intestino delgado consta de una tubería enrollada en el abdomen, que mide aproximadamente 9 pies de longitud y 1½ pulgada de diámetro. Va del estómago al intestino grueso. Los anatomistas lo dividen en tres partes: un segmento inicial corto de 8 pulgadas, el duodeno, y dos muchos mayores: el yeyuno y el íleon, este último es el segmento terminal. Es en el intestino delgado donde se realiza la mayor parte de la digestión y absorción.<sup>9</sup> El quimo proveniente del estómago, con las secreciones que se le añaden en el intestino, componen el quilo, o jugo intestinal.

### ***2.3.6.1 Motilidad del Intestino delgado***

El flujo neto del material hacia el intestino grueso es lento, el quilo empieza a entrar al intestino grueso más o menos por el tiempo en que el quimo de la siguiente comida está pasando del estómago al duodeno, mediante ondas de contracción peristáltica mezclando el quimo del lumen y poniéndolo así en contacto con la pared intestinal, donde puede realizarse la absorción. Estos movimientos son iniciados por las células marcapasos localizadas en el músculo liso longitudinal. La frecuencia de la segmentación sigue a la frecuencia del ritmo eléctrico básico, dicha segmentación ocurre en el duodeno. La distensión local del intestino produce una respuesta característica, la parte distendida se contrae, y la región que sigue inmediatamente hacia el intestino grueso se relaja. El segmento contraído avanza luego varios centímetros hacia la parte baja del intestino, produciendo así una onda peristáltica. La estimulación parasimpática del intestino intensifica la actividad contráctil y la estimulación simpática la reduce. El estado emocional de una persona puede afectar la actividad contráctil del intestino y por ende, la tasa de propulsión del quilo y el tiempo disponible para la digestión y la absorción. El miedo tiende a reducir la mortalidad mientras la hostilidad la incrementa, aunque estas respuestas varían, en gran manera, de un individuo a otro.

La actividad contráctil de cualquier intestino vacío es débil. Después de una comida la distensión eleva la intensidad de las contracciones, pero se disminuye en la propulsión por que los segmentos que se contraen estrechan el lumen del intestino, produciendo una mayor resistencia al flujo. Estos cambios la actividad contráctil, tienen la mediación de reflejos locales, como los que se producen por la presencia del quimo en el lumen, y de los nervios externos que van al intestino. En el hombre la actividad contráctil del íleon se incrementa durante los periodos de evacuación gástrica. Esto se denomina reflejo gastroileal (y a la inversa la distensión del íleon produce reducción de la motilidad gástrica, reflejo ileogástrico)<sup>12</sup>.

### ***2.3.6.2 La Digestión en el Intestino Delgado***

El intestino delgado es la porción más larga del tubo digestivo. Tiene unos 3 m de longitud (aunque tras la muerte, debido a la pérdida del tono y elasticidad, mide de unos 7 a 8 m), mientras que el intestino grueso mide aproximadamente 1m de longitud. Su diámetro es de sólo 2-4 cm, a diferencia de los 6 cm del intestino grueso, la primera porción diferenciada del intestino delgado se denomina duodeno; el resto está constituido por el yeyuno, y finalmente, el íleon. Es el órgano en el que tiene lugar la parte principal de la digestión y la absorción. En el duodeno se secretan los jugos digestivos sobre la mezcla de alimentos. Estos jugos digestivos provienen de tres fuentes distintas, y son: la bilis, producida en el hígado y almacenada en la vesícula biliar.

Las sales biliares emulsionan la grasa en forma de gotitas microscópicas para que puedan ser digeridas.

El jugo pancreático, secretado por el páncreas. Esta secreción alcalina neutraliza la acidez del quimo y contiene una serie de enzimas que degradan las grasas, proteínas y carbohidratos hasta sus componentes.

Las más importantes son: la lipasa que hidroliza los ácidos grasos de los triglicéridos que constituyen las grasas, la tripsina y quimiotripsina, que hidrolizan las proteínas hasta aminoácidos la nucleasa a los ácidos nucleicos hasta nucleótidos y la amilasa, que hidroliza el almidón a maltosa.

Los jugos intestinales proceden de la mucosa de la pared del intestino delgado, aquí se encuentran enzimas digestivas intestinales. La fase final de la digestión tiene lugar en la pared intestinal tras la absorción, cuando los péptidos son hidrolizados a aminoácidos, la maltosa convertida en glucosa por la maltasa, la sacarosa en glucosa y fructosa por la invertasa y la lactosa en glucosa y galactosa por la lactasa<sup>18</sup>.

### ***2.3.6.3 Digestión y Absorción***

Casi toda la digestión y la absorción del alimento y del agua ocurren en el intestino delgado, Normalmente, cuando el quimo llega a la mitad del yeyuno, la mayor parte de los contenidos del intestino delgado han sido ya absorbidos.

En el curso de un día el adulto promedio consume aproximadamente 2 L de agua, pero esto es tan sólo una parte del material total que entra diariamente al tracto gastrointestinal a los 2000 mL de alimento y agua ingeridos se agregan unos 7000 mL de líquido proveniente de las glándulas salivales, estómago, páncreas, hígado y tracto intestinal <sup>19</sup>.

### ***2.3.6.4 Absorción en el Intestino Delgado***

Casi toda la absorción de los nutrientes tiene lugar a través de las paredes del intestino delgado, la mayor parte de agua, alcohol, azúcares, minerales y vitaminas hidrosolubles se absorben también aquí, así como los productos de la digestión de los nutrientes energéticos, esto es:

- Los péptidos y aminoácidos resultantes de la digestión de las proteínas.
- Los ácidos grasos resultantes de la digestión de la grasa
- Los disacáridos resultantes de la digestión del almidón.

Las vitaminas liposolubles se absorben junto con los ácidos grasos. La absorción al interior de las células de la pared intestinal es notablemente eficaz; por ello se puede extirpar más de la mitad del intestino delgado sin mayores consecuencias.

La superficie de la pared intestinal presenta numerosas proyecciones, denominadas vellosidades, que ofrecen una gran superficie (20-40 m<sup>2</sup> en total). Para la absorción este proceso tiene lugar tanto pasivamente (por difusión) como activamente (cuando

determinados nutrientes son incorporados a células que ya los contienen en una elevada concentración)<sup>8</sup>.

### ***2.3.7 El intestino grueso***

El colón (intestino grueso) que es un tubo de un diámetro aproximado de 2.5 pulgadas, constituye los últimos 4 pies del tracto gastrointestinal. El ciego forma una cavidad cerrada, debajo de la unión de los intestinos delgado y grueso. El apéndice es una proyección en forma de dedo que sale del extremo del ciego, no tiene función alguna conocida, es tejido linfóide donde participa en la defensa del sistema inmune, el colón no está enrollado, consta de cuatro segmentos: ascendente, transversal, descendente y sigmoideo. El colón sigmoideo drena las heces formadas hacia el recto; la mucosa del intestino grueso carece de vellos y no secreta enzima digestiva alguna y es responsable de la absorción de sólo un 4% diario del total de contenidos intestinales diario. Su función principal es la de almacenar y concentrar la materia fecal<sup>12</sup>.

#### ***2.3.7.1 Secreción y Absorción***

Aproximadamente 500 mL de quilo pasan del intestino delgado al colón por día, la mayor parte se deriva de las secreciones del intestino delgado, las secreciones del colón son muy escasas y constan principalmente de moco. El principal proceso de absorción del intestino grueso es el transporte activo de sodio del lumen a la sangre así como del agua. Si la materia fecal (las heces) permanece por largo tiempo en el intestino grueso, se reabsorbe una gran cantidad del agua contenida, dejando prácticamente secas y muy duras a las heces.

El tubo digestivo es estéril al momento del nacimiento y durante las primeras semanas de vida se coloniza por vía oral con bacterias, lo que justifica que en la parte proximal del

intestino delgado casi no existan bacterias, estas aumentan la actividad inmune intestinal, el metabolismo de algunas bacterias saprófitas resulta esencial para el huésped porque pueden digerir algunas de las sustancias que el tubo digestivo no pudo, además de que producen algunas sustancias esenciales para el huésped, como la vitamina K, que son absorbidas por el intestino grueso. Las bacterias intestinales digieren la celulosa y utilizan la glucosa liberada para su propio crecimiento y reproducción<sup>12</sup>.

### 2.3.7.2 Absorción en el Intestino Grueso

Las principales funciones del intestino grueso son: la absorción de agua a partir del residuo que llega del intestino delgado y el almacenamiento de las heces resultantes, hasta su excreción a través del ano, las heces contienen las sustancias no digerible de los alimentos, además están constituidas por restos de las células epiteliales que continuamente son regeneradas en la pared intestinal. El paso del alimento desde la boca hasta el ano, tiene lugar en promedio, en un tiempo de 1-3 días pero puede ser más rápido en el curso de ciertas enfermedades o por efecto de la administración de ciertos antibióticos que destruyen la flora intestinal, o puede verse alargado hasta una semana, cuando se consumen dietas muy pobres en fibra dietética<sup>8</sup>.

Tabla 3.2 Secreciones digestivas.

<b>SECRECIÓN</b>	
<b>Saliva</b>	Amilasa, $\text{HCO}_3^-$
<b>Jugo gástrico</b>	Pepsinógeno, HCl
<b>Bilis</b>	Sales biliares, colesterol, fosfolípidos, pigmentos biliares.
<b>Jugo pancreático</b>	Tripsinógeno, Quimiotripsinógeno, carboxi y aminopeptidasas, lipasa, amilasa, maltasa, nucleasas, $\text{HCO}_3^-$

### ***2.3.7.3 Motilidad***

El músculo liso longitudinal del colon humano es incompleto, las paredes del intestino grueso se hallan replegadas en sacos denominadas haustras, que obedecen a la contracción del músculo liso circular, que producen un movimiento de segmentación más lento que el del intestino delgado, por causa de este movimiento el material que entra allí permanece de 18 a 24 horas. Debido a esto las bacterias tienen tiempo de crecer y acumularse. Durante el sueño hay poco movimiento, en tanto que después de las comidas es considerable. Dicho aumento puede conducir a los denominados movimientos masivos, en el cual los grandes segmentos del colón ascendente y transversal se contraen y en pocos segundos impulsan la materia fecal<sup>10</sup>.

### ***2.3.7.4 La Digestión en el Intestino Grueso***

Las sustancias que han resistido la digestión hasta el momento, pueden ser utilizadas como sustrato por las bacterias presentes en el intestino grueso (colón), capaces de degradar parte de la celulosa y de otros componentes de la fibra dietética y {además} sintetizar vitaminas del grupo B y la vitamina K, aportando así pequeñas cantidades adicionales de nutrientes que pueden ser absorbidos. El proceso digestivo bacteriano, también producen gas, principalmente: hidrógeno, metano, sulfuro de hidrógeno, escatol e indol, estos tres últimos le proporcionan su olor característico.

De una a tres veces al día se produce una onda de contracción denominada “movimiento en masa” que recuerda a una onda peristáltica en la cual los segmentos que se contraen permanecen contraídos durante cierto tiempo permitiendo que el contenido se mueva en dirección ortógrada (en dirección hacia el ano) a lo largo de una gran longitud. Finalmente el llenado del recto con heces (residuo de la digestión) inicia el reflejo de la defecación<sup>8</sup>.

### **2.3.7.5 Defecación**

Cada día se eliminan del cuerpo aproximadamente 150 g de materias fecales que constan de unos 100g de agua y 50g de materia sólida, esta última constituida por bacterias, celulosa no digerida, pigmentos biliares. Las materias fecales contienen potasio debido a que el potasio es secretado por las células que tapizan el colon por intercambio del sodio luminal.

La distensión ocurrida por el movimiento masivo de la materia fecal constituye el estímulo para la defecación. Inicia el reflejo de defecación en los plexos nerviosos del SNE pueden tener el refuerzo de la inervación del SNC, produciendo un aumento de actividad peristáltica en el colon sigmoide que es suficiente para impulsar las materias fecales a través del ano hacia el exterior.

La regulación de la defecación, depende del control de los dos esfínteres, el interno o involuntario, y el externo o voluntario. La urgencia consciente de defecar acompaña la distensión inicial del recto, especialmente del esfínter involuntario. Si la defecación no ocurre porque el esfínter voluntario se mantiene cerrado, disminuye la tensión de las paredes del recto al relajarse el músculo, y la urgencia de defecar se apacigua hasta que el siguiente movimiento masivo impulsa hacia el recto una nueva cantidad de materias fecales, lo cual aumenta su volumen e inicia de nuevo el reflejo de la defecación<sup>12</sup>.

## 2.4 METABOLISMO INTERNO

---

### *2.4.1 Definición de Metabolismo*

Metabolismo es el conjunto de reacciones químicas que tienen lugar en el interior de organismo, capacitándolo para extraer energía del medio ambiente y utilizarla en la elaboración de proteínas, carbohidratos y grasas. Cada una de las reacciones no se realiza de manera aislada sino que proporciona sustrato para la siguiente, así funcionan las vías metabólicas. Además, algunas son de un único sentido, lo que conlleva, en ocasiones, dificultades para conseguir el producto final deseado. Las vías metabólicas pueden clasificarse en anabólicas o catabólicas.

*Anabólicas.* Es la síntesis de moléculas complejas a partir de otras más simples, como glucógeno, de glucosa, proteínas, de aminoácidos. La energía requerida procede de la hidrólisis de ATP. Vías anabólicas son: a) gluconeogénesis o síntesis de glucosa, b) glucogénesis o síntesis de glucógeno, c) lipogénesis o síntesis de ácidos grasos, d) síntesis de proteínas.

*Catabólicas.* Es la degradación de moléculas complejas ricas en energía, como son las proteínas, carbohidratos y grasas. La energía liberada es captada por ATP y almacenada para futuras reacciones anabólicas. Vías catabólicas son: a) glucolisis o degradación de la glucosa, b) glucogenólisis o fraccionamiento de glucógeno, c) lipolisis o fraccionamiento de ácidos grasos, d) proteólisis o fraccionamiento de proteínas<sup>17</sup>.

*Anfibólicas.* Son aquellas rutas que la célula puede emplear tanto para fines catabólicos como biosintéticos. Ej. Ciclo de Krebs. Las rutas metabólicas están reguladas enzimáticamente y se desarrollan en lugares específicos de las células (citósol, mitocondria)<sup>9</sup>.

## ***2.4.2 Metabolismo de Carbohidratos***

En la digestión los polisacáridos y disacáridos son hidrolizados y catabolizados en monosacáridos como glucosa, fructosa y galactosa que se absorberán en el intestino delgado. Después serán transportados por la vena porta al hígado, donde una parte de la fructosa y de la galactosa, se transforman en glucosa<sup>12</sup>.

### ***2.4.2.1 Destino de los Carbohidratos***

El destino de las moléculas absorbidas de dicha sustancia depende de las necesidades energéticas de las células. Si éstas la necesitan en forma inmediata, su oxidación se lleva a cabo por parte de las propias células. Cada gramo de carbohidrato genera unas 4 kilocalorías.

La glucosa que no se necesita en forma inmediata es almacenada en diferentes formas. En primer término, el hígado puede convertirlo en glucógeno y almacenarlo. En segundo lugar si las zonas de almacenamiento de glucógeno están llenas, los hepatocitos transforman la glucosa en grasas que se depositan en el tejido adiposo. Más tarde, cuando las células necesitan más energía, el glucógeno y las grasas se convierten de nuevo en glucosa, que se libera en el torrente sanguíneo para su transformación, mediante la oxidación. En tercer lugar, el exceso de glucosa, como la que se presenta en sujetos diabéticos, puede excretarse por la orina. Esto normalmente ocurre sólo si una comida consiste fundamentalmente en carbohidratos y no se ingieren grasas. Sin el efecto inhibitor de estas últimas, el estómago se vacía con rapidez y se digieren todos los carbohidratos al mismo tiempo. Dado que el hígado no puede procesarlos todos en forma simultánea, aumenta la glucemia por arriba de lo normal, estado que se conoce como hiperglucemia y ello suele originar el paso de la glucosa a la orina (glucosuria).

Antes de que la glucosa sea utilizada por las células corporales, debe pasar a través de la membrana plasmática y penetrar en el citoplasma. El proceso por el cual ocurre lo anterior es la difusión facilitada<sup>12</sup>.

### ***2.4.2.2 Catabolismo de la glucosa***

La oxidación de la glucosa también recibe el nombre de respiración celular. Tiene lugar en todas las células del organismo y constituye su fuente principal de energía. La oxidación completa del carbohidrato en bióxido de carbono y agua genera grandes cantidades de energía y tiene lugar en tres etapas consecutivas: glucólisis, ciclo de Krebs y cadena de transporte de electrones<sup>7</sup>.

### ***2.4.2.3 Glucólisis***

El término glucólisis denota un conjunto de reacciones químicas del citoplasma que transforman las moléculas de glucosa, las cuales tienen seis átomos de carbono, en dos moléculas de ácido pirúvico.

En tal proceso se forman algunos compuestos, dos de ellos son el fosfato de dihidroxiacetona y el 3-fosfato de gliceraldehído, se produce también una ganancia de dos moléculas de ATP por cada molécula de glucosa que presente glucólisis. Gran parte de la energía se utiliza para generar ATP, y el resto se gasta en forma de calor, parte del cual conserva la temperatura corporal.

El destino del ácido pirúvico depende de la disponibilidad de oxígeno. Si el medio celular es anaeróbico, es decir, sin oxígeno, como ocurre durante el ejercicio extenuante, el ácido pirúvico es reducido por la adición de dos átomos de hidrógeno, con la formación de ácido láctico, y este último puede ser transportado al hígado en el que es transformado otra vez en

ácido pirúvico o puede permanecer dentro de las células hasta que se restaure el estado aeróbico.

En condiciones aeróbicas continúa el proceso de oxidación completa de la glucosa, y el ácido pirúvico se transforma en bióxido de carbono y agua, en dos grupos de reacciones: el ciclo de Krebs y la cadena de transporte de electrones, que se conocen en conjunto con el nombre de respiración aeróbica<sup>7</sup>.

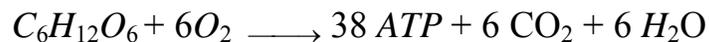
#### ***2.4.2.4 Ciclo de Krebs***

También conocido como el ciclo del ácido cítrico o tricarboxílico. Se trata de un conjunto de reacciones que tienen lugar en la matriz de las mitocondrias.

Para que el ácido pirúvico se incorpore al ciclo de Krebs debe ser cambiado en una sustancia llamada grupo acetilo que se combinará con la coenzima A, la combinación forma a la acetil coenzima A, que ingresará en el ciclo. Como parte de las reacciones se reducen las coenzimas ( $\text{NAD} \rightarrow \text{NADH}_2$  y  $\text{FAD} \rightarrow \text{FADH}_2$ ) que son las transportadoras de electrones y protones hacia la fosforilación oxidativa. Los subproductos de este proceso son el bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y el trifosfato de guanosina (GTP). Las coenzimas reducidas contienen la energía que estaba almacenada y que en sucesivas oxidaciones se obtiene de la glucosa, el ácido pirúvico y la acetil coenzima A. La energía es transferida desde las coenzimas y es almacenada en forma de ATP. El bióxido de carbono generado en el ciclo de Krebs es transportado por la sangre hacia los pulmones, para ser expulsado durante la respiración. El GTP es un compuesto de alta energía que se usa para cambiar ADP en ATP<sup>7</sup>.

### ***2.4.2.5 Cadena de transporte de electrones***

La energía de NADH<sub>2</sub> y FADH<sub>2</sub> contenida en los electrones y protones que contienen estas formas reducidas, es liberada y transferida al ATP para almacenamiento. En la cadena de transporte de electrones se necesita oxígeno, que es el último receptor de los electrones y protones transportados, y se genera agua. La oxidación completa de una molécula de glucosa se resume en la forma siguiente:



En promedio 43% de la energía que estaba en la glucosa es capturada por ATP y el resto se disipa en forma de calor<sup>6</sup>.

### ***2.4.2.6 Almacenamiento de Glucosa: Glucogénesis***

Si el organismo no necesita inmediatamente de la glucosa para energía, la combina con otras moléculas del carbohidrato para formar una molécula de cadena larga llamada glucógeno. El proceso recibe el nombre de glucogénesis. El organismo puede almacenar unos 500g de glucógeno en el hígado y en las células de los músculos estriados. La glucogénesis es estimulada por la insulina pancreática<sup>7</sup>.

### ***2.4.2.7 Liberación de glucosa: glucogenólisis***

Cuando el organismo necesita energía, cataboliza el glucógeno hepático y muscular en glucosa, y lo libera a la corriente circulatoria para llegar a las células en donde será catabolizado. El proceso de transformar de nuevo glucógeno en glucosa es la glucogenólisis, fenómeno que suele producirse entre comidas<sup>7</sup>.

### ***2.4.2.8 Síntesis de glucosa a partir de proteínas y grasas: gluconeogénesis***

Si las reservas del hígado disminuyen, es hora de recibir alimentos y si la persona no los ingiere, el organismo comienza a catabolizar grasas y proteínas. La síntesis de glucosa a partir de sustancias que no son carbohidratos recibe el nombre de gluconeogénesis, es estimulada por el cortisol, una de las hormonas glucocorticoides de la corteza suprarrenal y por la tiroxina del tiroides. La tiroxina también moviliza proteínas y puede hacerlo con las grasas de los depósitos adiposos para que se cuente con glicerol para la gluconeogénesis.

El fenómeno anterior también es estimulado por adrenalina, glucagón y por la hormona de crecimiento<sup>7</sup>.

### ***2.4.3 Metabolismo de los Lípidos***

Los lípidos ocupan el segundo lugar como fuente de energía, después de los carbohidratos. Se utilizan como bloques de construcción para formar estructuras esenciales. Cuando ingerimos grasas neutras (triglicéridos), su digestión da por resultado final ácidos grasos y monoglicéridos. Los ácidos grasos de cadena corta pasan a los capilares sanguíneos, mientras que los de cadena larga y los monoglicéridos son transportados en las micelas a las células epiteliales para su absorción interna, son digeridos y transforman en glicerol y ácidos grasos, que se recombinan para formar triglicéridos y estos últimos son transportados en forma de quilomicrones por los vasos quilíferos hacia el conducto torácico e hígado<sup>12</sup>.

#### ***2.4.3.1 Destino de los lípidos***

Los lípidos como los ácidos grasos y el glicerol, se asemejan a los carbohidratos en que su oxidación puede ocurrir para generar ATP. Cada gramo de grasa produce en promedio 9

kilocalorías. En caso de que el organismo no necesite se almacenará en tejido adiposo de todo el organismo y el hígado. Otros lípidos se emplean como moléculas estructurales o para la síntesis de prostaglandinas, las lipoproteínas se usan para transportar colesterol a todo el organismo; se necesita tromboplastina para la coagulación sanguínea y las vainas de mielina son las que permiten la conducción de impulsos nerviosos. El colesterol, que es otro lípido, se emplea en la síntesis de sales biliares y hormonas esteroides<sup>12</sup>.

### ***2.4.3.2 Almacenamiento de lípidos***

La función principal del tejido adiposo es almacenar los lípidos hasta que se necesitan como fuente de energía en otras partes del organismo, así como de aislamiento y protección.

### ***2.4.3.3 Catabolismo de los lípidos***

Las grasas almacenadas en el tejido adiposo constituyen la principal reserva de energía del organismo, que pueden almacenarlas en volumen mucho mayor que el glucógeno.

### ***2.4.3.4 Glicerol***

A fin de que puedan metabolizarse las moléculas de lípidos, es preciso que sean liberadas de sus depósitos y separadas en glicerol y ácidos grasos, proceso estimulado por la hormona de crecimiento. El glicerol es convertido por células corporales en 3-fosfato de gliceraldehído, uno de los compuestos que también se produce durante el catabolismo de la glucosa. Las células transforman el 3-fosfato de gliceraldehído en glucosa o continúan la secuencia catabólica hasta llegar al ácido pirúvico<sup>7</sup>.

### ***2.4.3.5 Ácidos grasos***

Los ácidos grasos se catabolizan en las mitocondrias. El primer paso consiste en reacciones denominadas oxidación beta, el resultado de dicha oxidación es la generación de acetilcoenzima A (CoA) que penetra en el ciclo de Krebs. En lo que se refiere a la generación de energía, un ácido graso de 18 carbonos como el palmítico puede producir 129 moléculas netas de ATP al oxidarse por medio del ciclo de Krebs y la cadena de transporte de electrones. El hígado como parte del catabolismo normal de ácidos grasos, puede captar dos moléculas de acetil CoA cada vez y transformarlas en sustancias conocidas como cuerpos cetónicos, en el proceso llamado cetogénesis. Después tales compuestos salen del hígado, llegan a la corriente sanguínea y se difunden en donde son degradadas en acetil CoA, que se incorpora al ciclo de Krebs para oxidación. El organismo prefiere a la glucosa como fuente de energía y por ello los cuerpos cetónicos por lo común son producidos en cantidades pequeñísimas (0.3 a 2.0 mg/100 mL de sangre) que puede aumentar su cantidad en condiciones de ayuno, o en algunos proceso patológicos como la diabetes. Cuando el número de tales cuerpos en la sangre aumenta por arriba de lo normal, situación conocida como cetosis. En caso de acumularse en exceso, el cuerpo agota las reservas de los sistemas amortiguadores y disminuye el pH sanguíneo de modo que la cetosis grave o duradera puede causar acidosis, es decir el pH sanguíneo es bajo<sup>7</sup>.

#### ***2.4.3.5.1 Beta-oxidación de los ácidos grasos***

La oxidación de los ácidos grasos genera acetil-CoA y tiene lugar preferentemente en la mitocondria. Durante este proceso, la cadena de ácidos grasos experimenta una degradación cíclica en 4 fases: deshidrogenación, hidratación, deshidrogenación y fraccionamiento. Estas 4 fases de la oxidación se repiten hasta que el ácido graso está completamente degradado a acetil-CoA. Los ácidos grasos de 18 átomos de carbono o menos entran en la mitocondria por medio del transporte de carnitina. Los de cadena media o corta no necesitan la presencia de carnitina para penetrar en la mitocondria para su oxidación. La beta oxidación también se lleva a cabo en peroxisomas por un proceso semejante al que se realiza en las mitocondrias, aunque no es idéntico. Se lleva a cabo en ácidos grasos de cadena de más de 18 átomos de carbono. Existen, además, otras diferencias entre los dos tipos de oxidación, ya que la beta-oxidación peroxisomal no está relacionada con la cadena de transferencia de electrones. Así, en los peroxisomas, los electrones producidos durante la fase inicial de oxidación se transfieren directamente al oxígeno molecular. El oxígeno genera peróxido de hidrógeno que es degradado a agua por medio de catalasas. La energía producida en el segundo paso de oxidación se conserva en forma de electrones de alta energía de NADH.

El estado metabólico del organismo ejerce influencia sobre la velocidad de la oxidación grasa. Situaciones como hambre y ejercicio de larga duración favorecen un aumento de la lipólisis y de la oxidación. Por el contrario, aumentados niveles de glucosa e insulina la limitan<sup>20</sup>.

#### ***2.4.3.6 Anabolismo de los lípidos: lipogénesis***

Los hepatocitos pueden sintetizar lípidos a partir de glucosa o aminoácidos, mediante el proceso llamado lipogénesis, tiene lugar cuando entra en el organismo un volumen de carbohidratos mayor que el utilizable como fuente de energía o almacenable en la forma de

glucógeno. El exceso de carbohidratos se transforma en grasas involucran la formación de gliceraldehído 3-fosfato que puede ser transformado en glicerol, y acetil CoA, que puede ser transformado en ácidos grasos. El proceso es estimulado por la insulina. El glicerol y los ácidos grasos resultantes también son sometidos a reacciones anabólicas que generen otros lípidos como lipoproteínas, fosfolípidos y colesterol. El cuerpo puede convertir muchos aminoácidos en acetil CoA y ésta en grasas. Cuando la dieta contiene más proteínas de las utilizables por el organismo, gran parte se transforma en grasas y se almacena en esta forma<sup>7</sup>.

## ***2.4.4 Metabolismo de las proteínas***

En la digestión las proteínas son catabolizadas en los aminoácidos que las integran, se absorben en los capilares sanguíneos de las vellosidades y son transportadas al hígado por la vena porta<sup>12</sup>.

### ***2.4.4.1 Destino de las proteínas***

Los aminoácidos penetran en las células de todo el organismo por transporte activo proceso que estimula la hormona de crecimiento y la insulina. El cuerpo usa escasamente las proteínas como fuente de energía siempre y cuando la ingestión o almacenamiento de carbohidratos y grasas sean suficientes. Cada gramo de proteína produce unas 4 kilocalorías, actuando como enzima, otras intervienen en el transporte (hemoglobina) y otras más sirven como antibióticos, sustancias de coagulación (fibrinógeno), hormonas (insulina) y elementos contráctiles en las fibras musculares (actina y miosina), las hay también como componentes estructurales del cuerpo (colágena, elastina, queratina y nucleoproteínas)<sup>12</sup>.

#### ***2.4.4.2 Catabolismo de las proteínas***

Una fracción se cataboliza en el organismo. Las extraídas de células desgastadas como los eritrocitos se degradan en aminoácidos libre. Algunos se transforman en otros aminoácidos, además de que forman de nuevo enlaces peptídicos y se sintetizan nuevas proteínas. En caso de que se agoten otras fuentes de energía, el hígado transforma estas últimas en grasa o glucosa o las oxida en bióxido de carbono y agua. Los aminoácidos pueden ser modificados en diversas formas para ser incorporados al ciclo de Krebs en diversos sitios<sup>7</sup>.

#### ***2.4.4.3 Anabolismo de las proteínas***

Involucra la formación de enlaces peptídicos entre los aminoácidos. Este proceso de síntesis se lleva a cabo en los ribosomas de las células del organismo, bajo la regulación de ADN y el ARN de las propias células. Entre los factores que estimulan la síntesis de proteínas se incluyen la hormona del crecimiento, la insulina y la tiroxina. Las proteínas formadas son los componentes principales de enzimas, anticuerpos, factores de coagulación, hormonas, diversas estructuras celulares y otros elementos más. Las proteínas constituyen el ingrediente primario de casi todas las estructuras celulares, y por ello durante el crecimiento de la persona es esencial que ingiera alimentos ricos en proteínas, y también durante el embarazo y cuando el tejido ha sufrido lesión, enfermedad o daño.

De los aminoácidos naturales hay 10 a los que se les denomina esenciales, que el organismo humano no sintetiza a partir de las moléculas que posee. Las células corporales sintetizan los aminoácidos no esenciales, por un proceso llamado transaminación, que es la transferencia de un grupo amino de un aminoácido a una sustancia como el ácido pirúvico u otro del ciclo de Krebs. Una vez dentro de las células están presentes los aminoácidos esenciales y no esenciales apropiados, se lleva a cabo con gran rapidez la síntesis de proteínas<sup>7</sup>.

Los productos finales de catabolismo de los aminoácidos son la urea, la creatinina y el ácido úrico, que se eliminan por los riñones.

#### ***2.4.4.4 Vías de catabolismo de las proteínas***

Dos son las vías por la que son catabolizadas las proteínas mediante proteasas (catepsinas).

1. Vía de la ubiquitina (pequeña proteína básica). Fracciona proteínas anormales y citosólicas de vida corta. Es ATP dependiente y se localiza en el citosol celular.
2. Vía lisosómica. Fracciona proteínas de vida larga, de membrana, extracelulares y orgánulos tales como mitocondrias. Es ATP independiente y se localiza en los lisosomas<sup>21</sup>.

#### ***2.4.4.5 Eliminación del nitrógeno proteico***

El excedente de aminoácidos del organismo tiene que ser degradado, y para ello el organismo elimina el grupo amino, formando amoníaco, que pasa a urea (ciclo de la urea), eliminándose este elemento por la orina. Una pequeña cantidad de amoníaco puede pasar a glutamina. El principal lugar del catabolismo de aminoácidos es el hígado. El amoníaco es un compuesto muy tóxico, y por ello el organismo lo convierte en uno no tóxico, la urea. Las características de la urea favorecen su formación: a) molécula pequeña, b) casi el 50% de su peso es nitrógeno, c) se necesita poca energía para su síntesis, d) es fundamental para mantener la presión oncótica del plasma<sup>21</sup>.

#### ***2.4.4.6 Formación de urea por el ciclo de la ornitina***

En los hepatocitos se localizan las cinco reacciones que constituyen el ciclo.

1. Formación de carbamil-fosfato, paso irreversible catalizado por la enzima carbamil-fosfato-sintasa.
2. Formación de citrulina, mediante la ornitina-transcarbamilasa.
3. Síntesis de argininosuccinato. La argininosuccinato-sintasa cataliza la condensación de citrulina con ácido aspártico.
4. Escisión de argininosuccinato a fumarato y arginina mediante la argininosuccinato-liasa.
5. Escisión de arginina a ornitina y urea mediante la arginasa<sup>21</sup>.

#### ***2.4.5 Perfiles metabólicos de algunos tejidos y órganos***

Cada tejido y órgano del cuerpo humano desempeña una función específica, para la cual ha desarrollado una anatomía y las actividades metabólicas acordes con dicha función. De entre ellos, el hígado, por su destacada función en la homeostasis del organismo, puede llevar a cabo la más extensa red de reacciones metabólicas.

El **cerebro** tiene como función principal la transmisión de los impulsos nerviosos mediante un mecanismo que necesita el continuo aporte de ATP, que obtiene a partir de la glucosa (en condiciones normales) o de los cuerpos cetónicos (en situaciones como la inanición), siempre que el suministro de oxígeno sea el adecuado.

El **tejido adiposo** está constituido por células denominadas adipocitos, especializadas en la reesterificación de los ácidos grasos (que almacenan como triacilgliceroles en el citosol) y

en la movilización de estos lípidos para satisfacer la demanda energética de las células de otros órganos y tejidos y en la producción de leptinas, mensajero químico involucrado en la respuesta al hambre y la saciedad. Por tanto, los adipocitos son células metabólicamente muy activas que conservan los ácidos grasos y los liberan como fuente energética respondiendo con rapidez a distintos estímulos hormonales en coordinación metabólica con el hígado, el músculo esquelético y el corazón.

El **tejido muscular** esquelético actúa transformando la energía química (en forma de ATP) en energía mecánica que permite a sus células realizar trabajo y desarrollar movimiento. Su característica metabólica más importante es la de estar muy especializado en la generación de ATP como fuente inmediata de energía a partir de creatina fosfato, glucosa, glucógeno, ácidos grasos y cuerpos cetónicos, según su tipo y grado de actividad.

El **hígado** es la central metabólica del organismo. Regula los niveles de metabolitos en el plasma, para asegurar el adecuado suministro de los mismos al cerebro, músculo y otros órganos periféricos. La organización estructural de este órgano es el más idóneo para llevar a cabo esta función. Todos los nutrientes absorbidos en el intestino (a excepción de los ácidos grasos) se liberan en la vena porta que drena directamente en el hígado, órgano que actúa así, como un «vigilante» interpuesto entre el tubo digestivo y el resto del organismo para controlar y distribuir tales nutrientes. Es especialmente importante la función del hígado como regulador de la glucemia.

Aunque sensible a distintas hormonas, la concentración de glucosa en el plasma es, en sí, el verdadero sensor que alerta al hígado del estado metabólico del organismo. El suministro de glucosa hepática al torrente sanguíneo e, indirectamente, a los tejidos extrahepáticos está asegurado por la actividad glucosa-6-fosfato fosfatasa, ligada al retículo endoplasmático de los hepatocitos. Además, el hígado contiene una importante reserva de glucosa en forma de glucógeno y lleva a cabo la ruta de la gluconeogénesis al biosintetizar glucosa a partir de precursores no glucídicos (piruvato, lactato, glicerol y ciertos aminoácidos)<sup>22</sup>.

## ***2.5 Nutrición***

Conjunto de procesos mediante el cual los seres vivos incorporan, modifican y eliminan sustancias procedentes del exterior.

Los procesos digestivos tienen tres objetivos principales:

- **Función Energética:** Aporte de energía para que el organismo realice sus funciones. La energía que consumimos debe de satisfacer el metabolismo basal y el gasto energético por actividad.
- **Función plástica:** Suministro de materiales de construcción para la formación y renovación de las propias estructuras orgánicas.
- **Función protectora:** Aporte de sustancias necesarias para la regulación de los procesos metabólicos.

La nutrición es un proceso que tiene lugar de forma involuntaria e inconsciente y se halla condicionada por el metabolismo del organismo y las circunstancias particulares en que éste se halle<sup>19</sup>.

### ***2.5.1 Nutrientes***

La capacidad del alimento para nutrir al cuerpo humano es la esencia básica de la ciencia de la nutrición. En la actualidad se conocen unas 40 sustancias que deben estar absolutamente presentes en la dieta humana. Incluyen aminoácidos, ácidos grasos, agua, vitaminas y minerales. Además, existen otros factores, que no son necesariamente esenciales, pero que en el momento actual se admite que son muy beneficiosos para contribuir al mejor estado posible de salud.

El alimento es consumido por los humanos por varias razones, además de por su capacidad nutricional. Entre ellas se pueden invocar factores sociales, psicológicos, filosóficos y religiosos.

Un nutriente favorece al cuerpo humano de una o de varias formas. O lo que es lo mismo, una sustancia realiza una o varias funciones consideradas beneficiosas para la vida. Por ejemplo, la vitamina B6 es importante en el metabolismo de los aminoácidos, mientras que el hierro es un componente básico de la hemoglobina, mioglobina y citocromos<sup>22</sup>.

### ***2.5.2 Alimentación***

Es una acción voluntaria y consciente que consiste en proporcionar al cuerpo esa serie de productos nutritivos que, contenidos en los alimentos, son necesarios para la nutrición. Es decir, es la forma y manera de proporcionar al organismo los alimentos que son indispensables.

La alimentación cumple las siguientes funciones:

- Calmar el hambre y el apetito.
- Proporcionar al organismo los nutrientes necesarios para satisfacer sus necesidades.
- Mantener la salud del organismo.
- La alimentación también es una fuente de placer.

La nutrición depende de la forma en que nos alimentamos. En el momento en que finaliza la alimentación empieza la nutrición. La nutrición depende de la alimentación que es un proceso voluntario y variable, por ello, la alimentación es educable.

### 2.5.3 *Nutrientes y alimentos*

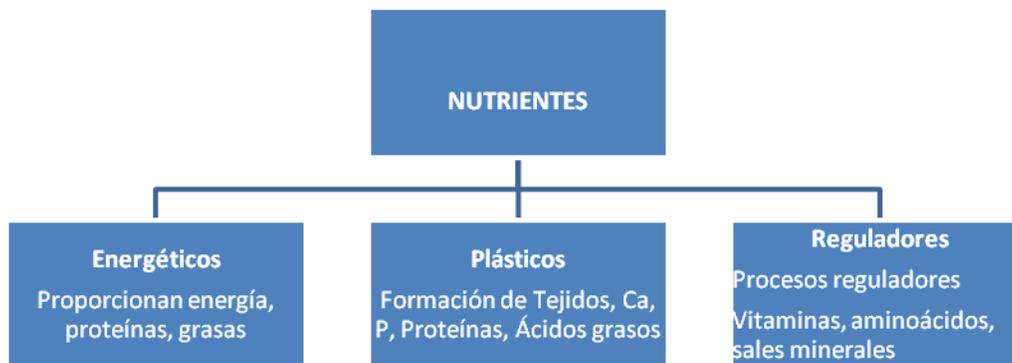
Denominamos alimentos a las sustancias utilizadas para la alimentación humana; para que una sustancia la podamos llamar alimento, debe de contener como mínimo un nutriente.

Un alimento es toda sustancia o productos de cualquier naturaleza (sólidos, líquidos, naturales o transformados) que por sus características, aplicación, componentes, preparación y estado de conservación, sean susceptibles de ser utilizados para la normal nutrición.

El número de nutrientes que necesita el ser humano es algo superior a cincuenta (reunidos en cinco grandes grupos: proteínas, carbohidratos, grasas, vitaminas y minerales, aparte están el agua y el oxígeno) y, sin embargo, los alimentos y productos que los contienen se pueden contar por miles, esto explica que podamos satisfacer las necesidades de nutrientes con distintos tipos de alimentación, según la cultura, zona geográfica y situación socioeconómica.

Los alimentos son almacenes de nutrientes y respecto a su contenido cabe destacar:

- No hay alimentos completos, que tengan todos los nutrientes que necesitamos y en las cantidades adecuadas, con excepción de la leche materna para el niño lactante.
- Si se agrupan los alimentos de composición similar podemos obtener los grupos de alimentos.
- Algunos alimentos contienen sólo un nutriente o se encuentran en pequeñas concentraciones, generalmente son alimentos con macronutrientes y suministran sólo energía, por lo que se denominan calorías vacías. A este grupo pertenecen los aceites en general, las harinas refinadas, sus derivados y el azúcar, también se puede incluir a este grupo aunque no sea un nutriente el alcohol y las bebidas que lo contienen<sup>19</sup>.



Los nutrientes suelen clasificarse por su función, por ejemplo los *nutrientes energéticos* como son los carbohidratos, grasas y proteínas ya que proporcionan la energía necesaria para el desarrollo de la actividad física y el mantenimiento de las funciones esenciales; *nutrientes plásticos* como las proteínas, algunos lípidos y micronutrientes como el calcio y el fósforo ya que intervienen en la formación de tejido, en el crecimiento, en la reparación y mantenimiento de las estructuras ya formadas; *nutrientes reguladores* como las vitaminas, aminoácidos, sales minerales que influyen en la resistencia a infecciones o en los procesos reguladores del organismo.

Se llama nutrimentos a los nutrientes que no necesitan digestión previa para su interacción en el organismo. No debe necesariamente ser ingeridos (azúcares, agua, ácidos grasos, aminoácidos, sales y vitaminas).

Los alimentos tienen otros componentes que sirven para mejorar la palatabilidad y favorecer su elección para nuestra alimentación. El alimento junto con los nutrientes mayoritarios tiene unos componentes que pueden ser minoritarios pero que son responsables del color, aroma, sabor y textura que hacen que el alimento se consuma o no. Los fitonutrientes son productos que intervienen en la alimentación sin ser considerados alimentos, que tienen la virtud de producir en sí mismos un deleite en quien lo consume<sup>19</sup>.

## ***2.5.4 Grupos principales de nutrientes: 1. Macronutrientes, 2. Micronutrientes***

*Clasificación según esencialidad.* Clásicamente los nutrientes se conocen como esenciales y no-esenciales. Los esenciales son absolutamente necesarios para el crecimiento, desarrollo y mantenimiento, y no son elaborados por el organismo en cantidades totales o suficientes para aportar las necesidades fisiológicas. Los nutrientes no-esenciales son sustancias sintetizadas por el organismo en cantidades adecuadas o que no son esenciales para el crecimiento, desarrollo y mantenimiento del organismo.

Nutrientes esenciales en los humanos son: a) energéticos (proteínas, carbohidratos, grasa), b) vitaminas (A, D, E, K, tiamina, riboflavina, niacina, folatos, B6, B12, biotina, ácido pantoténico, c) minerales (calcio, hierro, fósforo, zinc, magnesio, cobre, yodo, selenio, manganeso, flúor, cromo, molibdeno, sodio, potasio, cloro), d) otros (agua)<sup>22</sup>.

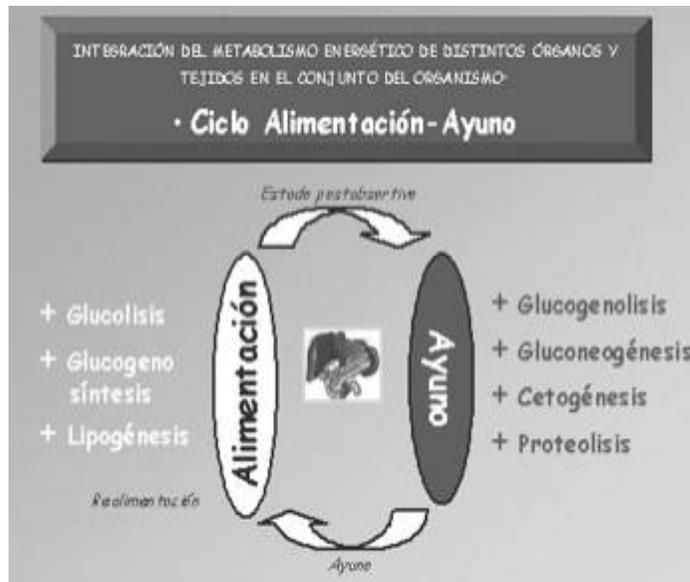
### *Clasificación funcional*

- a) macronutrientes energéticos y estructurales
- b) minerales: nutrientes estructurales y catalíticos
- c) vitaminas: nutrientes muy especiales
- d) otros constituyentes de los alimentos de interés nutricional.

### 2.5.5 Ciclo alimentación ayuno

La complejidad de los mecanismos que regulan el metabolismo energético en los mamíferos permite a los mismos responder con eficacia a los cambios en sus demandas energéticas, integrando el metabolismo especializado de los distintos órganos y tejidos en el conjunto del organismo.

Ya se ha citado la función de los alimentos como fuente de energía, pero como la ingesta en el ser humano no es continua, la utilización de los mismos y la movilización de las reservas endógenas se desplazan durante las pocas horas que trascurren entre las comidas cerrando un ciclo denominado de alimentación-ayuno,



en el que se diferencian tres etapas: estado postabsorptivo después de una comida, ayuno nocturno y estado de realimentación (primera ingesta). En todas ellas, el metabolismo energético del organismo está integrado y regulado con el fin principal de mantener la glucemia relativamente constante.

La estrategia metabólica consiste en almacenar calorías cuando los nutrientes están disponibles y movilizar las reservas cuando no los hay. El hígado actúa como un interruptor que desvía el metabolismo hacia uno u otro perfil, utilizando para ello los distintos mecanismos reguladores que ya se han mencionado.

En el hígado de un organismo bien nutrido se favorece el catabolismo oxidativo de la glucosa (glucólisis), la síntesis del glucógeno (glucogenosíntesis) y la de los triacilglicérols (lipogénesis). Sin embargo, el perfil metabólico de este órgano en un estado de ayuno es bastante diferente: se activa el catabolismo del glucógeno (glucogenólisis), la

síntesis de la glucosa a partir de los precursores endógenos (gluconeogénesis), la síntesis de los cuerpos cetónicos (cetogénesis) y el catabolismo de las proteínas (proteólisis)<sup>23</sup>.

---

### **III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

---

Actualmente la responsabilidad de formar mejores profesionales en el área de la salud constituye un reto a la docencia, debido a los obstáculos que se presentan durante su trayecto para llevar a cabo dicho fin; no sólo es compromiso de los académicos y/o personal que imparten la asignatura de Bromatología, sino también de los propios estudiantes interesados en su formación educativa. Como se puede observar el programa para esta materia es muy extenso en su contenido, lo que dificulta al profesor impartir de manera completa el curso, asociado a que tampoco se cuenta con todo el material bibliográfico y correspondiente debido a que en la FES-Zaragoza Campo II, sólo es una materia la relacionada a alimentos y nutrición para la carrera de Q.F.B y solo se imparte en el séptimo semestre. Con la incursión de este nuevo material de apoyo a la docencia universitaria como es la creación del Libro Multimedia para la materia de Bromatología se pretende contribuir a la mejora de la calidad educativa promoviendo el conocimiento, abasteciendo de información complementaria a los alumnos para su clase, utilizando tecnología de vanguardia, aportando las condiciones necesarias para un aprendizaje significativo; ésta es la principal idea que conlleva a realizar el presente libro como pieza principal y de soporte para la enseñanza de la materia de Bromatología formando parte del aprendizaje de los alumnos con una perspectiva diferente de enseñar y aprender.

---

## **IV. OBJETIVO**

---

Diseñar y desarrollar un Libro Multimedia como apoyo a la enseñanza-aprendizaje que contenga los temas relacionados con la fisiología y metabolismo de los nutrientes, que comprende la segunda unidad de la asignatura de Bromatología que se imparte en el séptimo semestre de la carrera de Q.F.B. de la FES-Zaragoza, para mejorar e impulsar el avance de los alumnos, y así contribuir en la mejora del proceso enseñanza-aprendizaje.

---

## V. METODOLOGÍA

---

- Revisar el contenido del programa de Bromatología de acuerdo al Plan de Estudios de la carrera de Q.F.B. de la FES-Zaragoza.
- Revisar la información Bibliográfica tanto escrita como electrónica.
- Recopilar información referente al tema.
- Capturar la información pertinente en Microsoft Word.
- Planificar el esquema del Material Multimedia.
- Diseñar la interface y elementos multimedia que se utilizarán.
- Diseñar el Libro Electrónico (fuente, fondo, imágenes).
- Convertir el archivo a imágenes para incorporarlas al FlipAlbum.
- Diseñar la portada del CD
- Elaboración de Tesis.

---

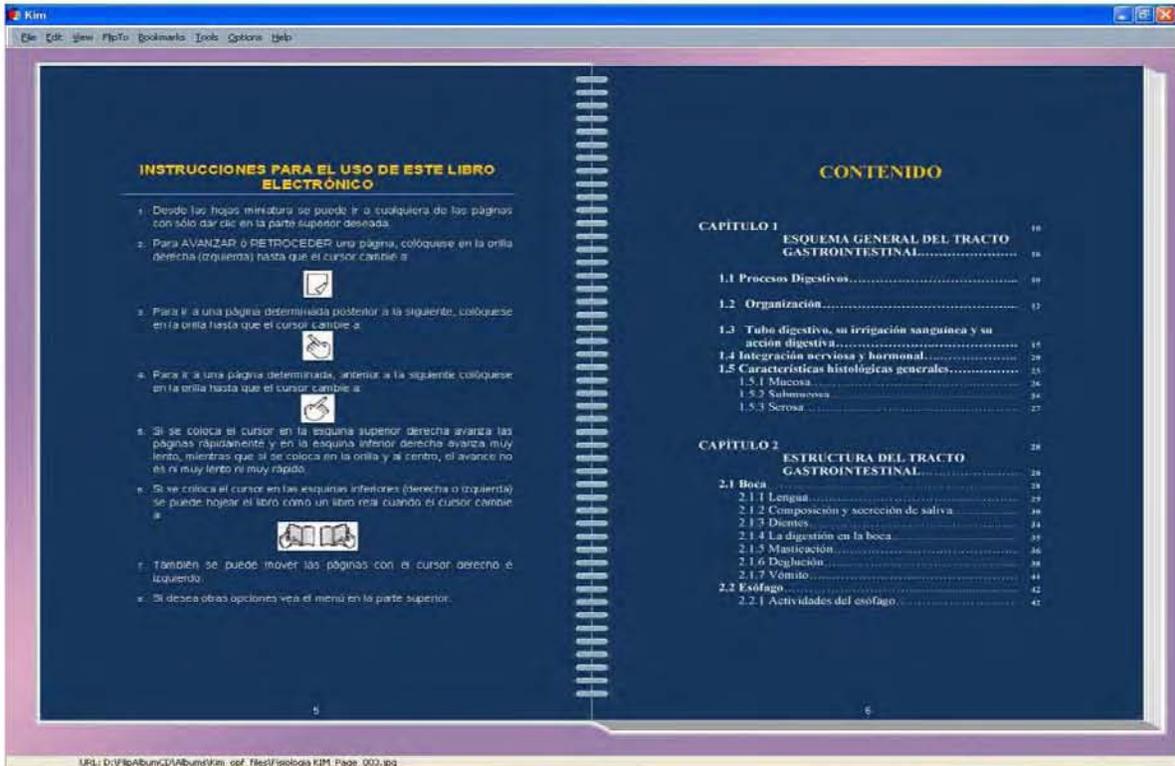
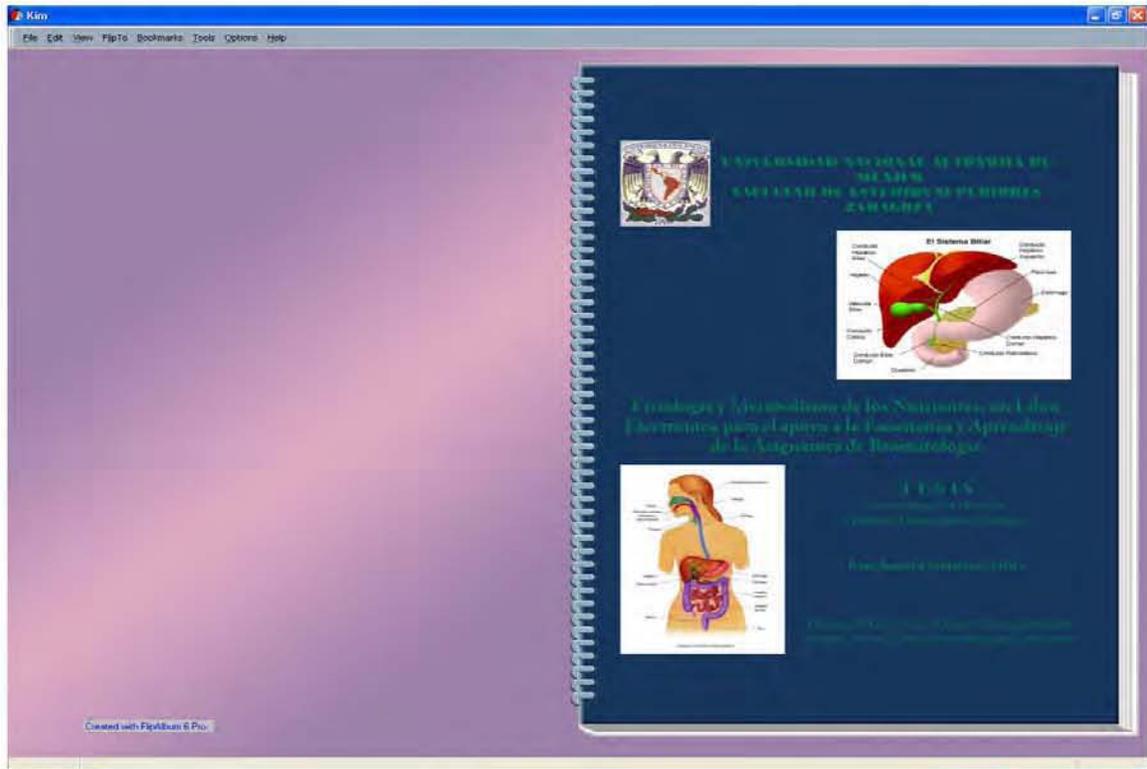
## VI. RESULTADOS

---

El resultado de esta tesis creada como apoyo a la docencia es el LIBRO ELECTRÓNICO: Fisiología y Metabolismo de los Nutrientes que consta de cuatro capítulos, el primero de ellos se titula Esquema General del Tracto Gastrointestinal seguido de Estructura del Tracto Gastrointestinal, el tercero Metabolismo Interno y se concluye con el capítulo cuarto Nutrición, elaborado con el Programa Flipalbum XXX versión para Windows XXX (Vista o XP). Este material está disponible en un disco compacto (que se incluye en el CD anexo)

La creación de productos multimedia educativos, se generó con la aplicación de FlipAlbum, para facilitar a los profesores la enseñanza de la asignatura de Bromatología y a los estudiantes el aprendizaje de la misma.

A continuación se incluyen algunas pantallas a manera de ejemplos de la composición del CD.



resultan fundamentales las sales biliares de la bilis, debido a su acción, el quimo es emulsionado y de esta manera las enzimas pancreáticas pueden actuar. Los productos de la digestión (monosacáridos, monoglicéridos, aminoácidos, dipéptidos y ácidos grasos libres) se absorben a nivel del intestino delgado, junto con el agua, los minerales y las vitaminas.

La bilis secretada por el hígado contiene productos de excreción (como la bilirrubina, catabolitos y xenobióticos), que se elimina en las heces. Por tanto la participación del hígado es fundamental constituye una estación intermedia para casi todas las sustancias absorbidas provenientes del tracto y que le son suministradas por la vena porta desintoxica al cuerpo eliminando la acción de numerosas sustancias extrañas y productos de deshecho del metabolismo (biotransformación), para poder excretarlos después en las heces.

El intestino grueso es la última estación para la absorción de agua e iones. Está colonizado por bacterias. A nivel del ciego y el recto, existen depósitos para las heces formadas, de esta manera se impide que haya que defecar después de cada comida, por frecuentes que éstas sean<sup>4</sup>.

Figura 1.3 Tiempos aproximados de tránsito en el estómago y distintos segmentos intestinales.

17

18

URL: D:\FlipAlbumCD\Albums\Kim\_opf\_files\Fisiologia KIM\_Page\_015.jpg

### 1.5.3 Serosa

Es la capa más externa del tubo digestivo y se compone de tejido conectivo y epitelio, recibe también el nombre de peritoneo visceral, gracias a ésta, las viseras del tracto así como los nervios y vasos sanguíneos que llegan a él, reciben soporte<sup>1</sup>.

Figura 1.6 Estructura de la pared intestinal.

## CAPÍTULO 2

### ESTRUCTURA DEL TRACTO GASTROINTESTINAL

#### 2.1 Boca

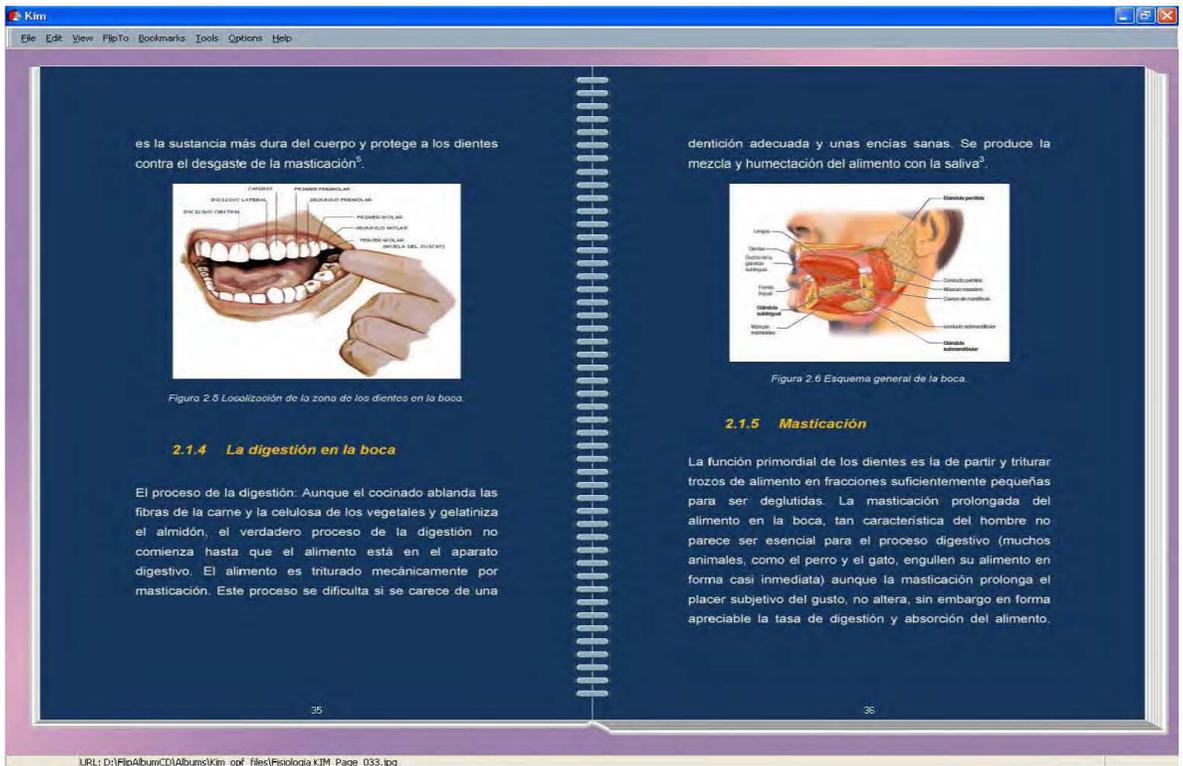
La cavidad bucal está formada por los carrillos, los paladares duro, blando y por la lengua. Los labios son pliegues carnosos que rodean al orificio de la boca. Durante la masticación, los carrillos y los labios hacen que el alimento quede entre los dientes superiores e inferiores<sup>1</sup>.

Figura 2.1 Anatomía de la boca.

27

28

URL: D:\FlipAlbumCD\Albums\Kim\_opf\_files\Fisiologia KIM\_Page\_025.jpg



---

## VII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

---

La creación de este Libro Multimedia se realizó debido a la falta de información actualizada y suficiente del material que se encuentra en la biblioteca de la FES-Zaragoza sobre los temas que se estudian en la asignatura de Bromatología, así como del tiempo que se requiere para realizar una investigación tan exhaustiva como la presentada en la preparación de dicha unidad (Fisiología y Metabolismo de los Nutrientes).

El contar con un libro multimedia tiene muchas ventajas, no sólo la de facilitar al alumno los temas necesarios para el estudio del metabolismo y fisiología de los nutrientes, sino también al profesor que imparte la materia ya que con dicho material le permite ganar tiempo y puede desarrollar los temas con mayor facilidad y comprensión, otra de las ventajas es que el alumno no tendrá la necesidad de contar con muchos libros, es decir, es más fácil contar con un CD que con 10 libros, la única limitante de este material es que se debe contar con un equipo de cómputo para poder hacer uso de él, pero esto es compensado con el software que se utilizó para la elaboración del libro y que nuestra escuela cuenta con la infraestructura para que el estudiante pueda utilizar este material.

Se decidió utilizar el software Flip Álbum debido a que es una herramienta de fácil uso y a su vez innovadora en el empleo como Libro Multimedia de enseñanza-aprendizaje, actualmente no se cuenta material de esta categoría, y si hubiera alguno no es del tema en cuestión, los posibles existentes libros no se encuentran disponibles para todo público así como el tema de este trabajo tampoco se halla, lo que implica que es único en su existencia y de gran valor educativo. El Flip Álbum tiene la ventaja de que no se necesita ningún otro

tipo de software adicional para instalarse en la computadora ya que el CD multimedia es auto ejecutable con requerimientos mínimos de PC.

En la realización del software se buscó generar una interface lo suficientemente sencilla para que los alumnos no tengan que perder tiempo en aprender técnicas de manipulación de software, al mismo tiempo generar un material educativo que sea innovador, facilitándole al alumno la disponibilidad de los contenidos de la asignatura con un nivel de creatividad óptimo, mediante el cual se establece una motivación por el conocimiento.

En caso de que el alumno quisiera realizar una investigación a mayor profundidad o tuviese duda de la información compilada se incluye la bibliografía, aunque dichos libros no todos se encuentran en la FES-Zaragoza sino es información confiable procedente de diferentes bibliotecas así como medios electrónicos.

La información recabada se obtuvo con base al temario de la asignatura de Bromatología y a las necesidades prioritarias de los alumnos para administrar mejor su tiempo para diferentes proyectos lo que con este Libro les permite optimizar su aprendizaje y sobre todo la aplicación del mismo en diferentes áreas de la carrera de Q.F.B. incluyendo la terminal.

---

## VIII. CONCLUSIÓN

---

El proceso de enseñanza-aprendizaje debe lograr formar personalidades que busquen el conocimiento y lo apliquen con carácter benéfico, que se expresen libremente y con conocimiento de causa de lo que dicen y hacen, profesionales que digan lo que piensan y lo digan bien.

Una enseñanza y un aprendizaje que tenga en cuenta su efecto en el desarrollo escolar, permitirá formar una nueva generación de profesionales que contribuya a la transformación del mundo que necesita la humanidad en este siglo XXI, que sean más sabios no sólo porque tengan más conocimientos sino también porque protejan su entorno y transformen la naturaleza de manera creadora.

Con el uso de nuevos materiales didácticos, en este caso el empleo de libros multimedia, se puede concluir que ayudará al alumno a mejorar su desempeño educativo.

Es necesario materializar la concepción de la enseñanza y el aprendizaje como un proceso, en el que interactúan y así mismo aprenden tanto alumnos como docentes.

Este libro multimedia es una alternativa para el proceso enseñanza-aprendizaje de la asignatura de Bromatología mediante la elaboración de los temas de Fisiología y Metabolismo de los Nutrientes con el que se suministra al alumno de material para un mejor desempeño educativo como apoyo en su formación y a futuro en su vida profesional. La información recabada es confiable, actual y segura consecuencia de una extensa investigación y corrección de la información así como el ajuste de las seleccionadas imágenes provenientes de diversas fuentes haciendo alusión al contenido de manera explicativa y haciendo del aprendizaje un gusto y diversión mediante el empleo del

software Flip Álbum, siendo ésta una herramienta atractiva e innovadora facilitando su aprendizaje y retención.

Al contar con este material multimedia se reducirá el gasto en el fotocopiado de libros que al paso del tiempo las copias se desechan, contribuyendo con el impacto ecológico al hacer uso de una computadora en lugar de papel.

Será necesario transformar la escuela actual, adoptar una nueva postura educativa de mayor alcance y potencializar los valores culturales, sociales y morales y transformar los tradicionales procedimientos de enseñanza.

Somos partidarios de una enseñanza desarrolladora, que promueva un continuo progreso en la calidad de lo que el alumno realiza, vinculado al desarrollo de su personalidad.

El reto como ciudadanos de esta era audiovisual es administrar con justicia en nuestras vidas los medios que la tecnología ha puesto a nuestro alcance, darle a cada medio lo que le corresponde, su justo significado, espacio y tiempo. Lo cual, a grandes rasgos, implicará el establecimiento y desarrollo de programas de adiestramiento y educación, tanto institucional como nacional, para utilizar y comprender los nuevos medios.

---

## IX. PROPUESTAS

---

Se propone implementar este libro multimedia en los siguientes semestres al impartir la asignatura de bromatología a manera de material de apoyo, así como en otras materias relacionadas con el tema, como ayuda de estudio para el alumno y como base teórica para el profesor como bibliografía complementaria, así como también seguir con la realización y creación de las demás unidades de este proyecto intentando cubrir el programa de estudios completo para dicha asignatura. Intentando así estar a la vanguardia con ayuda de la ciencia y la tecnología con nuevos recursos, implementando diferentes técnicas y haciendo uso de herramientas con el fin de mejorar la calidad educativa, por lo que se sería gratificante que los profesores promovieran el uso de este material multimedia y otros más, acostumbrando al alumno a una lectura más dinámica e interactiva optimizando el tiempo invertido y aprovechándolo en otras actividades estudiantiles.

---

## X. REFERENCIAS

---

1. Aprende a aprender, Aprendizaje enseñanza y desarrollo <<http://www.galeon.com/aprenderaaprender/general/indice.html>> 12 Ago 2009, 10:40.
2. Estrategias de aprendizaje y modelos pedagógicos en la primera infancia. El aprender y el aprendizaje. Educación, desarrollo, enseñanza y aprendizaje <<http://www.waece.org/enciclopedia/resultado2.php?id=900015>>, 11 Ago 2009.
3. Proceso del Aprendizaje, Monografias.com, Educación <<http://www.monografias.com/trabajos12/pedalpro/pedalpro.shtml>>, 10 Ago 2009, 21:25.
4. Teorías del aprendizaje, ¿Cómo se adquieren los conceptos?, <<http://www.monografias.com/trabajos5/teap/teap.shtml>>
5. Multimedia, Wikipedia la Enciclopedia Libre, <<http://es.wikipedia.org/wiki/Multimedia>>
6. El libro multimedia vs. Multimedia, Tiempo universitario, Valencia <<http://www.tiempo.uc.edu.ve/tu262/Sumario/LibroMult/libromult.html>>, 30 jul 2009, 10:40.
7. Tortora G. Principios de Anatomía y Fisiología: El Aparato Digestivo. 7ª ed. Madrid: Mosby; 1996. 503-23,537-47.

8. Buss D, Tyler H, Barber S, Crawley H. Manual de Nutrición. 1ª ed. España: Acribia 1985. 33-40.
9. García A, García F. Nutrición y Dietética. 1ª ed. México: Secretariado de Publicaciones y Medios Audiovisuales Universidad de León; 2003. 102-4, 133-41,165.
10. Silbernagl S, Agamemnon D. Atlas de Bolsillo de Fisiología. 3ª ed. New York: Germany Thieme Medical Publishers; 1991.
11. Cheshire A. Lo Esencial En Aparato Digestivo. 1ªed. Madrid: Harcourt-Brace; 1998.
12. Vander J, Sherman H, Dorothy S. Fisiología Humana. 13ª ed. U.S.A. Mc Graw-Hill; 1994.
13. Cordova A, Ferrer R. Muñoz V. Compendio de fisiología para ciencias de la salud: funciones generales del aparato digestivo. Madrid: Mac Graw Gill Interamericana; 1994.
14. Guyton A.C. & Hall. Tratado de Fisiología Médica. 10ª ed. Madrid: Ed. McGraw-Hill Interamericana, 2001.
15. Ganong W. Fisiología médica: función gastrointestinal. 18ª ed. México: El Manual Moderno; 2001.
16. Perlemuter L. Anatómo-fisiología: sistema digestivo. 1ª ed. Barcelona: Masson; 1999.
17. Martínez M. Nutrición Humana. 1ª ed. México: Alfaomega; 2005.
18. Lowenberg W, Todhunter T. Los Alimentos y el Hombre. 3ªed. México: Limusa; 1985.
19. Sánchez M. Vida y Nutrición UNAM SEP. 1ª ed. México: XXI editores; 1989.

20. Alimentación y Nutrición, Sistema digestivo, Metabolismo Interno, Metabolismo de los lípidos,  
<[http://www.alimentacionynutricion.org/es/index.php?mod=content\\_detail&id=49](http://www.alimentacionynutricion.org/es/index.php?mod=content_detail&id=49)>,  
11 Mar 2009, 23:10.
21. Alimentación y Nutrición, Sistema digestivo, Metabolismo Interno, Metabolismo de las proteínas,  
<[http://www.alimentacionynutricion.org/es/index.php?mod=content\\_detail&id=49](http://www.alimentacionynutricion.org/es/index.php?mod=content_detail&id=49)>,  
11 Mar 2009, 23:10.
22. Alimentación y Nutrición, Sistema digestivo, Nutrientes,  
<[http://www.alimentacionynutricion.org/es/index.php?mod=content\\_detail&id=49](http://www.alimentacionynutricion.org/es/index.php?mod=content_detail&id=49)>,  
11 Mar 2009, 23:10
23. Integración del metabolismo I: ¿Cómo se adapta el organismo a las fluctuaciones en la disponibilidad de sus fuentes energéticas?, Cada tejido tiene un perfil metabólico característico, <http://www.encuentros.uma.es/encuentros103/integracion.htm>, 22 Ago 09, 22:53.

## ***ÍNDICE DE TABLAS***

- 2.1 García A, García F. Nutrición y Dietética. 1ª ed. México: Secretariado de Publicaciones y Medios Audiovisuales Universidad de León; 2003.226.
- 3.1 García A, García F. Nutrición y Dietética. 1ª ed. México: Secretariado de Publicaciones y Medios Audiovisuales Universidad de León; 2003.223,
- 3.2 Hernández A, et al. Enciclopedia del Cuerpo Humano Espasa: Madrid; 2003. 187.