

BIOQUÍMICA

**METABOLISMO ENERGÉTICO,
CONCEPTOS Y APLICACIÓN**

ADRIANA LOZANO

CECILIA BACCA

VILMA PINZÓN

CLAUDIA ROZO



UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ
JORGE TADEO LOZANO

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERIA
Departamento de Ciencias Básicas

BIOQUÍMICA

METABOLISMO ENERGÉTICO,
CONCEPTOS Y APLICACIÓN



UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ
JORGE TADEO LOZANO

Departamento de Ciencias Básicas – Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano

Bioquímica: metabolismo energético, conceptos y aplicación /
Adriana Lozano... [et al.]. – Bogotá: Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
Departamento de Ciencias Básicas, 2011.

332 p.; 22 cm.

ISBN: 978-958-725-087-9

1. BIOQUÍMICA. 2. BIOENERGÉTICA. 3. METABOLISMO. I. Lozano, Adriana.
II. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Departamento de Ciencias Básicas.

CDD572"b615"

Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano
Carrera 4 N° 22-61 / PBX: 2427030 /www.utadeo.edu.co

BIOQUÍMICA

METABOLISMO ENERGÉTICO, CONCEPTOS Y APLICACIÓN

Adriana Lozano

Cecilia Bacca

Vilma Pinzón

Claudia Rozo

ISBN: 978-958-725-087-9

Primera edición: 2011

©Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano

RECTOR: José Fernando Isaza Delgado

VICERRECTOR ACADÉMICO: Diógenes Campos Romero

DECANO FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍA: Daniel Bogoya Maldonado

DIRECTOR DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS: Favio Cala Vitery

DIRECTOR (E) DE PUBLICACIONES: Jaime Melo Castiblanco

COORDINACIÓN EDITORIAL Y DE PRODUCCIÓN: Henry Colmenares Melgarejo

REVISIÓN DE ESTILO: Oscar Joan Rodríguez y Henry Colmenares Melgarejo

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN: Carlos Tamayo Sánchez

DISEÑO DE CARÁTULA: Carlos Tamayo Sánchez

CONCEPTO GRÁFICO: Samuel A. Fernández Castro

ILUSTRACIONES: Steve Adrian Serrano y autoras

IMPRESIÓN: Ultracolor Ltda.

Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin autorización escrita de la Universidad.

Impreso en Colombia - Printed in Colombia

BIOQUÍMICA

METABOLISMO ENERGÉTICO,
CONCEPTOS Y APLICACIÓN

Adriana Lozano
Cecilia Bacca
Vilma Pinzón
Claudia Rozo



UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ
JORGE TADEO LOZANO

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO

1Conceptos de digestión
y absorción e introducción
al metabolismoPÁG
9

CAPÍTULO

2

Bioenergética

PÁG
37

CAPÍTULO

3Catabolismo
de proteínasPÁG
71

CAPÍTULO

4Catabolismo
de carbohidratosPÁG
111

CAPÍTULO

5Otras funciones de los
carbohidratosPÁG
159

CAPÍTULO

6Catabolismo
de lípidosPÁG
191

CAPÍTULO

7Otras funciones
de los lípidosPÁG
223

CAPÍTULO

8Ciclo de Krebs y
fosforilación oxidativaPÁG
255

CAPÍTULO

9

Integración metabólica

PÁG
301

BIBLIOGRAFÍA

PÁG
327

● ● **ÍNDICE DE ANEXOS**

- ANEXO 1.1.** Fases del metabolismo intermedio aerobio

- ANEXO 2.1.** Energía libre de hidrólisis de algunos biocompuestos fosforilados
- ANEXO 2.2.** Algunas coenzimas derivadas de las vitaminas y su función
- ANEXO 2.3.** Potenciales de reducción estándar de algunas reacciones del metabolismo

- ANEXO 3.1.** Especificidad de algunas enzimas proteolíticas

- ANEXO 5.1.** Algunas funciones de las glicoproteínas

- ANEXO 6.1.** Caracterización de las principales lipoproteínas
- ANEXO 6.2.** Comparación entre las distintas vías de degradación y la biosíntesis de ácidos grasos

- ANEXO 8.1.** Algunos de los compuestos que afectan la fosforilación oxidativa

- ANEXO 9.1.** Regulación alostérica del metabolismo hepático en estado de ayuno
- ANEXO 9.2.** Control del metabolismo hepático en estado de buena nutrición
- ANEXO 9.3.** Principales moduladores fisiológicos de las vías metabólicas en un hepatocito

INTRODUCCIÓN

El grupo de docentes de la cátedra de bioquímica del Departamento de Ciencias Básicas de la Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, presenta a la comunidad universitaria un material didáctico para los alumnos que cursan el espacio académico de Bioquímica. El objetivo de este grupo de ejercicios es formar parte del trabajo continuado en pro del mejoramiento permanente de la calidad, en el proceso de aprendizaje de los estudiantes como apoyo al trabajo independiente.

La primera entrega se enfocó en la bioquímica estructural y descriptiva de las principales biomoléculas; en esta segunda parte se abordan los principios básicos de las interacciones y transformaciones entre ellas, que permiten obtener energía a los seres vivos. Se trata principalmente del metabolismo humano, y aunque ocasionalmente se abordan estrategias metabólicas propias de otras especies, se hace especial énfasis en las rutas de las tres fases del metabolismo intermediario aerobio, tanto catabólico como anabólico, y los capítulos de bioenergética se complementan con los de la bioquímica estructural de lípidos y carbohidratos de importancia biológica o en las industrias: alimentaria, farmacéutica y cosmética.

Este libro consta de nueve capítulos y más de 600 puntos cuidadosamente seleccionados que pretenden apoyar con su contenido el aprendizaje significativo, con la asesoría de los docentes y con la consulta en diferentes referentes bibliográficos, lo cual les permitirá apropiarse de los conceptos básicos para el éxito, no solo de las asignaturas posteriores en el plan de estudios, sino también en el desarrollo de las competencias genéricas y las científicas de su profesión; todos los temas incluyen la base conceptual bioquímica como herramienta para contextualizar los procesos biológicos que preservan y mantienen la vida.

Los ejercicios se elaboraron utilizando los formatos de preguntas disponibles a saber: elección múltiple con única respuesta, elección múltiple con múltiple respuesta, análisis de relación, análisis de postulados, ordenamiento, selección de parejas, profundización de los temas con consultas apoyadas en artículos especializados y propuesta teórica de ejemplos de la cotidianidad.

Además, se anexa una extensa bibliografía de textos actualizados en físico de fácil consecución, de sitios web, de libros y revistas electrónicas de interés para la resolución de los problemas planteados o para quienes estén interesados en ampliar sus conocimientos.

Agradecemos a las directivas de la Universidad Jorge Tadeo Lozano el apoyo a esta publicación, por medio de la incorporación de políticas que estimulan la producción escrita de los profesores, expresada en el diseño de este tipo de instrumentos didácticos importantes en el proceso de enseñanza–aprendizaje.

Las autoras

CAPÍTULO

1

● **Conceptos de digestión
y absorción e introducción
al metabolismo**

¿Qué se entiende por estos términos?

Los seres vivos, entre ellos el ser humano, necesitan diversas sustancias para construir o reparar sus organismos, energía para hacerlos funcionar y reguladores que controlen todos los procesos involucrados en la preservación y sostenimiento de la vida.

La nutrición incluye un conjunto de procedimientos mediante los cuales los organismos incorporan, transforman y utilizan los nutrientes (contenidos en los alimentos) para mantenerse vivos y realizar todas sus funciones.

En el caso del ser humano las sustancias fundamentales para el sostenimiento de la vida son los carbohidratos, los lípidos, las proteínas y otros elementos esenciales (vitaminas, minerales y agua). Sin embargo, solo algunos pueden absorberse como se encuentran en los alimentos, por lo cual carecen de valor nutritivo mientras no sean digeridos.

- La digestión transforma (**degrada**) los carbohidratos, lípidos y proteínas en compuestos que se pueden absorber, tales como: monosacáridos, ácidos grasos y glicerol, y aminoácidos, respectivamente.
- La absorción implica el paso de los productos finales de la digestión, junto con vitaminas, minerales, agua y otros nutrientes, desde la luz del intestino delgado a través de las vellosidades intestinales, hacia la linfa o la sangre, que los conducen a los otros órganos.
- El metabolismo se puede definir como el conjunto de reacciones químicas que ocurren en el interior de las células de todo el organismo, que involucran las sustancias absorbidas o exógenas y algunas otras endógenas, mediante las cuales se mantiene y preserva la vida.

Digestión

La digestión de los alimentos es un proceso ordenado en el que intervienen un gran número de **enzimas digestivas** (tabla 1.1). Las enzimas de las glándulas salivales y linguales actúan sobre carbohidratos y grasas; las del estómago actúan sobre proteínas y lípidos; las de la parte exocrina del páncreas actúan sobre carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos. Las que completan el proceso digestivo se encuentran en las membranas luminales y en el citoplasma de las células del intestino delgado, además, la acción enzimática se facilita en el estómago, por el ácido clorhídrico secretado por las células parietales y en el intestino delgado, por la bilis producida en el hígado, concentrada y descargada por la vesícula biliar.

Las células de la mucosa intestinal denominadas enterocitos, tienen un borde en forma de cepillo constituido por numerosas microvellosidades las cuales están cubiertas por una capa llamada gluco-cáliz, que es rica en azúcares neutros y amino-azúcares. Los enterocitos contienen enzimas glucoproteínicas que hidrolizan carbohidratos y péptidos. Próxima al borde de cepillo y al gluco-cáliz está una capa de reposo que constituye una barrera para la difusión, debido a que los solutos (nutrientes) la deben atravesar para llegar a las células de la mucosa.

TABLA 1.1. PRINCIPALES ENZIMAS DIGESTIVAS
(Las proenzimas correspondientes se muestran entre paréntesis)

Origen	Enzima	Activador	Sustrato	Función catalítica o productos
Glándulas salivales	α -amilasa salival	Cl ⁻	Almidón	Hidroliza los enlaces α 1 \rightarrow 4, produciendo α -dextrinas limitantes, maltotriosa y maltosa.
Glándulas linguales	Lipasa lingüal		Triglicéridos	Ácidos grasos y 1,2-diacilgliceroles.
Estómago	Pepsinas (pepsinógenos)	HCl	Proteínas y polipéptidos	Hidroliza los enlaces peptídicos adyacentes a los aminoácidos aromáticos, isoleucina y metionina.
	Lipasa gástrica		Triglicéridos	Ácidos grasos y glicerol.
Páncreas exocrino	Tripsina (tripsinógeno)	Enteropeptidasa	Proteínas y polipéptidos	Hidroliza los enlaces peptídicos adyacentes a la lisina y la arginina.
	Quimotripsinas (quimotripsinógenos)	Tripsina	Proteínas y polipéptidos	Hidroliza uniones peptídicas adyacentes a aminoácidos aromáticos, leucina y ocasionalmente metionina y asparragina.
	Elastasa (proelastasa)	Tripsina	Elastina y algunas otras proteínas	Hidroliza uniones peptídicas adyacentes a aminoácidos alifáticos.
	Carboxipeptidasa A (procarboxipeptidasa A)	Tripsina	Proteínas y polipéptidos	Separa los carboxiaminoácidos terminales con cadenas aromáticas o alifáticas ramificadas.
	Carboxipeptidasa B (procarboxipeptidasa B)	Tripsina	Proteínas y polipéptidos	Separa los carboxiaminoácidos terminales básicos.

Origen	Enzima	Activador	Sustrato	Función catalítica o productos
	Colipasa (procolipasa)	Tripsina	Gotas de grasa	Se une a la interfase sales biliares-triglicérido-agua para anclar la lipasa.
	Lipasa pancreática		Triglicéridos	Monoglicéridos y ácidos grasos.
	Colesterol éster hidrolasa		Ésteres del colesterol	Colesterol y ácidos grasos.
	α -amilasa pancreática	Cl ⁻	Almidón	Igual que la α -amilasa salival.
	Ribonucleasa		RNA	Ribonucleótidos.
	Desoxirribonucleasa		DNA	Desoxirribonucleótidos.
	Fosfolipasa A ₂ (profosfolipasa A ₂)	Tripsina	Fosfolípidos	Ácidos grasos y lisofosfolípidos.
Mucosa Intestinal	Enteropeptidasa		Tripsinógeno	Tripsina.
	Aminopeptidasa		Polipéptidos	Separa el aminoácido N-terminal del péptido.
	Dipeptidasas		Dipéptidos	Dos aminoácidos.
	Glucoamilasa		Maltosa, maltotriosa	Glucosa.
	Lactasa		Lactosa	Galactosa y glucosa.
	Sacarasa*		Sacarosa	Fructosa y glucosa.
	α -dextrinasa limitante*		α -dextrina limitante	Glucosa.
	Nucleasa y enzimas relacionadas		Ácidos nucleicos	Nucleótidos.
	Nucleosidasas		Nucleósidos	Pentosa y bases nitrogenadas.
Citoplasma de las células de la mucosa	Diversas peptidasas		Di-, tri- y tetra-péptidos	Aminoácidos.

* La sacarasa y la α -dextrinasa limitante son cadenas polipeptídicas separadas, pero son subunidades de una sola proteína, es decir, una enzima bifuncional.

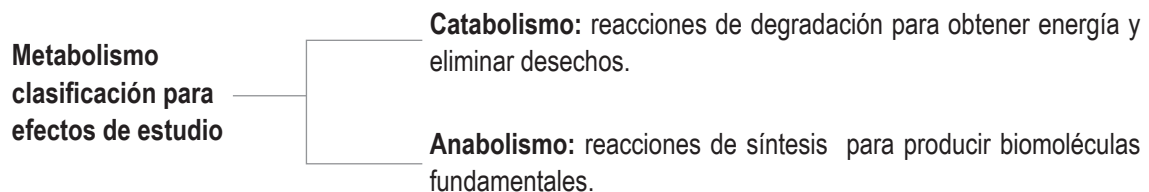
Fuente: GANONG, William F. Fisiología médica. 19 ed. México: Manual Moderno, 2005. p. 512.

Absorción

Las sustancias pasan desde la luz del aparato digestivo al líquido extracelular entre los enterocitos, y de ahí a la linfa y a la sangre mediante arrastre por solvente, difusión simple, difusión facilitada, transporte activo primario, transporte activo secundario o acoplado bien sea uniporte, simporte o antiporte, endocitosis y exocitosis.

Metabolismo

Las biomoléculas pequeñas absorbidas y distribuidas posteriormente a todas las células del organismo, según los requerimientos, se transforman en nuevas biomoléculas mediante procesos bio-sintéticos conocidos en conjunto como metabolismo anabólico o anabolismo, o degradadas mediante procesos metabólicos conocidos como catabolismo, para extraer la energía almacenada en los enlaces carbono-carbono y generar los desechos que se excretan.



Es importante resaltar que algunas de las vías metabólicas son **anfibólicas**, es decir que generan intermediarios tanto para los procesos **catabólicos como para los anabólicos**. El anexo 1.1., muestra un esquema global del metabolismo intermediario aerobio.

En todos los procesos de degradación, absorción y en el metabolismo, el agua cumple un papel fundamental, su naturaleza le confiere propiedades estructurales especiales que determinan la gran importancia en la evolución de la vida; la polaridad, ocasionada por la carga parcial positiva alrededor de los átomos de hidrógeno y negativa en las proximidades del oxígeno, le permite a la molécula asociarse hasta con cuatro de su misma especie, con lo cual puede formar cuatro puentes de hidrógeno que son muy importantes en todas las estructuras biomoleculares. Estas interacciones estabilizan las cadenas polipeptídicas de las proteínas y de las dos cadenas complementarias del ADN. La tendencia de los grupos no polares a “escondersé” del agua determinan las interacciones hidrofóbicas que son otro factor que incide en las estructuras de

las biomoléculas. Igualmente, la naturaleza polar del agua determina sus propiedades como solvente de solutos iónicos y polares.

Otra propiedad exclusiva del agua es su papel en el control de la acidez dentro de la célula mediante la formación de amortiguadores de pH. Finalmente es importante anotar que el agua participa en casi todas las reacciones que ocurren a nivel celular y que constituye en promedio el 70% del peso corporal humano.

En la tabla siguiente (tabla 1.2.) se muestra el recambio neto de agua (en litros) en el aparato digestivo humano.

TABLA 1.2. RECAMBIO DIARIO NETO DE AGUA (L) EN AL APARATO DIGESTIVO HUMANO.

Agua ingerida		2,0 L
Secreciones endógenas		7,0 L
Glándulas salivales	1,5	
Estómago	2,5	
Bilis	0,5	
Páncreas	1,5	
Intestino	1,0	
	7,0	
Entrada total al sistema digestivo		9,0 L
Resorbida en		8,8 L
Yeyuno	5,5	
Íleon	2,0	
Colon	1,3	
	8,8	
Equilibrio		0,2 L

Con base en el texto anterior desarrolle los puntos 1.1. a 1.8.

1.1. Escriba un resumen de 10 renglones en donde resalte la importancia de la digestión.

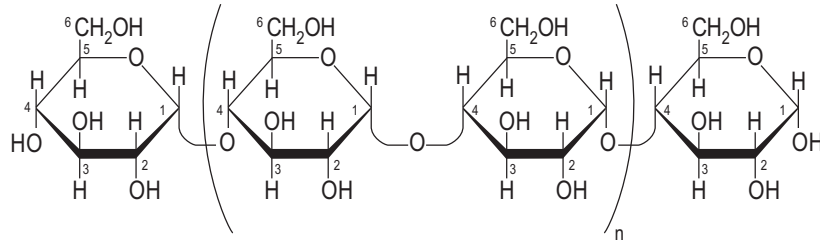
1.2. Relacione los procesos biológicos (columna A) con el sitio donde ocurren (columna B).

Columna A	Columna B
Absorción de etanol	1. Citoplasma
Degradación del almidón	2. Sistema digestivo
Degradación de la glucosa	3. Epitelio gástrico
Absorción de agua	4. Músculo
Degradación del glucógeno endógeno	5. Intestino grueso
Degradación de proteínas endógenas	6. Proteasoma

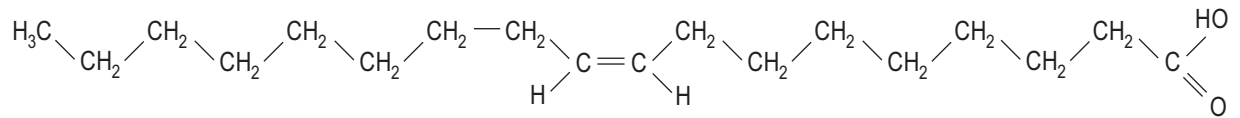
1.3. Nombre las sustancias fundamentales que necesita el cuerpo humano para su funcionamiento normal _____

1.4. Consulte cómo están constituidos, desde el punto de vista de estructura química, los carbohidratos, los lípidos y las proteínas e identifique cada una de las siguientes moléculas según el grupo al que pertenecen.

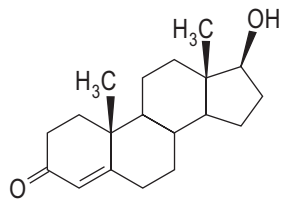
A. _____



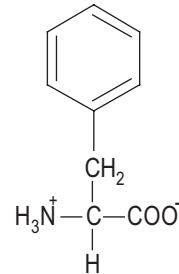
B. _____



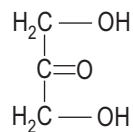
C. _____



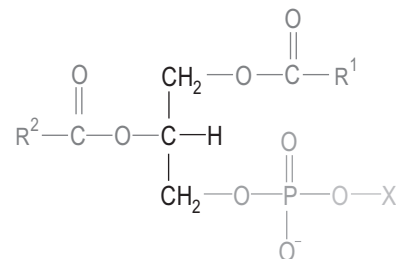
D. _____



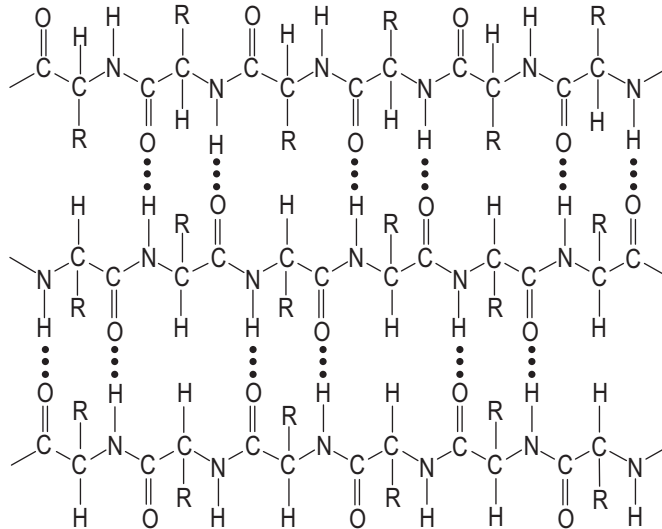
E. _____



F. _____



G. _____



- 1.5. De acuerdo con el desarrollo del punto anterior, identifique y nombre los grupos funcionales principales que caracterizan a cada una de las sustancias fundamentales.
- 1.6. Marque con una X sobre la línea al frente de cada enzima, aquellas que pertenecen al grupo de las hidrolasas y que además desdoblan las biomoléculas o biopolímeros mencionados en el texto de referencia y consumidos en la dieta.

Colesterol éster hidrolasa	_____	Hexoquinasa	_____
α -amilasas	_____	Lipasa gástrica	_____
Tripsina	_____	Nucleotidasa	_____
Fosfatasa ácida	_____	Ribonucleasa	_____
Nucleosidasa	_____	Lipasa pancreática	_____
Glucosa aldolasa	_____	Quimotripsina	_____

- 1.7. La alcalinidad de las secreciones pancreática exocrina y biliar, neutraliza la acidez del contenido gástrico o quimo; tal cambio de pH es necesario para activar las enzimas descargadas por el páncreas y las presentes en el intestino, y para inhibir la acción catalítica de otras.

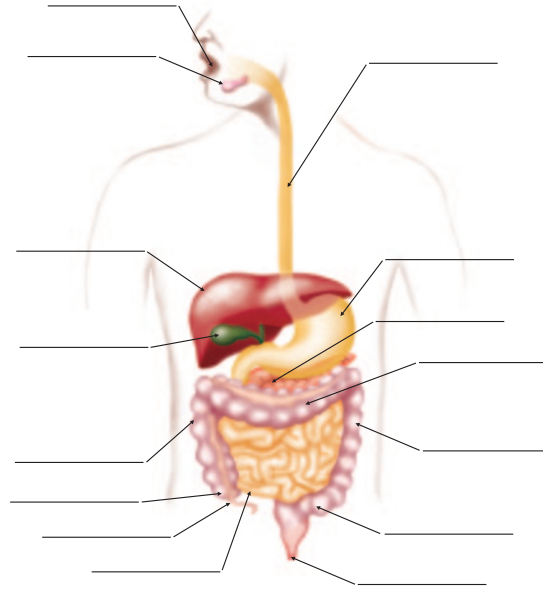
Marque con una X sobre la línea al frente de cada enzima, aquellas que se inhiben con el cambio de pH del contenido gástrico descrito anteriormente.

Tripsina	_____	Pepsina B	_____
Pepsina A	_____	Lipasa pancreática	_____
Renina	_____	Elastasa	_____
Carboxipeptidasa A	_____	Sacarasa	_____

- 1.8. Marque con una X sobre la línea al frente de cada enzima, aquellas que se activan por el cambio de pH del contenido gástrico descrito en el punto anterior.

Pepsina A	_____	Nucleosidasa	_____
Sacarasa	_____	Tripsina	_____
Lactasa	_____	Lipasa gástrica	_____
Maltasa	_____	Ribonucleasa	_____

Tenga en cuenta la siguiente figura para desarrollar los puntos 1.9. a 1.17.



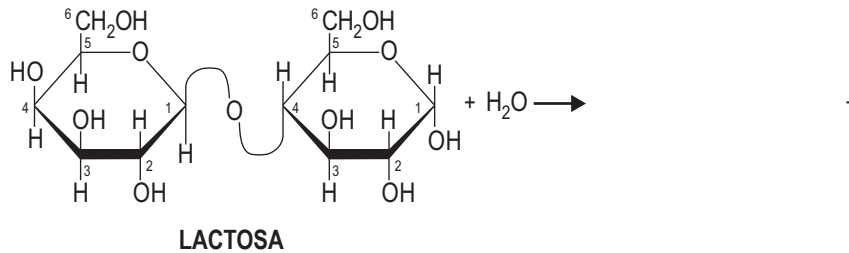
- 1.9. Sobre el esquema escriba el nombre de cada uno de los órganos que conforman el sistema digestivo.
- 1.10. Ubique sobre el esquema del aparato digestivo, las válvulas o esfínteres denominados cardias y píloro y describa su función.
- 1.11. En el esquema del sistema digestivo identifique el hígado e indique qué sustancias importantes para la digestión se producen allí.
- 1.12. ¿Cuál es la función de la vesícula biliar?
- 1.13. Consulte la composición de la bilis y explique de qué manera participa en el proceso de emulsificación de las grasas a nivel del intestino delgado, para facilitar la acción de las lipasas.

- 1.14.** ¿Cuáles son los minerales que el ser humano requiere en mayor cantidad y cuál es la función biológica de cada uno de ellos?
- 1.15.** Investigue la causa de la intolerancia a la lactosa, enfermedad que padecen algunas personas a quienes les afecta el consumo de leche y bebidas lácteas.
- 1.16.** Indague sobre la capacidad promedio en litros del estómago en estado relajado y en máxima expansión.
- 1.17.** Consulte cómo se denominan las diferentes partes que constituyen el estómago, y cuál es la función de las células parietales y principales.

Los puntos 1.18. a 1.25. se desarrollan de acuerdo con el formato de selección múltiple con única respuesta.

- 1.18.** Los cambios químicos que ocurren durante la digestión se logran con la participación de enzimas, las cuales pertenecen al
- A. Grupo 1. Oxido-reductasas: catalizan reacciones de transferencia de electrones.
 - B. Grupo 3. Hidrolasas: catalizan reacciones de ruptura de enlaces por acción del agua.
 - C. Grupo 2. Transferasas: catalizan reacciones de transferencia de grupos de una molécula a otra.
 - D. Grupo 6. Ligasas: catalizan las reacciones de formación de enlaces C—C, C—S, C—O y C—N, por condensación acoplada con consumo de ATP.
- 1.19.** La digestión de las proteínas comienza en
- A. la cavidad oral.
 - B. el estómago.
 - C. el íleon.
 - D. el yeyuno.

- 1.20. A continuación encuentra en proyección de Haworth, la estructura de la lactosa (azúcar de la leche). Si en un día se ingiere en las bebidas lácteas 34,2 g de lactosa y la degradación en el tracto digestivo es completa, se producirán (dibuje la estructura de los productos de la hidrólisis)



- A. 2 moles de glucosa.
 B. 0,1 mol de glucosa y 0,1 mol de galactosa.
 C. 1 mol de glucosa y 1 mol de galactosa.
 D. 2 moles de galactosa.
- 1.21. La α -amilasa salival cataliza la hidrólisis de los enlaces α -1 \rightarrow 4 del almidón, por lo tanto algunos de los productos esperados de esta reacción son
- A. glucosa y ribosa.
 B. galactosa y arabinosa.
 C. maltodextrina y fructosa.
 D. maltotriosa y α -dextrinas limitantes.
- 1.22. El pepsinógeno se convierte por el HCl del estómago en pepsina, enzima que hidroliza los enlaces peptídicos, por lo tanto es cierto que el
- A. pepsinógeno es una coenzima.
 B. HCl hidroliza los enlaces peptídicos sin que intervenga el pepsinógeno.
 C. pepsinógeno es una proenzima o enzima inactiva.
 D. pepsinógeno es una enzima activa.

1.23. La pepsina es una enzima proteolítica (especificidad lado N de los aminoácidos fenilalanina, tirosina, triptófano, leucina y metionina siempre y cuando el aminoácido anterior en la secuencia no sea prolina), tomados desde el extremo N-Terminal al C-Terminal. Los productos de la catálisis efectuada por la pepsina sobre el siguiente péptido son

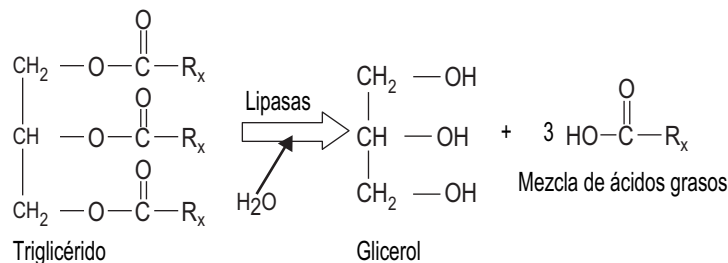


- A. Ala-(Val)₄-His-Lis, Ser-Trp-Arg- (Asp)₅-Gli-Tir, Arg, y Pro-Fen-(Arg)₃-Glu
- B. Ala-(Val)₄-His, Lis-Ser-Trp-Arg-(Asp)₅-Gli-Tir-Arg y Pro-Fen-(Arg)₃-Glu
- C. Ala-(Val)₄-His-Lis-Ser, Trp-Arg-(Asp)₅-Gli y Tir-Arg-Pro-Fen-(Arg)₃-Glu
- D. Ala-(Val)₄-His, Lis-Ser-Trp-Arg-(Asp)₅-Gli-Tir y Arg y Pro-Fen-(Arg)₃-Glu

1.24. El sustrato para la carboxipeptidasa B es (especificidad: exopeptidasa que hidroliza por el lado N del carboxilo terminal cuando este es un aminoácido básico)

- A. V-W-L-(Y)₁₀-K
- B. R-L-I-D-(K)₁₅-F
- C. S-F-L-M-(P)₁₇-A
- V. A-V-V-T-L-M-G

1.25. A continuación se representa la ecuación química de la reacción de hidrólisis de los triglicéridos catalizada por las lipasas.



De acuerdo con esta reacción, los productos de la degradación total catalizada por la lipasa gástrica sobre 0,1 mol de triestearina cuyo nombre sistemático es triestearato de glicerilo, trioctadecanoato de glicerilo o trioctadecanoil glicerol son

- A. 0,3 moles de glicerol y 0,1 mol de ácido esteárico.
- B. 0,1 mol de glicerol y 0,3 moles de triestearato de glicerilo.
- C. 0,3 moles de glicerol y 0,1 mol de triestearato de glicerilo.
- D. 0,1 mol de glicerol y 0,3 moles de ácido esteárico.

Para desarrollar los puntos 1.26. a 1.30. consulte la siguiente bibliografía. MURRAY, Robert *et al.* Bioquímica de Harper. 15 ed. México: Manual Moderno, 2001. p.759-772.

1.26. Consulte el tipo de compuestos que descarga la flora bacteriana al intestino grueso como resultado de su propio metabolismo y represente estructuralmente por lo menos dos de dichas sustancias.

1.27. Indique cuáles son los productos que se obtienen por la descomposición bacteriana en el intestino grueso de los siguientes compuestos.

- Aminoácido R _____
- Aminoácido Y _____
- Aminoácido ornitina _____
- Aminoácido H _____

1.28. Todas las sustancias producidas en el intestino grueso por la descomposición que hacen las bacterias son vasopresores, consulte qué es un vasopresor.

1.29. Consulte el significado de los siguientes términos:

- Ptomaínas.
- Disacariduria.
- Quiluria.

1.30. Consulte la composición promedio del jugo pancreático y complete la siguiente tabla.

Componente	%	Tipo de sustancia*	Función o sustrato en el caso de enzimas
H ₂ O			
Na ⁺			
HCO ₃ ⁻			
K ⁺			
SO ₄ ⁻²			
Cl ⁻			
Amilasa			
Lipasa			
Ribonucleasa			
Fosfatasa			

* catión, anión, molécula inorgánica neutra o enzima.

Los puntos 1.31. a 1.41. se desarrollan de acuerdo con el formato de selección múltiple con única respuesta.

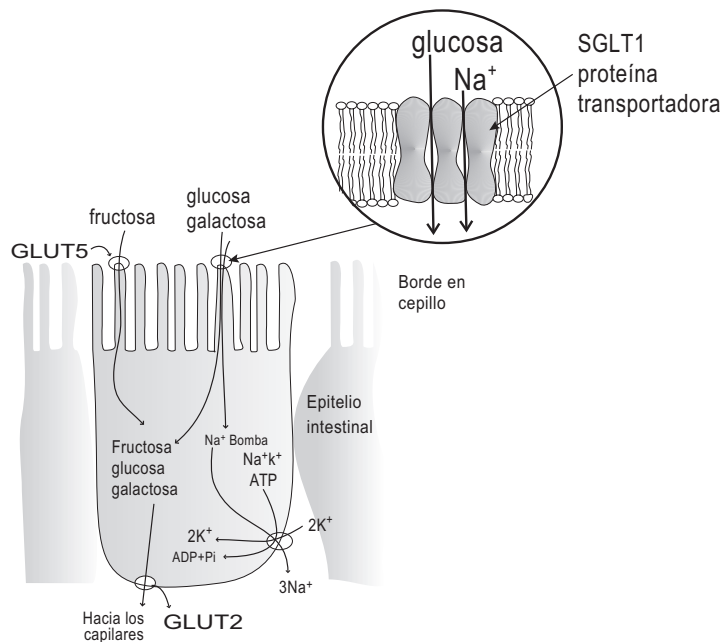
- 1.31. De las siguientes moléculas orgánicas consumidas en los alimentos, es una proteína
 A. el glucógeno. B. el colesterol. C. la albúmina. D. la riboflavina.
- 1.32. Una proteína que se encuentra en el organismo de los mamíferos es
 A. la caseína. B. el gluten. C. la zeína. D. la hordeína.
- 1.33. Un alimento que contiene almidón es
 A. la leche. B. el hígado. C. la yuca. D. el huevo.
- 1.34. La reserva de glucosa como glucógeno en animales se hace fundamentalmente en el
 A. ovario. B. páncreas. C. hígado. D. pulmón.

- 1.35. El aceite de olivas consumido en los alimentos como aderezo, contiene ácido oleico cuya fórmula abreviada es
- A. C:18:0 B. C:18:1_{cis}^{Δ9} C. C:18:2_{cis}^{Δ9,12} D. C:18:3_{cis}^{Δ9,12,15}
- 1.36. Un tejido que tiene como función reservar grasa es el
- A. cartilaginoso. B. sanguíneo. C. óseo. D. adiposo.
- 1.37. Una enzima que actúa en el sistema digestivo humano es la
- A. albúmina. B. lipasa. C. hexoquinasa. D. lisozima.
- 1.38. Un aminoácido que se obtiene por la digestión de las proteínas de la dieta es el ácido
- A. oleico. C. acético.
B. aspártico. D. butírico.
- 1.39. La hexosa que se obtiene, tanto por la digestión extracelular como por la degradación intracelular del glucógeno, es la
- A. manosa. B. fructosa. C. glucosa. D. galactosa.
- 1.40. La digestión en los organismos multicelulares es un proceso
- A. metabólico. B. fisiológico. C. anabólico. D. catabólico.
- 1.41. La digestión de la sacarosa, maltosa, isomaltosa y lactosa, se realiza en
- A. la cavidad oral. C. el intestino delgado.
B. el esófago. D. el intestino grueso.
- 1.42. Consulte cómo está constituida la membrana celular, dibuje un esquema e indique cuáles son las funciones principales de cada uno de los componentes.
- 1.43. Consulte cómo funcionan los sistemas de transporte a través de las membranas celulares que se nombran en el texto inicial sobre la **absorción de nutrientes**.

1.44. Represente con un dibujo los enterocitos y sus diferentes partes.

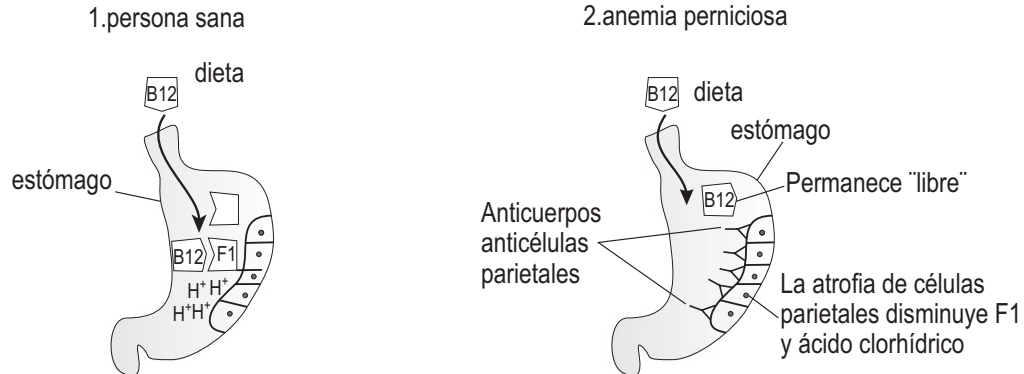


1.45. El siguiente esquema representa el transporte de glucosa, fructosa y galactosa a través del epitelio intestinal. Explíquelo haciendo especial énfasis en la función de las proteínas transportadoras SGLT1; GLUT2 y GLUT5.



Fuente: MURRAY, Robert *et al.* Bioquímica de Harper. 15 ed. México: Manual Moderno, 2001. p.767.

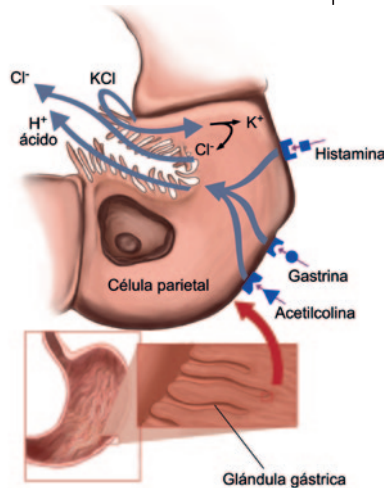
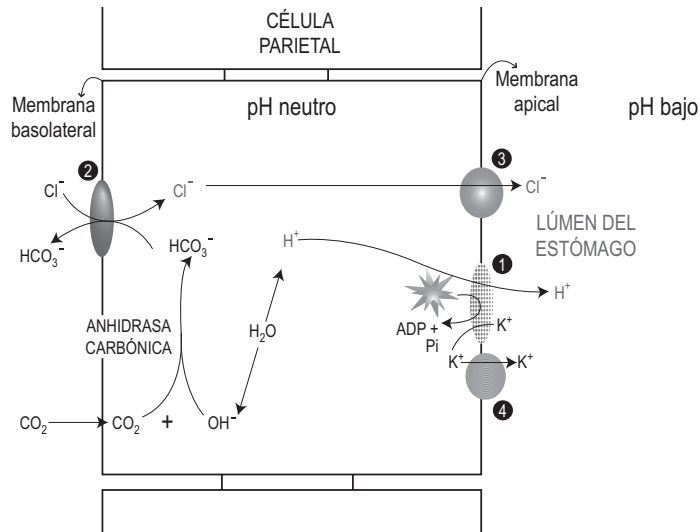
Con base en la siguiente figura, desarrolle los puntos 1.46. y 1.47.



Fuente: BENYON, Sarah. Cursos -Crash- de Mosby. Lo esencial del metabolismo y nutrición. España: Harcourt Brace, 1998. p. 244.

- 1.46.** La deficiencia de cobalamida a nivel fisiológico (vitamina de origen animal) se produce por su baja ingestión, como sucede en los vegetarianos estrictos, y también por la falta del factor intrínseco que en la figura aparece como F1. Esta deficiencia causa la anemia perniciosa, genera problemas en la oxidación de los ácidos grasos impares, en la degradación de los aminoácidos T, V, I, M y en la síntesis de la hemoglobina (eritropoyesis). Explique el mecanismo de acción del F1 en el proceso de absorción de la vitamina B₁₂.
- 1.47.** Resalte en la figura anterior (esquema del estómago), el sitio de absorción de la cobalamida.
- 1.48.** Consulte en qué consiste la cirugía conocida como By-pass gástrico que se practica en personas con obesidad mórbida, qué consecuencias trae sobre el proceso digestivo general, es decir, en la degradación y absorción de nutrientes, qué riesgos para la salud corren quienes se someten al procedimiento quirúrgico, y qué precauciones y cuidados posoperatorios deben tener.
- 1.49.** Consulte qué origina las enfermedades conocidas como esprue tropical y la enfermedad celiaca infantil.

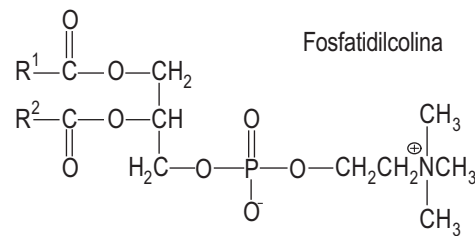
1.50. Los defectos en el proceso digestivo se manifiestan en situaciones clínicas, como por ejemplo la formación de ulceraciones por exceso de HCl gástrico y la aclorhidria ocasionada a la disminución o ausencia de la secreción de ácido clorhídrico. Explique, apoyándose en las figuras, la producción del HCl gástrico.



Figuras adaptadas de: LODISH, Harvey. *et al.* Molecular cell biology. 5 th ed. New York: W..Freeman and company, 2004. p 276.

MURRAY, Robert. *et al.* Harper. Bioquímica Ilustrada. 16 ed. México: Manual Moderno, 2004. p.744.

- 1.51. Explique por qué y cómo se forman los cálculos biliares.
- 1.52. Uno de los síntomas de la insuficiencia pancreática exocrina en la fibrosis quística es la esteatorrea. Consulte en qué consiste este síntoma.
- 1.53. La mala absorción de nutrientes se debe a una amplia variedad de defectos que con frecuencia causan deficiencia nutricional, por ejemplo, la absorción inadecuada de la vitamina B9 ocasiona anemia hemolítica. Describa en qué consiste esta enfermedad.
- 1.54. Consulte qué se produce por la descomposición bacteriana de la fosfatidilcolina.



Los puntos 1.55. a 1.63. se desarrollan de acuerdo con el formato de selección múltiple con única respuesta.

- 1.55. El proceso de absorción de nutrientes ocurre en los
- | | |
|-----------------|-----------------|
| A. linfocitos. | C. enterocitos. |
| B. eritrocitos. | D. iocitos. |
- 1.56. Consulte sobre la enfermedad de Harnup e indique si se caracteriza por
- A. intolerancia a la leche.
 - B. aclorhidria.
 - C. excreción anormal de lípidos en heces.
 - D. mala absorción de aminoácidos neutros.

- 1.57.** Los α -L-aminoácidos son transferidos desde la luz del intestino hacia el interior de las células de la mucosa por
- A. difusión simple.
 - B. transporte activo.
 - C. difusión facilitada.
 - D. pinocitosis.
- 1.58.** Los α -L-aminoácidos del interior del enterocito pasan a los capilares sanguíneos por
- A. difusión simple.
 - B. transporte activo.
 - C. difusión facilitada.
 - D. endocitosis.

Desarrolle los puntos 1.59. a 1.72. teniendo en cuenta el anexo 1.1.

- 1.59.** La oxidación de los ácidos grasos en el interior de la célula, particularmente en la matriz mitocondrial se denomina
- A. glicólisis anoxigénica.
 - B. β - oxidación.
 - C. desaminación.
 - D. ureogénesis.
- 1.60.** De manera global el catabolismo, una vertiente del metabolismo, se caracteriza por
- A. generar ATP.
 - B. consumir ATP.
 - C. reservar ATP.
 - D. excretar ATP.
- 1.61.** De manera global el anabolismo, una vertiente del metabolismo, se caracteriza por
- A. generar ATP.
 - B. consumir ATP.
 - C. reservar ATP.
 - D. excretar ATP.
- 1.62.** Dos aspectos fundamentales que caracterizan al anabolismo son
- A. reductor y convergente.
 - B. oxidativo y divergente.
 - C. reductor y divergente.
 - D. oxidativo y convergente.
- 1.63.** De las siguientes vías metabólicas la que está involucrada en la tercera fase del metabolismo oxidativo es
- A. el ciclo de Krebs.
 - B. la glicólisis.
 - C. la ureogénesis.
 - D. la cetogénesis.

1.64. El NH_3 producido por la desaminación de los aminoácidos, se elimina en el ciclo de

- A. la alanina.
- B. Krebs.
- C. la urea.
- D. ATP.

Desarrolle los puntos 1.65. a 1.72. con el formato de selección múltiple con múltiple respuesta.

Marque A si 1, 2 y 3 son correctas.
Marque B si 1 y 3 son correctas.
Marque C si 2 y 4 son correctas.
Marque D si todas son correctas.

1.65. La tripsina es una enzima proteolítica secretada por el páncreas exocrino por lo tanto

- 1. tiene como sustrato a las proteínas consumidas en los alimentos.
- 2. tiene como sustrato a las proteínas endógenas.
- 3. participa en la fase de digestión.
- 4. participa en la primera fase del metabolismo.

Respuesta: _____

1.66. En la segunda fase del metabolismo oxidativo, los aminoácidos se preparan para catabolizarse efectuando una de las siguientes reacciones:

- 1. descarboxilación.
- 2. desaminación oxidativa.
- 3. hidroxilación.
- 4. desaminación directa no oxidativa.

Respuesta: _____

1.67. La molécula de Acetil CoA se produce durante la

1. oxidación del piruvato que proviene de la glicólisis.
2. β - oxidación.
3. desaminación de algunos aminoácidos.
4. degradación intracelular del glucógeno.

Respuesta: _____

1.68. El ciclo de Krebs

1. es la fase final oxidativa de los átomos de carbono de las moléculas combustibles.
2. se realiza en la matriz mitocondrial.
3. es el mismo ciclo de los ácidos tricarbónicos.
4. es una vía aerobia porque utiliza oxígeno en una de sus reacciones.

Respuesta: _____

1.69. La glicólisis hasta piruvato es una vía metabólica

1. cíclica.
2. se realiza en el citoplasma.
3. produce oxalacetato como intermediario.
4. que se inicia con una molécula de glucosa.

Respuesta: _____

1.70. La cadena de transporte de electrones y la fosforilación oxidativa, se realizan

1. a partir de coenzimas reducidas producidas en las vías metabólicas oxidativas.
2. exclusivamente en las células hepáticas.
3. en la membrana interna de la mitocondria.
4. sólo en los eritrocitos de los mamíferos.

Respuesta: _____

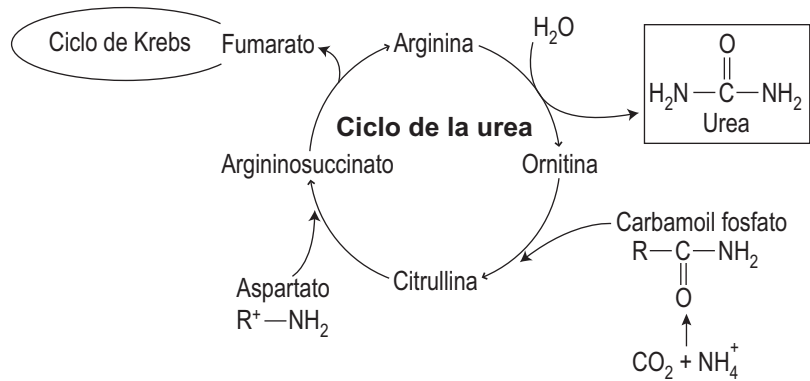
1.71. El abastecedor principal del ciclo de Krebs y su aceptor, son

1. acetil CoA.
2. succinil CoA.
3. $^{-}\text{OOC}-\text{CH}_2-\text{C}(\text{O})-\text{COO}^{-}$.
4. $\text{COOH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CO}\sim\text{CoA}$.

Respuesta: _____

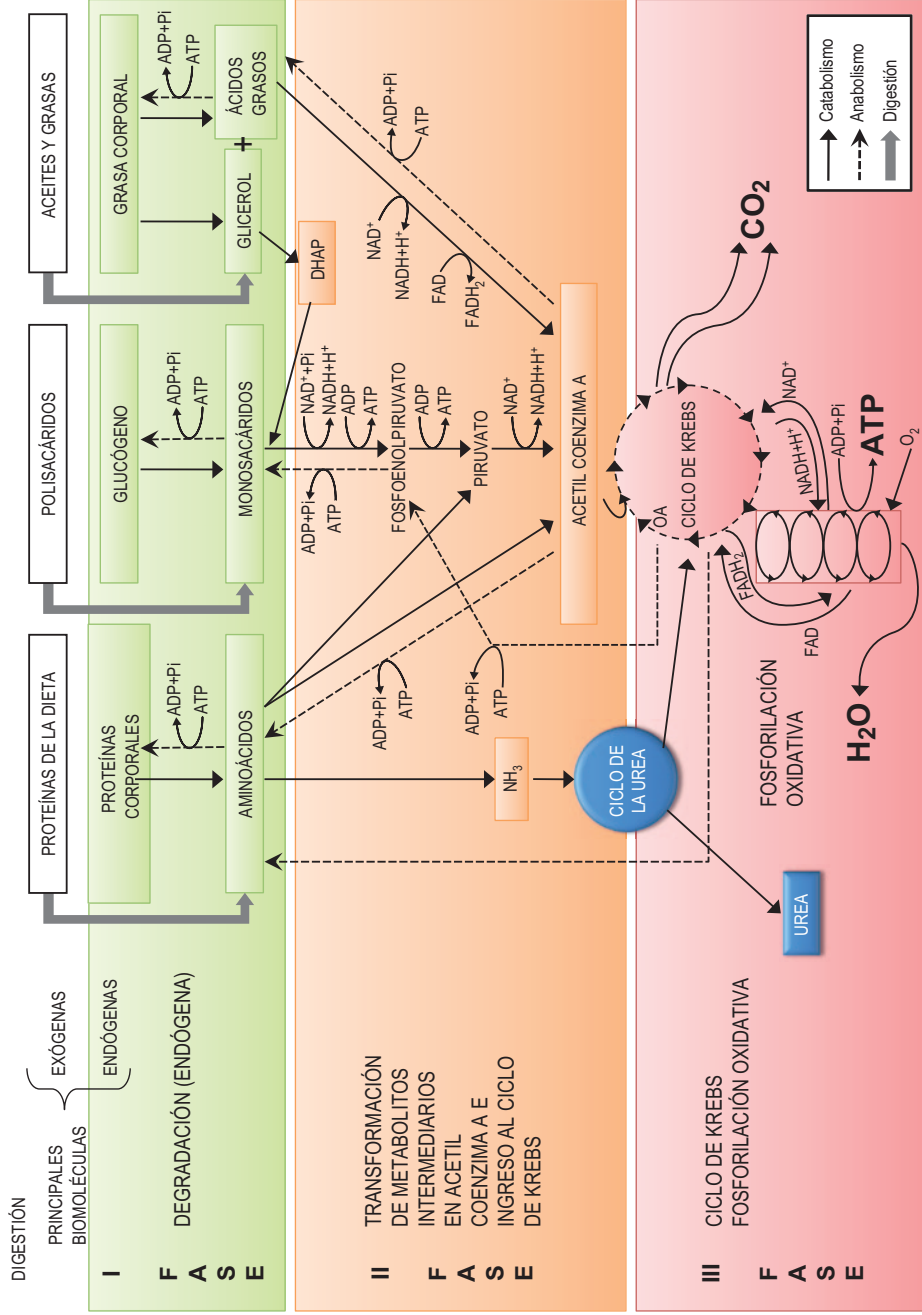
1.72. La ureogénesis es una vía metabólica

1. cíclica.
2. en cascada.
3. cíclica entrelazada.
4. en espiral.



Respuesta: _____

FASES DEL METABOLISMO INTERMEDIO AEROBIO



BIBLIOGRAFÍA

LIBROS

- BADUI DARGAL, Salvador. Química de los alimentos. México: Pearson educación, 2006.
- BOHINSKI, Robert. Bioquímica. 5 ed. México: Addison-Wesley Iberoamericana, 1992.
- BARAN, Enrique. Bioquímica Inorgánica. España: McGraw-Hill, 1995.
- BENYON, Sarah. Cursos – Crash – de Mosby. Lo esencial del metabolismo y Nutrición. 2 ed. España: Elsevier, 2003.
- BERG, Jeremy M.; TYMOZCO, Jhon L. y STRYER, Lubert. Bioquímica. 6 ed. España: Reverté, 2008.
- CAMPBELL, Mary y FARELL, Shawn. Bioquímica. 4 ed. México: International Thomson Editores, 2004.
- CASTAÑO, Miguel Ángel; Díaz, Jacobo y PAREDES, Fernando. Bioquímica clínica de la patología del laboratorio. España: Ergón, 2008.
- COOPER, Goffrey M. y HAUSMAN, Robert E. La célula. 4 ed. España: Marbán Libros S.L, 2008.
- COULTATE, Tom P. Manual de Química y Bioquímica de los alimentos. 2 ed. España: Acibia, 1998.
- CHAMPE, Pamela. C; HARVEY, Richard, A. y FERRIER, Denise. R. Bioquímica. 4 ed. España: Lippincott, 2008.
- DEVLIN, Thomas. Bioquímica. Libro texto con aplicaciones clínicas. 4 ed. España: Reverté, 2009.
- DÍAZ ZAGOYA, Juan C. y JUÁREZ OROPEZA, Marco A. Bioquímica. Un enfoque básico aplicado a las ciencias de la vida. México: McGraw-Hill, 2007.
- GANONG, William F. Fisiología Médica. 19 ed. México: Manual Moderno, 2005.
- GUÍZAR-VÁSQUEZ, Jesús. Genética Clínica. Diagnóstico y manejo de las enfermedades hereditarias. 3 ed. México: Manual Moderno, 2003.
- HORTON, Robert. *et al.* Bioquímica. 4 ed. México: Prentice Hall Hispanoamericana, 2008.

- KOOLMAN, Jan y RÖHEM, Klaus-Heinrich. Bioquímica. Texto y Atlas. 3 ed. España: Médica Panamericana, 2004.
- LAGUNA, José *et al.* Bioquímica de Laguna. 6 ed. México: Manual Moderno, 2009.
- LÓPEZ CHICHARO, J. y FERNÁNDEZ VAQUERO, A. Fisiología del ejercicio. 3 ed. Buenos Aires: Médica Panamericana, 2008.
- MATHEWS, Christopher; HOLDE, K. E. y AHERN, Kevin. Bioquímica. 3 ed. Madrid: Addison Wesley, 2002. 1335 p.
- MENDOZA PATIÑO, Nicandro. Farmacología Médica. México: Médica Panamericana, 2008.
- MÜLLER, WERNER. Bioquímica para principiantes. España: Reverté, 2007.
- MÜLLER-ESTERL, Werner. Bioquímica. Fundamentos para Medicina y Ciencias de la Vida. España: Reverté, 2008.
- MURRAY, Robert. *et al.* Harper. Bioquímica Ilustrada. 28 ed. México: McGraw-Hill Interamericana, 2010.
- MURRAY, Patrick R. *et al.* Microbiología Médica. 5 ed. España: Elsevier imprint, 2008.
- NELSON, David L y COX, Michael M. Lehninger. Principios de Bioquímica. 5 ed. Barcelona: Omega, 2009.
- NICHOLLS, D.G. Bioenergética. Introducción a la teoría quimiosmótica.[en línea]. España: Reverté, 2000. [ref. de 27 de diciembre de 2010]. Disponible en Web: < http://www.lalibreriadelau.com/libros-de-quimica-ca29_48/e-book-bioenergetica-introduccion-a-la-teoria-quimiosmotica-p38229>
- PARÉS, Ramón y JUÁREZ, Antonio. Bioquímica de los Microorganismos. España: Reverté, 1997. p.116, 181, 276, 278.
- PURVES, William *et al.* Vida. La ciencia de la Biología. 6 ed. Buenos Aires: Médica Panamericana, 2006. p.114-132.
- QUESADA, Silvia. Manual de experimentos: Bioquímica. 2 ed. San José de Costa Rica: Euned, 2007.
- RENNEBERG, Reinhard. Biotecnología para principiantes. España: Reverté, 2009.
- ROSADO GARCÍA, Adolfo. Introducción a la glicobiología. México: Universidad Autónoma Metropolitana, 2000.
- TEIJÓN RIVERA, José María. *et al.* Bioquímica Estructural. Conceptos y Tests. 2 ed. España: Tébar, 2009.

TEIJÓN RIVERA, José María. *et al.* Bioquímica Metabólica. Conceptos y Tests. 2 ed. España: Tébar, 2009.

VOET, Donald; VOET, Judith y PRATT, Charlotte. Fundamentos de Bioquímica. La vida a nivel molecular. 2 ed. México: Médica Panamericana, 2007.

WILLIAMS, R.A. y ELLIOTT, J.C. Bioquímica odontológica básica y aplicada. 2 ed. México: Manual Moderno, 1990.

REVISTA

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE DIABETES. La cartilla de la diabetes. Bogotá: Panamericana Formas e Impresos, 2005. 156 p.

FASANO, Alessio. Causas de la enfermedad celiaca. En: Investigación y Ciencia. Octubre, 2009. no. 397. p. 40-48.

GALLEGO DEL SOL, Francisca. *et al.* Lectinas. En: Investigación y Ciencia. Octubre, 2006. no. 361. p. 58-67.

HERCHER, Laura. Nutrigenómica entre la ciencia y el fraude. En: Investigación y Ciencia. Febrero, 2008. no. 377. 58-63.

LIENHARD, Gustav. *et al.* Absorción celular de la glucosa. En: Investigación y Ciencia. Marzo, 1992. no. 186 p. 22 - 28.

MAEDER, Thomas. Glucómica. En: Investigación y Ciencia. Septiembre, 2002. no. 312. p. 6-12.

MASCO, Daniel; VAN DE WALLE and SPIEGEL, Sarah. Interaction of Ganglioside GM1 with the B Subunit of Cholera Toxin Modulates Growth and Differentiation of Neuroblastoma N18 Cells. In: The journal of Neuroscience. August, 1991.no.11(8). p. 2443-2452.

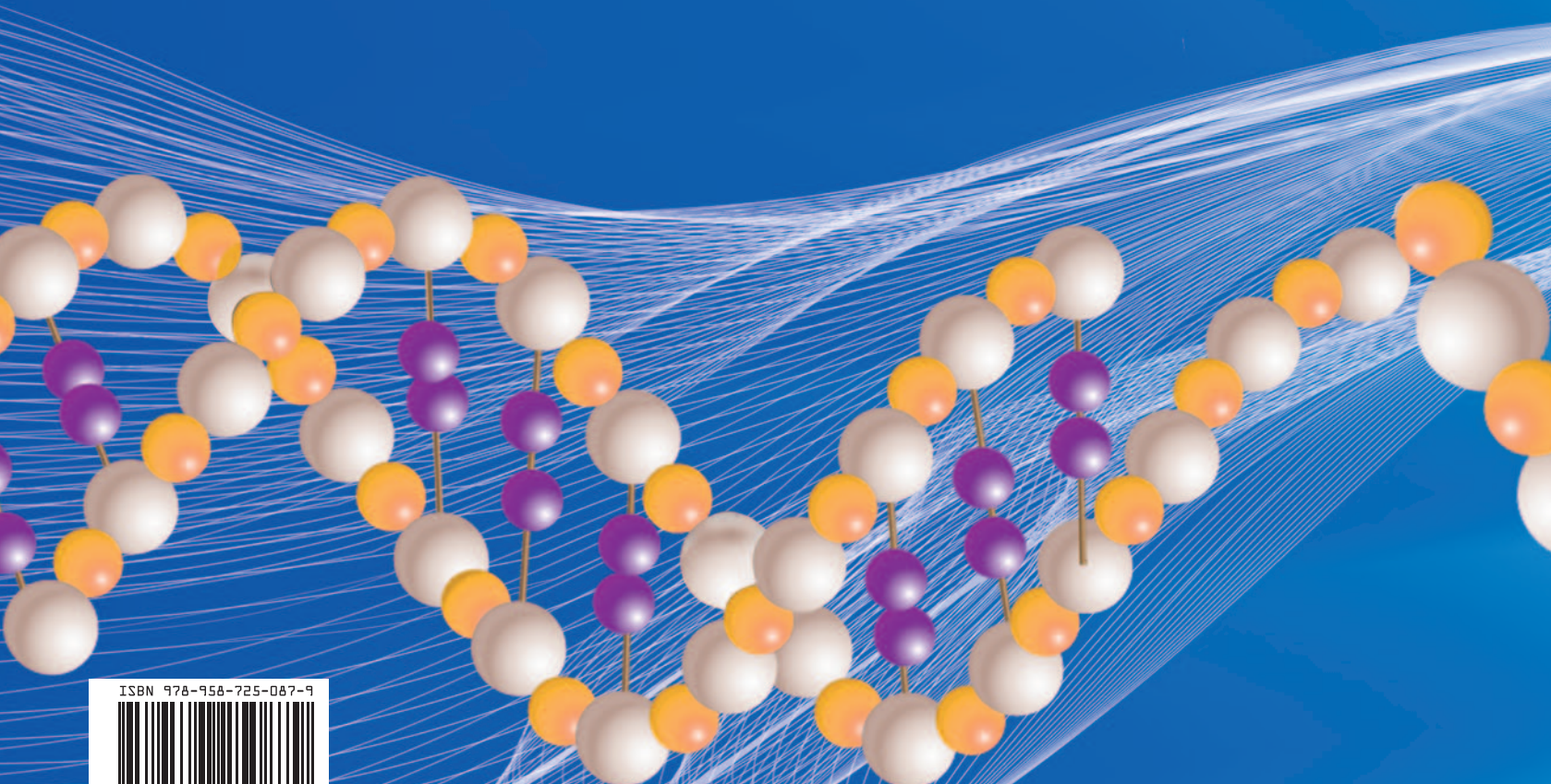
RICHARD, G.W. *et al.* Role of the coated endocytic vesicle in the uptake of receptor-bound low density lipoprotein in human fibroblasts. In: Cell. March, 1977. Vol 10 no.3. p.351-364.

TORRENS David; ZORZANO, Antonio y PALACÍN, Manuel. Avances en Bioquímica. El gen de la LPI. En: Investigación y Ciencia. Mayo, 2001. no. 296. p. 39-40.



UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ
JORGE TADEO LOZANO

www.utadeo.edu.co



ISBN 978-958-725-087-9



9 789587 250879