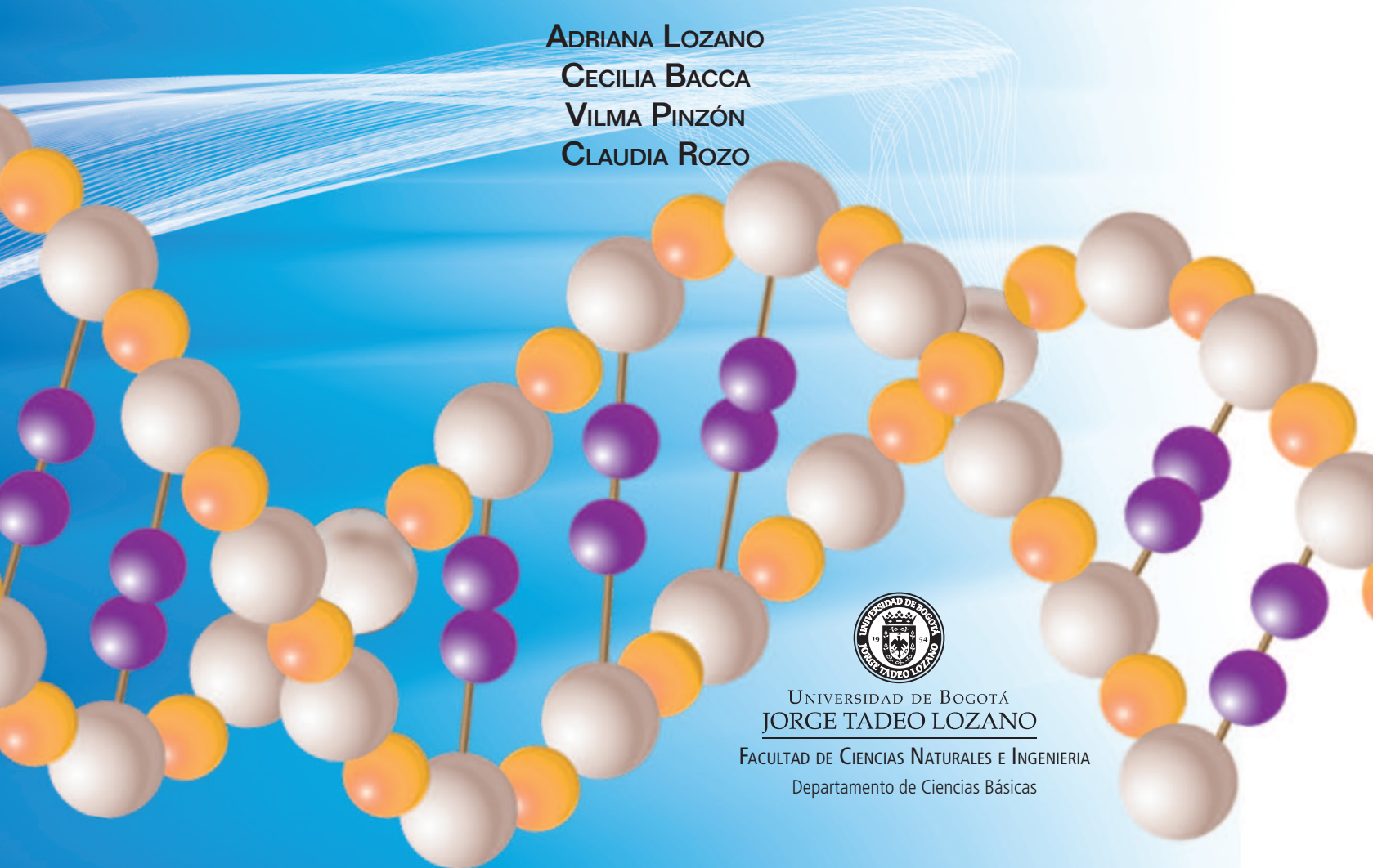
BIOQUÍMICA

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 Nº 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

Departamento de Ciencias Básicas – Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO 1 — Conceptos de digestión y absorción e introducción al metabolismo — PÁG 9

CAPÍTULO 2 — Bioenergética — PÁG 37

CAPÍTULO 3 — Catabolismo de proteínas — PÁG 71

CAPÍTULO 4 — Catabolismo de carbohidratos — PÁG 111

CAPÍTULO 5 — Otras funciones de los carbohidratos — PÁG 159

CAPÍTULO 6 — Catabolismo de lípidos — PÁG 191

CAPÍTULO 7 — Otras funciones de los lípidos — PÁG 223

CAPÍTULO 8 — Ciclo de Krebs y fosforilación oxidativa — PÁG 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 nucléicos. 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→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	Enrteropeptidasa		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 nucléicos	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.

Metabolismo clasificación para efectos de estudio

- **Catabolismo:** reacciones de degradación para obtener energía y eliminar desechos.
- **Anabolismo:** reacciones de síntesis para producir biomoléculas fundamentales.

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 "esconderse" 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.

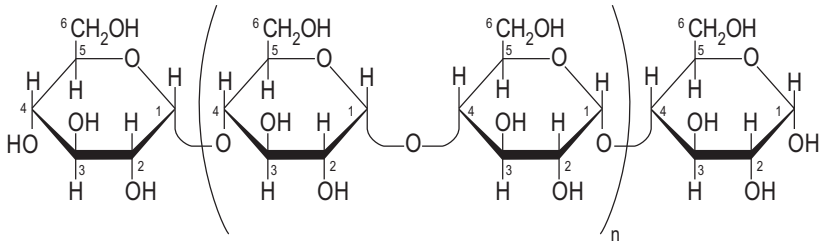
1.2. Relacione los procesos biológicos (columna A) con el sitio donde ocurren (columna B).

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

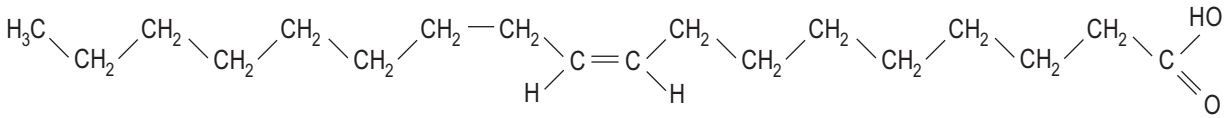
1.3. Nombre las sustancias fundamentales que necesita el cuerpo humano para su funcionamiento normal _____

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.

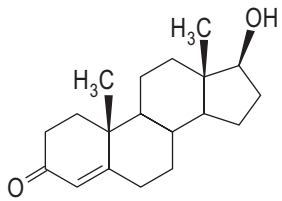
A. _____



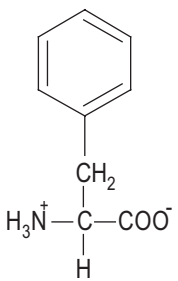
B. _____



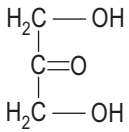
C. _____



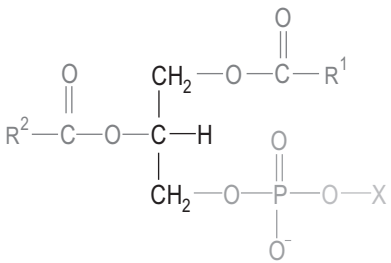
D. _____



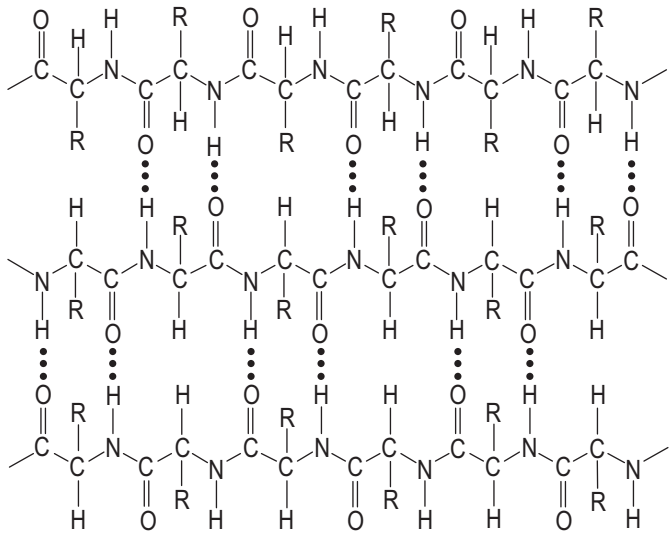
E. _____



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.

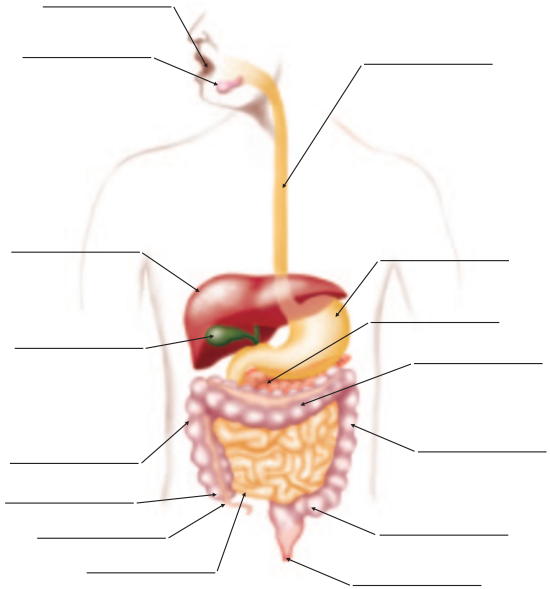
Marque con una X sobre la línea al frente de cada enzima, aquellas que se inhiben con el cambio de pH del contenido gástrico descrito anteriormente.

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.

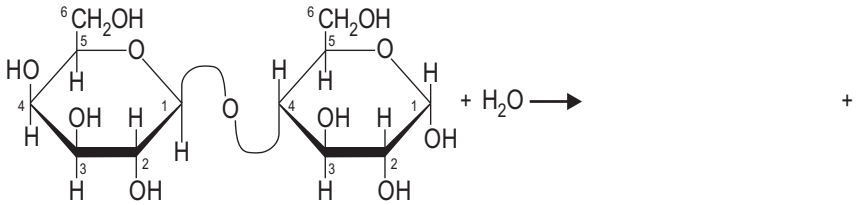
1.18. Los cambios químicos que ocurren durante la digestión se logran con la participación de enzimas, las cuales pertenecen al

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)



LACTOSA

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

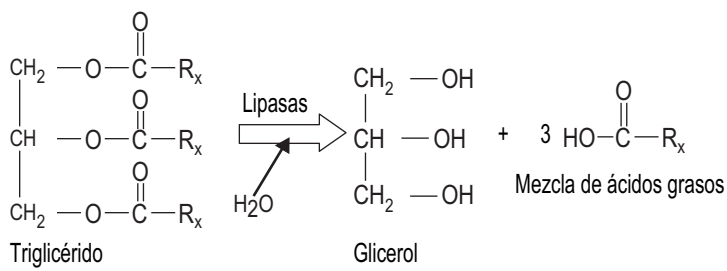
$$\text{Ala-(Val)}_4\text{-His-Lis-Ser-Trp-Arg-(Asp)}_5\text{-Gli-Tir-Arg-Pro-Fen-(Arg)}_3\text{-Glu}$$

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 0,1mol 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_2O			
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 mamiferos 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. $C:18:1_{cis}^{\Delta 9}$ C. $C:18:2_{cis}^{\Delta 9,12}$ D. $C:18:3_{cis}^{\Delta 9,12,15}$

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

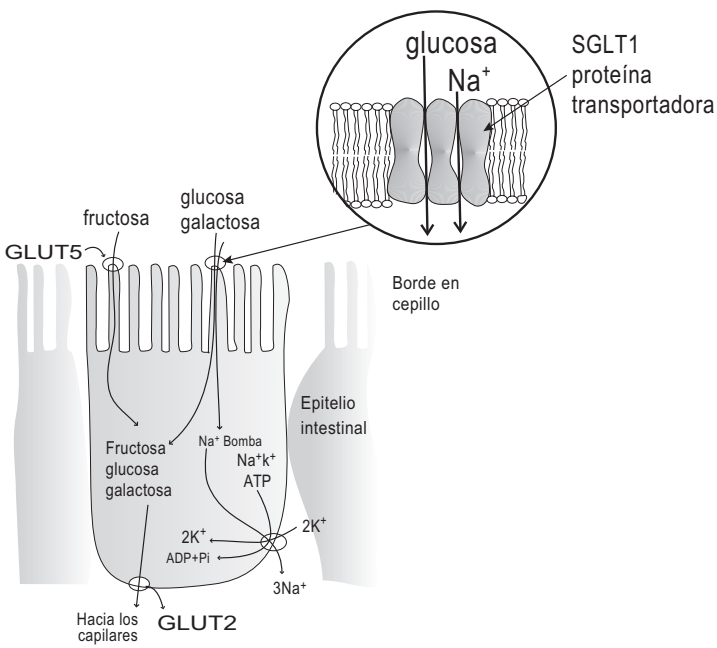
A. la cavidad oral. C. el intestino delgado.
B. el esófago. D. el intestino grueso.

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.

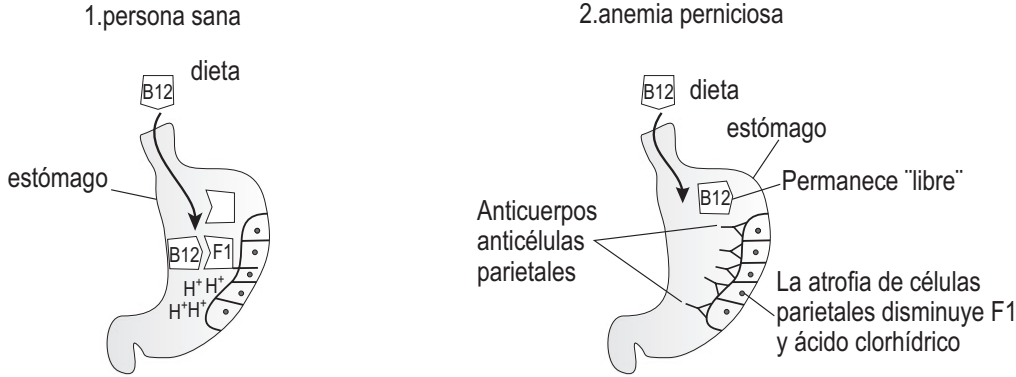
1.44. Represente con un dibujo los enterocitos y sus diferentes partes.

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.

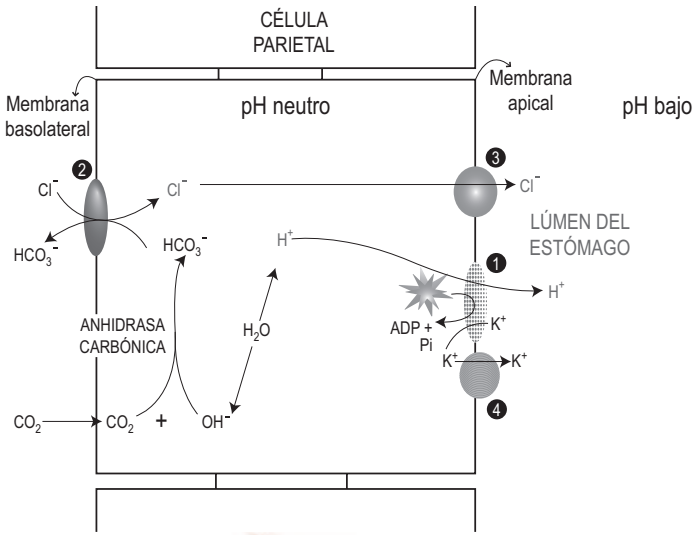
1.46. La deficiencia de cobalamida a nivel fisiológico (vitamina de origen animal) se produce por su baja ingestión, como sucede en los vegetarianos estrictos, y también por la falta del factor intrínseco que en la figura aparece como F1. Esta deficiencia causa la anemia perniciosa, genera problemas 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 B_{12}.

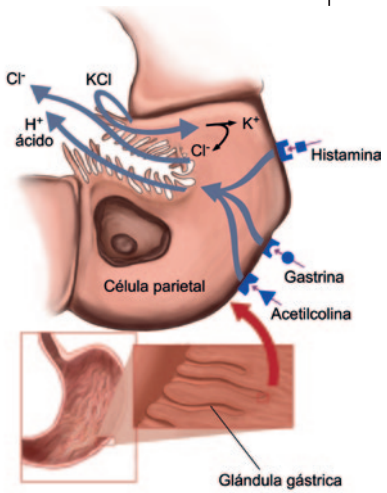
1.47. Resalte en la figura anterior (esquema del estómago), el sitio de absorción de la cobalamida.

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.

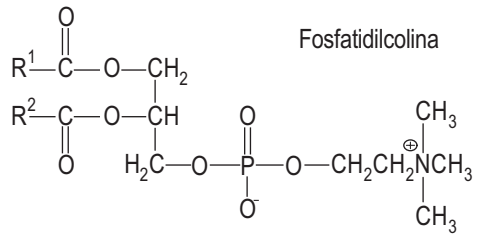
MURRAY, Robert. *et al.* Harper. Bioquímica Ilustrada. 16 ed. México: Manual Moderno, 2004. p.744.

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.
B. eritrocitos.
C. enterocitos.
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 metaboismo.

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 tricarboxílicos.
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: _____

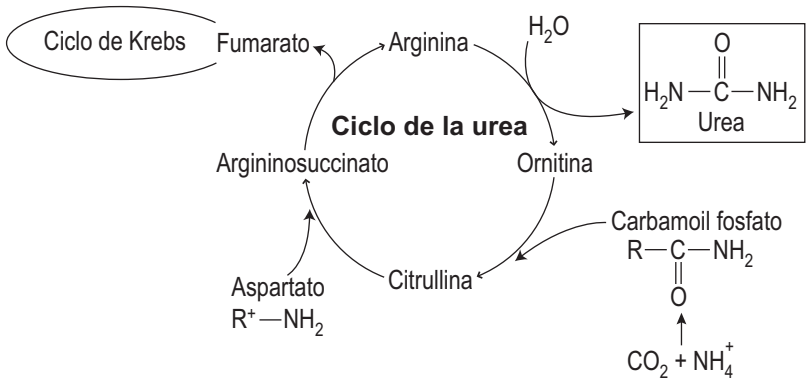
1.71. El abastecedor principal del ciclo de Krebs y su aceptor, son

1. acetil CoA.
2. succinil CoA.
3. $^{-}OOC–CH_2$-C(O)–COO^{-}.
4. $COOH – CH_2 – CH_2$ - CO~ CoA.

Respuesta: _____

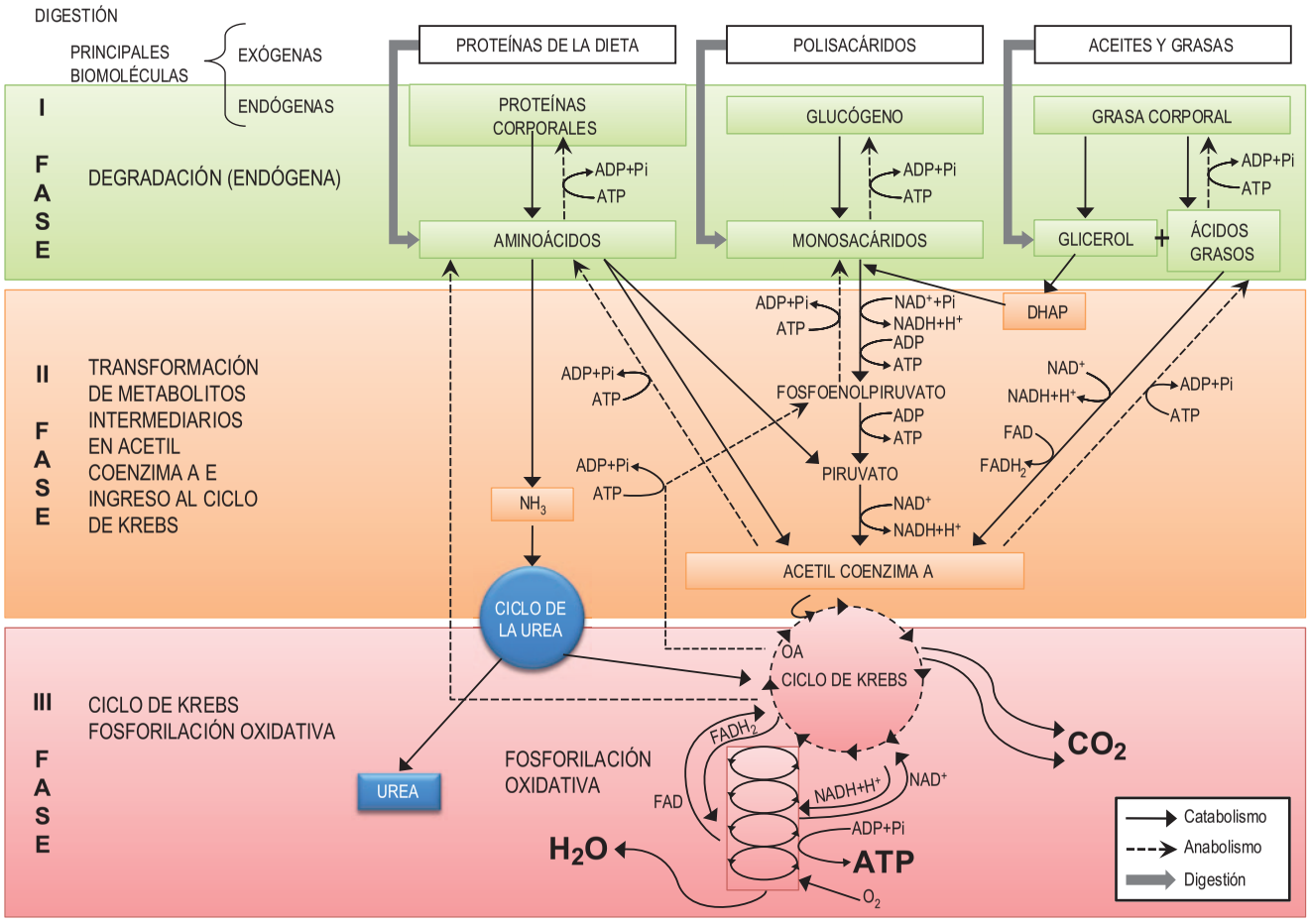
1.72. La ureogénesis es una vía metabólica

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



Respuesta: _____

FASES DEL METABOLISMO INTERMEDIO AEROBIO



CAPÍTULO

2

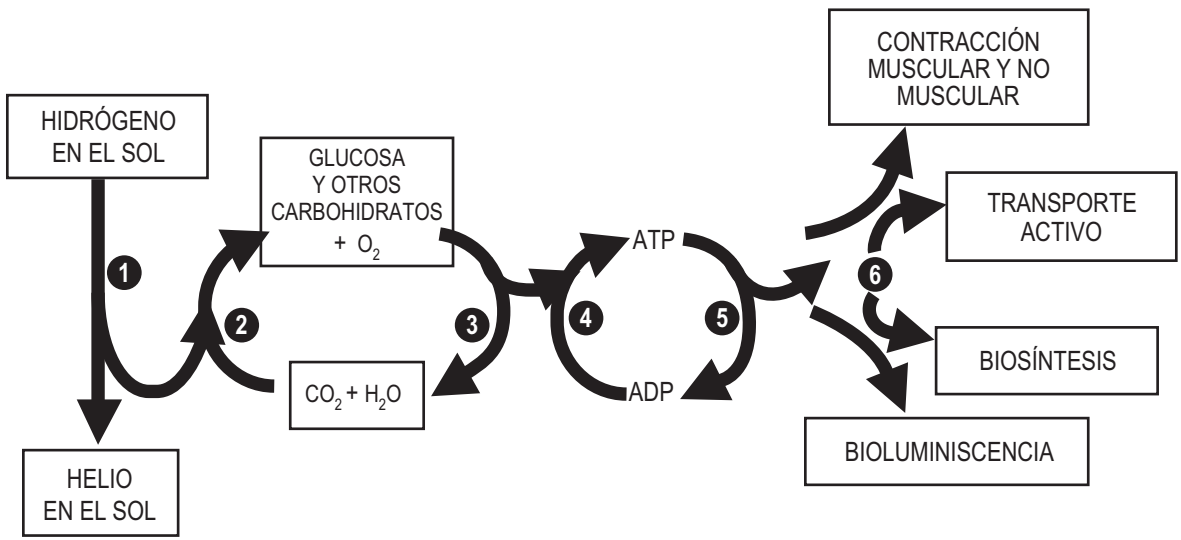
Bioenergética

2.1. Llene los espacios entre paréntesis de la columna A con los números que correspondan según los términos o conceptos escritos en la columna B.

A	B
( ) Bioenergética.	1. La transformación exergónica suministra la energía para impulsar el proceso endergónico.
( ) Principales biomoléculas combustibles.	2. $\Delta G = 0$
( ) Reacciones catabólicas.	3. Divisas universales de la energía biológica y del poder reductor, respectivamente.
( ) Función de estado.	4. Organismos que extraen la energía por oxidación de moléculas combustibles.
( ) Sustancia reducida.	5. Nucleótidos con alto potencial de transferencia de electrones o poder reductor.
( ) Productos finales de la oxidación completa de moléculas combustibles.	6. Globalmente son oxidativas y exergónicas.
( ) Entropía.	7. Energía potencialmente disponible para realizar trabajo útil.
( ) Quimiotrofos.	8. Organismos que atrapan la energía lumínica para biosintetizar moléculas combustibles.
( ) Sustancia oxidada.	9. Estudio del flujo de energía en los seres vivos.
( ) Caracteriza los procesos espontáneos y exergónicos.	10. La energía no se crea ni se destruye, solo se transforma.
( ) NADH + H^+ y $FADH_2$	11. Acepta electrones en un proceso redox.
( ) Fotótrofos.	12. Carbohidratos y triglicéridos.
( ) Mg^{+2} o Mn^{+2}	13. Molécula con un enlace tioéster rico en energía.
( ) Reacciones de acoplamiento.	14. Medida de la aleatoriedad o del desorden de un sistema.
( ) $\Delta G°'$	15. $\Delta G > 0$
( ) ATP y NADPH + H^+	16. Dióxido de carbono, agua y energía.
( ) Energía libre de Gibbs (G).	17. Solo depende de los estados final e inicial del sistema y no de la trayectoria para alcanzarlos.
( ) Coenzima A (CoASH).	18. Compuestos con alto potencial de transferencia de grupos fosforilo.
( ) Reacciones anabólicas.	19. Indispensables para la hidrólisis del ATP.

A	B
( ) Caracteriza los procesos no espontáneos y endergónicos.	20. Cambio de la energía libre de Gibbs en condiciones estándar modificadas (incluyendo pH = 7).
( ) Acetil coenzima A.	21. Cede electrones en un proceso redox.
( ) Vitamina B_2	22. Globalmente son reductoras y endergónicas.
( ) Primera ley de la termodinámica.	23. Activador energético y transportador de grupos acilo.
( ) Caracteriza los procesos en equilibrio.	24. Precursor del par redox FMN / $FMNH_2$
( ) Fosfoenolpiruvato y 1,3-bifosfoglicerato.	25. $\Delta G < 0$

Observe la figura que se presenta a continuación y desarrolle los puntos 2.2. a 2.7. con el formato de selección múltiple con única respuesta.



2.2. El título más adecuado para la figura es, flujo

A. de energía en organismos heterótrofos.
B. de energía en procesos acoplados.
C. bioenergético.
D. de energía en organismos autótrofos.

2.3. El proceso 1 corresponde a una transformación por

A. oxidación del hidrógeno.
B. fisión nuclear del hidrógeno.
C. reducción del hidrógeno.
D. fusión nuclear del hidrógeno.

2.4. El proceso 5

A. requiere de agua y solo libera un grupo fosforilo además de ADP.
B. además de ser hidrolítico libera energía, ADP y Pi.
C. no requiere de agua y solo libera Pi además de ADP.
D. además de no ser hidrolítico no libera energía, sólo ADP y Pi.

2.5. Los procesos 3 y 4 acoplan *in vivo* la

A. oxidación de carbohidratos con la hidrólisis de ATP.
B. reducción de carbohidratos con la fosforilación de ADP.
C. oxidación de carbohidratos con la fosforilación de ADP.
D. reducción de carbohidratos con la hidrólisis de ADP.

2.6. El proceso 2 se conoce con el nombre de

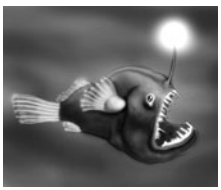
A. gluconeogénesis.
B. fotofosforilación.
C. glucogenogénesis.
D. fotosíntesis.

2.7. El numeral 6 representa el cambio en la función de estado conocida como

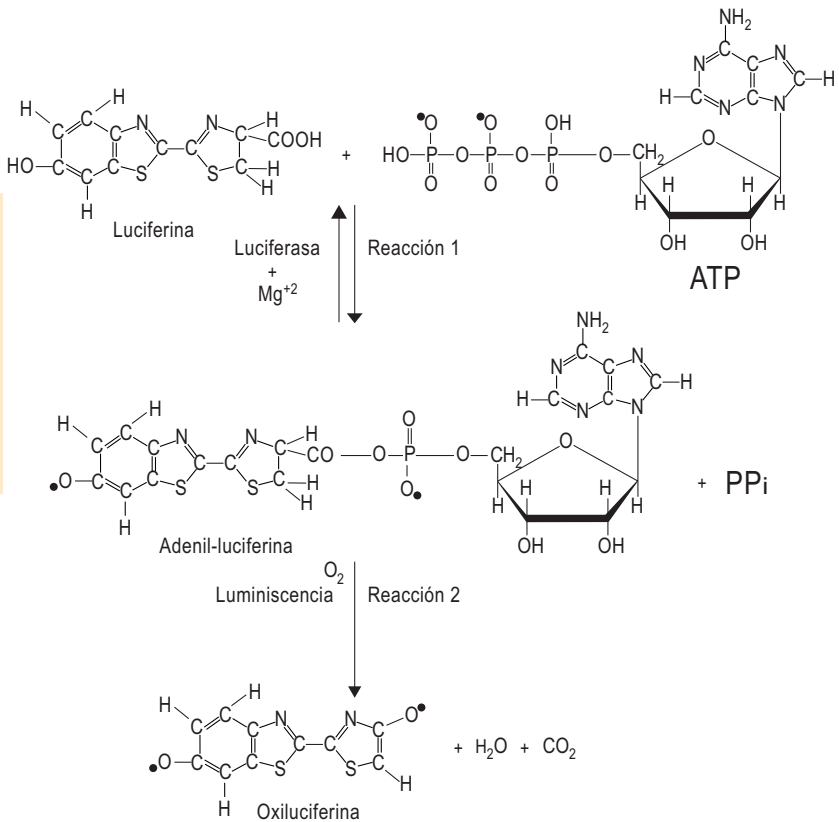
A. energía interna.
B. entalpia.
C. energía libre.
D. entropía.

2.8. La bacteria simbionte *Vibrio fischeri* que se encuentra en el pez *Melanocetus johnson*i (pejesapo abisal), emite señales que le permiten al vertebrado atraer a sus presas. Esta bacteria utiliza la energía generada en el proceso 6 haciendo un trabajo biológico que se denomina

A. transporte activo.
B. biosíntesis.
C. bioluminiscencia.
D. contracción muscular.



2.9. El organismo que tiene la capacidad de hacer emisión de luz por medio de la siguiente reacción es



A. *Argyropelecus affinis* (pez dragón o hacha de plata).
B. *Electrophorus electricus* (anguila eléctrica).
C. *Phrois volitans* (pez león).
D. *Paracanthuris hepatus* (pez cirujano).

Desarrolle los puntos 2.10. a 2.19. con el formato de selección múltiple con múltiple respuesta y consulte el Anexo de capítulo 2.1. cuando sea necesario.

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.

2.10. Las bases energéticas y estructurales que hacen que el ATP tenga un alto potencial de transferencia de grupos fosforilo, son la

1. alta diferencia de energía libre entre los productos y los reactivos.
2. estabilidad estructural de los productos de hidrólisis ADP y Pi, por resonancia.
3. alta repulsión eléctrica entre los grupos fosforilo del ATP puesto que a pH fisiológico soporta cuatro cargas negativas muy cercanas.
4. estabilidad de los productos de hidrólisis ADP y Pi, por el efecto de solvatación del agua.

Respuesta: _____

2.11. La creatina-fosfato es un donador de grupo fosforilo en vertebrados y tiene un potencial de transferencia

1. mayor que el pirofosfato.
2. igual que el acetil fosfato.
3. menor que el fosfoenolpiruvato.
4. menor que el ATP.

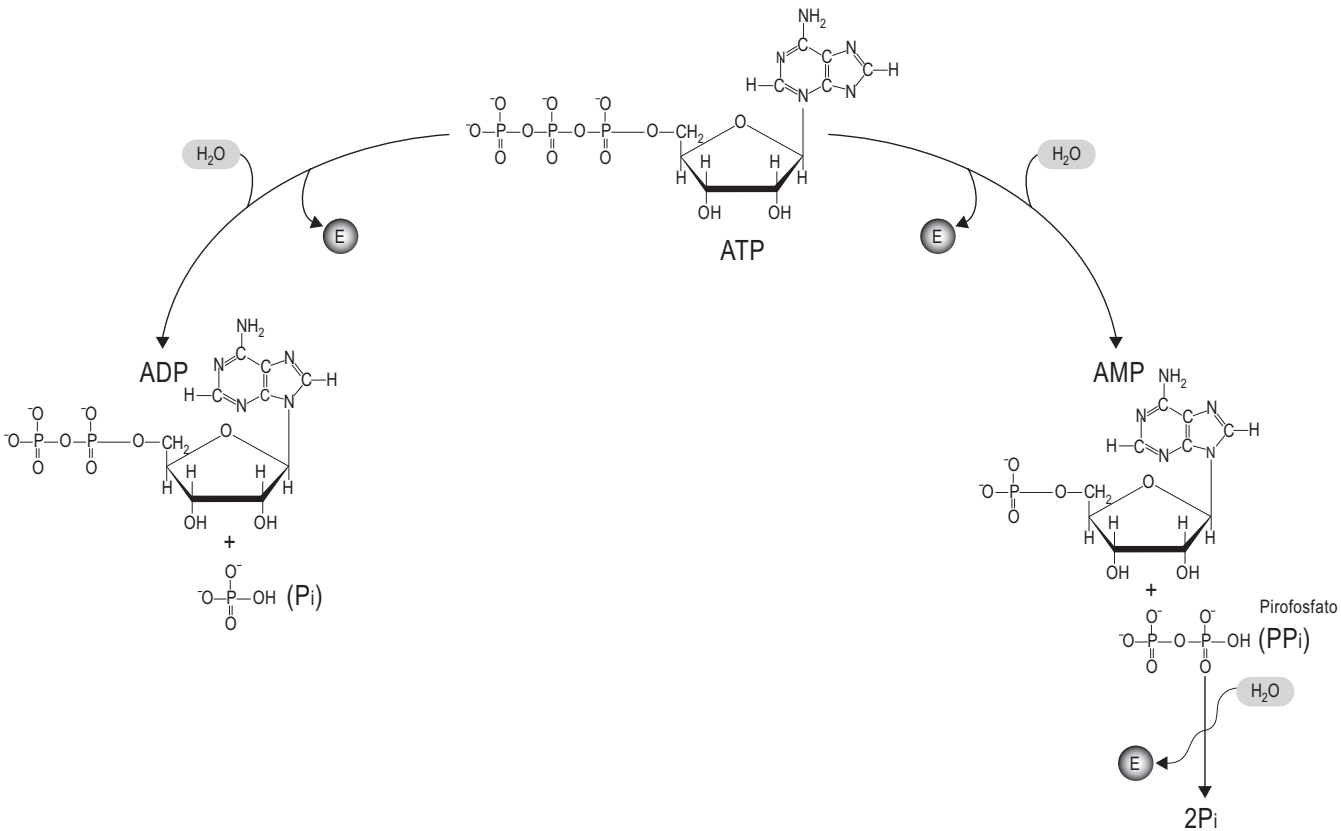
Respuesta: _____

2.12. Al someter a reacción, en condiciones estándar incluyendo pH 7, cantidades equimolares de carbamoil-fosfato y ADP, se obtiene

1. carbamoilo libre + ATP mediante un proceso endergónico.
2. carbamoilo libre + ATP mediante un proceso exergónico.
3. carbamoilo libre + ATP mediante un proceso no espontáneo.
4. carbamoilo libre + ATP mediante un proceso espontáneo.

Respuesta: _____

2.13. La figura que se presenta a continuación esquematiza la



1. hidrólisis *in vivo* de ATP hasta ADP + Pi.
2. síntesis *in vivo* de ATP a partir de ADP + Pi.
3. hidrólisis *in vivo* de ATP hasta AMP + Pi~Pi.
4. síntesis *in vivo* de ATP a partir de AMP + Pi~Pi.

Respuesta: _____

2.14. La reacción de conversión de glucosa-6-fosfato en glucosa libre más fosfato inorgánico se caracteriza por ser un proceso

1. espontáneo.
2. que genera 3,3 Kcal/mol.
3. exergónico.
4. que requiere una reacción de acoplamiento para ser termodinámicamente viable.

Respuesta: _____

2.15. Son reacciones termodinámicamente favorecidas o espontáneas a la vez que exergónicas

1. fosfoenolpiruvato + creatina → enolpiruvato +creatina-fosfato
2. glucosa-1-fosfato + creatina → creatina-1-fosfato + glucosa
3. ADP + fosfoenolpiruvato → ATP + enolpiruvato
4. enolpiruvato + creatina-fosfato → fosfoenolpiruvato + creatina

Respuesta: _____

2.16. Son reacciones no favorecidas termodinámicamente o no espontáneas a la vez que endergónicas, la transformación de

1. Pi-Pi + glucosa → glucosa-fosfato + Pi
2. carbamoil + creatina-fosfato → creatina + carbamoilo-fosfato
3. acetil-fosfato + ADP → ATP + acetilo
4. ATP + enolpiruvato → ADP + fosfoenolpiruvato

Respuesta: _____

2.17. De las siguientes reacciones, la de hidrólisis que genera mayor cantidad de energía libre y la de transferencia de fosforilo que alcanza el equilibrio, son

1. ATP + H_2O → ADP + Pi + energía
2. creatina-fosfato + H_2O → creatina + Pi + energía
3. Pi-Pi + glucosa → glucosa-P + Pi
4. creatina-P + acetilo → creatina + acetil-fosfato

Respuesta: _____

2.18. Para la reacción de transformación de glucosa-1-fosfato en glucosa-6-fosfato la cual se llevó a cabo utilizando concentraciones iniciales 1M de las dos especies químicas y que en equilibrio a 25 °C fueron $[Glucosa\text{-}1\text{-}P]_{eq}$ = 0,1 M, $[Glucosa\text{-}6\text{-}P]_{eq}$ = 1,9 M; los valores de K'_{eq} y $\Delta G^{o\prime}$ son

1. K'_{eq} = 0,05263.
2. K'_{eq} = 19.
3. $\Delta G^{o\prime}$= +7,3 kJ/mol.
4. $\Delta G^{o\prime}$= -7,3 kJ/mol.

Recuerde: ($\Delta G^{o\prime} = -2{,}303\ R*T*\log K'_{eq}$, R= 8,315 kJ/mol, T = temperatura absoluta= °C + 273, pH=7).

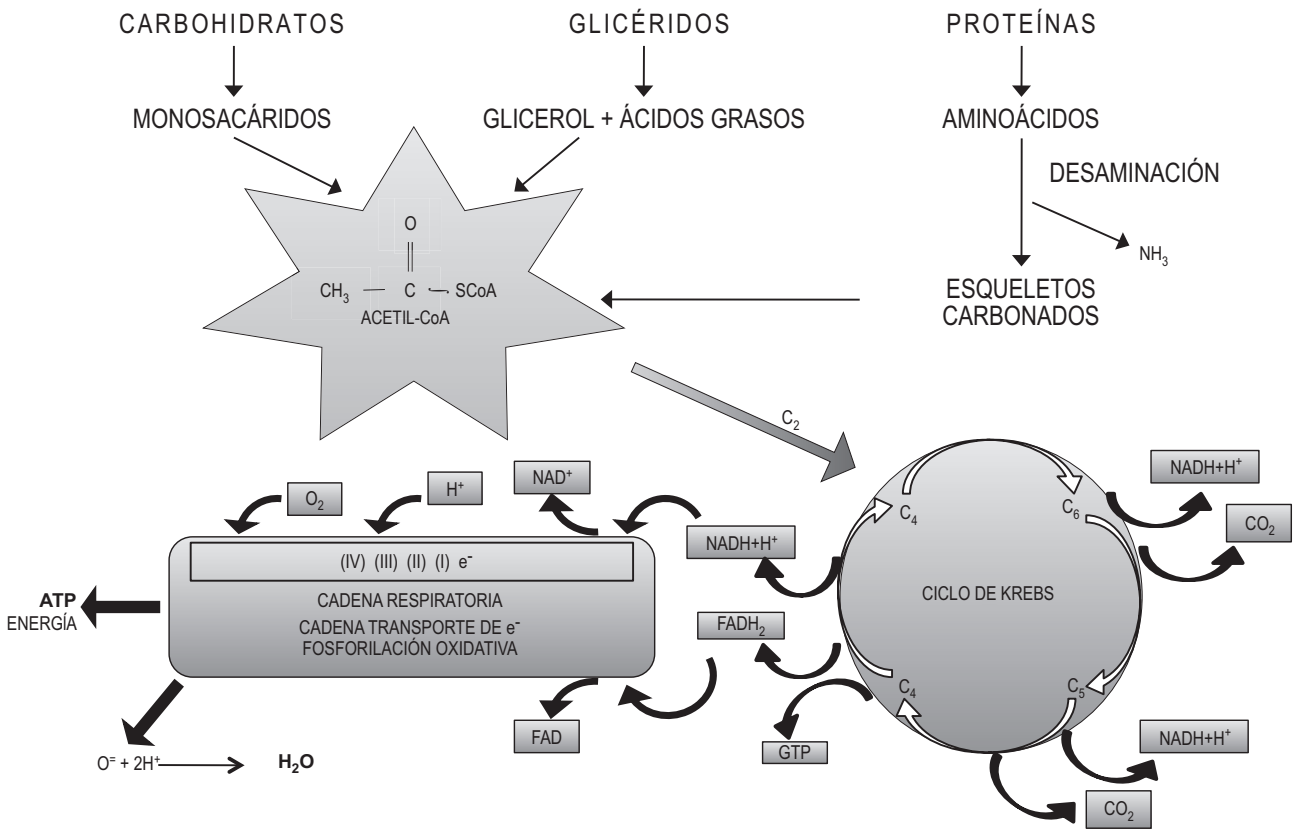
Respuesta: _____

2.19. En la transformación de glucosa-1-P en glucosa-6-P cuando las concentraciones en el equilibrio son $[Glucosa\text{-}1\text{-}P]_{eq}$ = 0,1 M, $[Glucosa\text{-}6\text{-}P]_{eq}$ = 1,9 M, es cierto que

1. se favorece la formación de glucosa-6-fosfato.
2. se liberan 7,3 Kcal/mol.
3. el equilibrio está ampliamente desplazado hacia la derecha.
4. el equilibrio esta desplazado hacia la izquierda.

Desarrolle los puntos 2.20. a 2.26. con el formato de selección múltiple con única respuesta, teniendo en cuenta el siguiente texto e ilustraciones y los anexos 2.1., 2.2. y 2.3. El diagrama representa de manera general las tres etapas del metabolismo intermediario catabólico para la extracción de energía a partir de los dos tipos principales de moléculas combustibles y de las proteínas.

ETAPAS METABÓLICAS DE LA EXTRACCIÓN DE ENERGÍA A PARTIR DE LOS NUTRIENTES FUNDAMENTALES

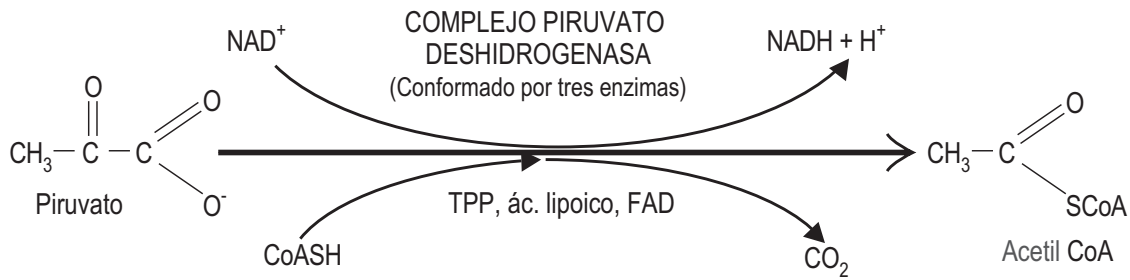


Oxidación completa de Moléculas combustibles

Moléculas combustibles + O_2 ⟶ CO_2 + H_2O + energía química en forma de ATP

Como se aprecia, en la primera fase las macromoléculas se transforman en moléculas sencillas, en la segunda las moléculas sencillas se convierten en su mayoría en acetil-coenzima A y luego en la tercera, mediante la acción conjunta del ciclo de Krebs y la fosforilación oxidativa, se completa la oxidación de la acetil-coenzima A hasta dióxido de carbono, agua y energía en forma de ATP que se genera *in situ*, según el requerimiento celular.

En el caso de los carbohidratos, la segunda fase contempla la conversión de monosacáridos a piruvato, que luego se transforma en acetil-coenzima A mediante la reacción que se representa a continuación y para la que se necesita la participación de un complejo multi-enzimático conformado por tres enzimas.



2.20. En la reacción participan estequiométricamente como nucleótidos energéticos de alto potencial de transferencia de electrones, también conocido como potencial de reducción, el par

A. $FAD/FADH_2$.

B. TPP y el ácido lipóico.

C. $NAD^+/ NADH + H^+$.

D. piruvato y la acetil-coenzima A.

2.21. El piruvato se descarboxila, se genera $NADH + H^+$ y a la vez el carbonilo se

A. reduce.

B. condensa con la coenzima A.

C. oxida.

D. mantiene inalterado.

2.22. El potencial de reducción estándar del nucleótido que se reduce, es

A. - 0,32 V.
B. - 0,60 V.
C. - 0,22 V.
D. - 0,29 V.

2.23. El TPP asiste a la enzima del complejo responsable de catalizar la reacción de

A. transferencia del grupo acetilo sobre la coenzima A.
B. descarboxilación oxidativa del piruvato.
C. regeneración de la forma oxidada de la lipoamida.
D. regeneración de la forma oxidada del FAD.

2.24. En el ciclo de Krebs, se puede apreciar que por cada mol de acetil-coenzima A que ingresa y da una vuelta completa en él, se genera la siguiente cantidad de moles de nucleótidos energéticos de alto potencial reductor y alto potencial de transferencia de fosforilo, respectivamente.

A. 3 y 1 B. 1 y 3 C. 2 y 2 D. 4 y 1

2.25. Los electrones procedentes de la oxidación de las moléculas combustibles y capturados en las formas reducidas de los nucleótidos energéticos, luego se transfieren secuencialmente a través de una serie de transportadores de electrones, que se caracterizan por tener cada vez menor poder reductor, que se evidencia por el mayor valor de potencial eléctrico, desde el NAD^+/ NADH + H^+($E°'$-0,32 V) o el FAD/$FADH_2$ ($E°'$-0,22 V) hasta el oxígeno O^2/ O^{2-} en el agua ($E°'$ 0,82V) aceptor último, con la concomitante fosforilación de ADP para generar ATP y la reducción del oxígeno molecular hasta O^{-2} que junto con los protones forma agua, completando así la respiración celular.

De esta manera la cantidad de energía que se libera en la transferencia de electrones desde un transportador al otro se puede determinar en términos de energía libre estándar $\Delta G°'$.

De acuerdo con lo anterior, calcule el valor de $\Delta G°'$ para la transferencia de electrones desde el NADH + H^+ hasta el oxígeno O_2 y deduzca si el proceso es espontáneo y exergónico o no.

Para recordar $\Delta G°' = -n*F*\Delta E°'$

Donde: n = número de electrones transferidos.

F = constante de Faraday, 96.5 $KJ*V-1*mol^{-1}$

$\Delta E°'$ = Diferencia de potencial de reducción, en voltios entre los trasportadores: $(E°'_{aceptor} - E°'_{donador})$

1. Semi-reacciones: E°´(V)

A. $\frac{1}{2}O_2 + 2\,H^+ + 2e^- \rightarrow H_2O$ 0,81

B. $NADH + H^+ \rightarrow NAD^+ + 2\,H+ + 2\,e^-$ 0,320

2. Reacción total:

$NADH + H^+ + O_2 \rightarrow NAD^+ + H_2O$ 1,136

Observe que el valor de potencial para la semireacción B es 0.320V que corresponde a la reacción de oxidación. El potencial total es la suma de los valores de cada semireacción.

También se puede calcular la diferencia de potencial eléctrico de la reacción total utilizando la expresión antes mencionada.

$\Delta E°' = 0{,}816V - (-\,0{,}32V) =$ 1,136

3. Cálculo de $\Delta G°'$

4. El proceso es espontáneo V _____ F _____

5. El proceso es exergónico V _____ F _____

2.26. Calcule el valor de ΔG°´ para la transferencia de electrones desde el $FADH_2$ hasta el oxígeno O_2 y deduzca si el proceso es espontáneo y exergónico o no.

1. Semi-reacciones: E°´(V)

2. Reacción total:

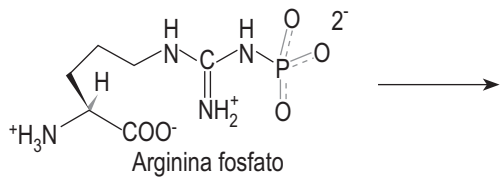
3. Cálculo de ΔG°´

4. El proceso es espontáneo V _____ F _____

5. El proceso es exergónico V _____ F _____

2.27. Un tema muy controvertido en la actualidad es el de la combustión espontánea en humanos. Consulte en internet sobre este tema y en el supuesto que existan casos reales documentados, formule una hipótesis para explicar este fenómeno, a la luz de los conceptos bioenergéticos.

2.28. La arginina-fosfato se encuentra presente en el músculo de los invertebrados. Consulte cuál es la función de este compuesto e ilustre con base en la estructura que se presenta a continuación, la ecuación química de la reacción involucrada, con los valores termodinámicos que la caracterizan.



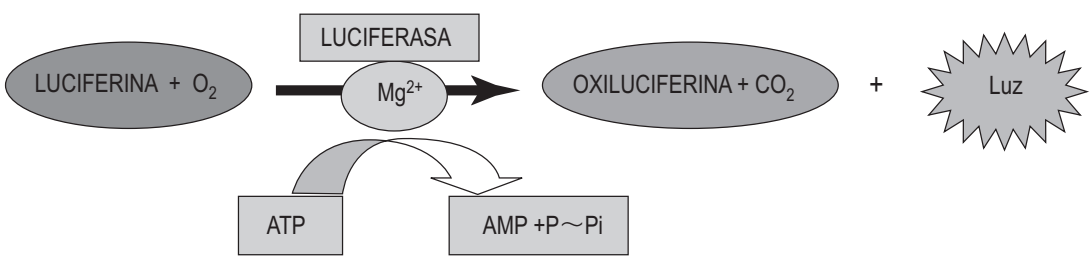
Arginina fosfato

Teniendo en cuenta el siguiente texto y la consulta sugerida, desarrolle los puntos 2.29. a 2.33.

La quimioluminiscencia es un proceso químico mediante el cual se emite radiación electromagnética normalmente en la región del visible o del infrarrojo cercano. Cuando esta emisión proviene de organismos vivos o sistemas derivados de ellos, se denomina bioluminiscencia.

En quimioluminiscencia, las reacciones generalmente dan lugar a productos en un estado electrónico excitado, los cuales al regresar al estado fundamental, emiten la energía absorbida en forma de fotones de luz.

En bioluminiscencia para que la reacción química se produzca se necesita oxígeno, una luciferina, una luciferasa y ATP (u otro nucleótido energético), de acuerdo con la siguiente ecuación.



Existe más de una docena de sistemas de bioluminiscencia conocidos, por ejemplo, los de las medusas, los camarones y algunos peces comparten el mismo tipo de luciferina. Los dinoflagelados y el krill tienen una luciferina común, mientras que las bacterias y las luciérnagas poseen químicas luminiscentes exclusivas.

Consultas sugeridas:

Quimioluminiscencia. Fosforescencia. Disponible en:

RAMÍREZ, Jennie T. Bahías bioluminiscentes. Universidad Interamericana de Puerto Rico. Recinto de Ponce.[citado 5 de mayo de 2011]. Disponible en Internet: http://cremc.ponce.inter.edu/bahia/bioluminiscencia.htm

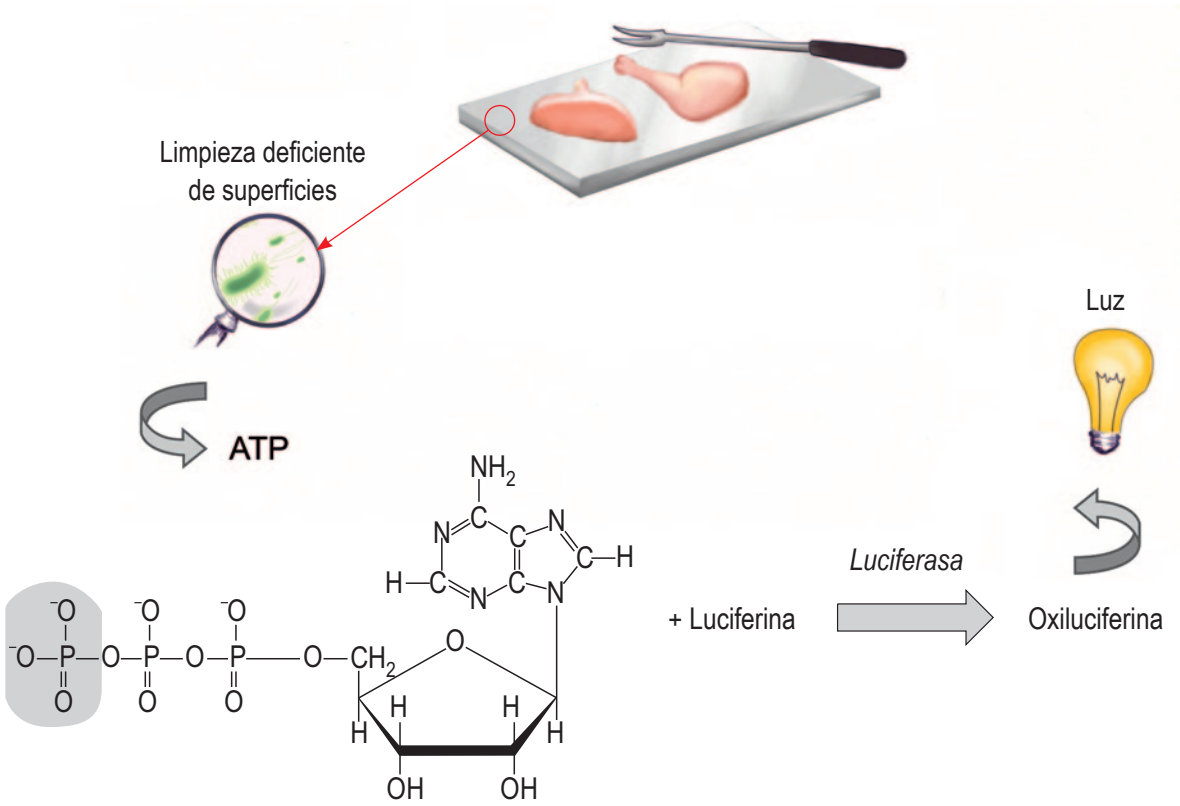
Detección de ATP mediante luminiscencia. Luminómetro UNI-LITE®. [citado 5 de mayo de 2011]. Disponible en Internet: http://virus.usal.es/Web/demo_mr/lumi_UniLite/lumi_UniLite.html#b

Bioluminiscencia en la limpieza de ordeñadoras. [citado 5 de mayo de 2011]. Disponible en Internet: http://rafaela.inta.gov.ar/revistas/Bioluminiscencia.htm

2.29. ¿Qué caracteriza estructuralmente los tipos de luciferinas y qué las diferencia?

2.30. Represente la reacción catalizada por la luciferasa de la mariposa de fuego (*fireflylucife-rasa*).

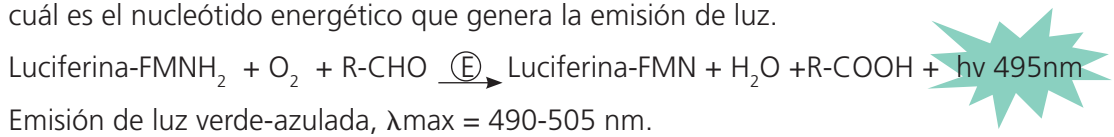
2.31. La normativa sobre Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP-Hazard Analysis and Critical Control Points) exige el monitoreo, registro y control eficiente de la limpieza y desinfección de las superficies en contacto directo con los productos alimenticios. Consulte la técnica bioluminiscente que se aplica para dar cumplimiento a esta norma.



2.32. ¿Qué aplicación tienen en biología celular y medicina las GFP (green fluorescent protein) responsables de la bioluminiscencia de la medusa *Aequorea victoria*?

(Por el estudio de identificación y aplicación de las GFP se otorgó el Premio Nobel de Química en 1998 al japonés Osamu Shimomura y a los estadounidenses Martin Chalfie y Roger Chalfie).

2.33. De acuerdo con la siguiente reacción, proponga un modelo para efectuar el monitoreo de contaminantes orgánicos en aguas utilizando la bioluminiscencia bacteriana e indique cuál es el nucleótido energético que genera la emisión de luz.



Emisión de luz verde-azulada, λmax = 490-505 nm.

E: enzima luciferasa bacteriana, una flavina mono-oxigenasa heterodimérica (αβ).

R-CHO: materia orgánica.

R-COOH: materia orgánica oxidada.

Para el proceso de absorción intestinal de glucosa por co-transporte con sodio (Na^+), desarrolle los puntos 2.34 y 2.35. Lea la siguiente información.

En el epitelio intestinal y en el de los túbulos renales contorneados proximal y distal, existen sistemas de co-transporte de glucosa acoplados a Na^+ que permiten la absorción rápida de esta molécula desde el íleo hacia la vena porta y la reabsorción en el glomérulo renal nuevamente al torrente circulatorio. Este sistema se denomina SGLT (**S**odium/ **G**lucose **T**ransporters), del cual se conocen 3 isoformas (SGTL1-3) que aprovechan el transporte del Na^+ a favor de su gradiente de concentración para generar una corriente electroquímica que produce los cambios conformacionales necesarios para la traslocación de la glucosa, en contra de su gradiente, a través de la membrana plasmática. El gradiente electroquímico de Na^+ entre la luz intestinal y la célula epitelial se mantiene gracias a la bomba de Na^+/K^+ situada en la membrana basolateral.

Consultas sugeridas:

BERMÚDEZ, Valmore, BERMÚDEZ, Fernando, ARRAIZ, Nailet *et al*. Biología molecular de los transportadores de glucosa: clasificación, estructura y distribución. AVFT. [en línea]. 2007, vol.26, no.2 [citado 5 mayo 2011], p.76-86. Disponible en la World Wide Web:<http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttex&pid=S0798-02642007000200002&lng=es&nrm=iso>.ISNN 0798-0264

ROMERO, Ingrid. *et al*. Membrana plasmática. Composición, funciones, transporte a través de la membrana, bomba sodio potasio, cootransporte Na^+-glucosa. [citado 5 de mayo de 2011]. Disponible en Internet. http://www.genomasur.com/lecturas/Guia04.htm

2.34. Consulte, analice, describa e ilustre adecuadamente las etapas del funcionamiento de la **bomba sodio-potasio (Na^+-K^+) ATPasa** que mantiene el balance electroquímico.

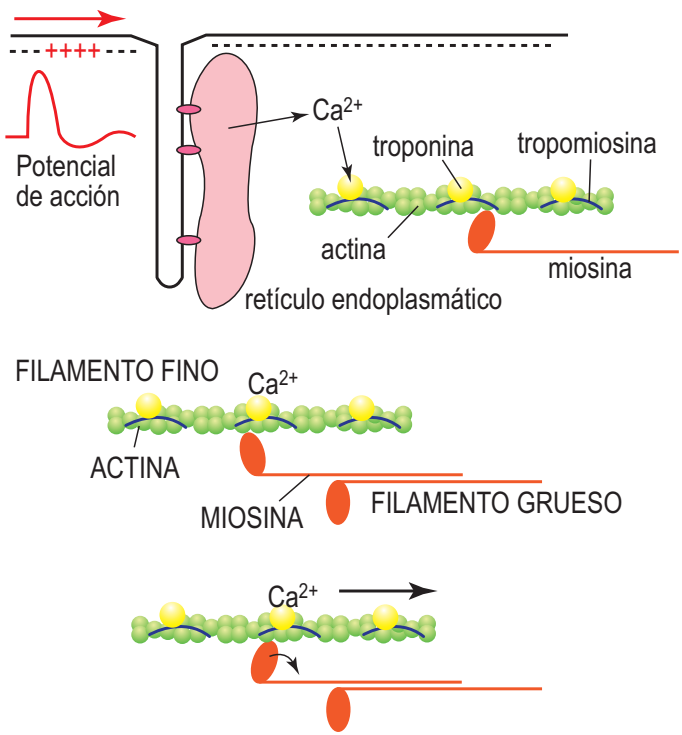
2.35. Consulte, analice, describa e ilustre adecuadamente las etapas de absorción en el borde de cepillo intestinal, de la glucosa o la galactosa (transporte activo secundario) y la fructosa.

En relación con los procesos de contracción muscular desarrolle los puntos 2.36. y 2.37. Lea la siguiente información.

El músculo esquelético es estriado y se maneja a voluntad, su movimiento ocurre por la sinapsis mioneural entre el nervio y el músculo. La neurona que interviene en este proceso se denomina **neurona motora**.

La motoneurona es una neurona mielínica cuyo axón se acerca al músculo, cuando entra en contacto con él pierde una vaina de mielina y se divide en múltiples botones terminales que contienen como neurotransmisor la **acetilcolina**.

MECANISMO DE LA CONTRACCIÓN EN EL MUSCULO ESQUELÉTICO



Adaptado de: BERG,Jeremy M; TYMOCZCO, John L y STRYER, Lubert. Bioquímica. 6 ed. Barcelona: Reverté, 2008 p.984.

Los botones terminales se introducen mediante invaginaciones al interior del músculo esquelético dando lugar a la etapa de excitación previa a la contracción.

En el músculo cardíaco y en el liso el proceso para que tenga lugar la contracción es similar, solo que en ellos los botones terminales contienen dos neurotransmisores, la acetilcolina y la catecolamina.

El potencial de acción viaja por las fibras musculares esqueléticas, en las cisternas terminales libera calcio que interactúa con las proteínas contráctiles del músculo (actina y miosina) y se produce un acortamiento de los extremos terminales que conduce a la contracción muscular, para la que también se requiere de ATP.

Consultas sugeridas:

GARCÍA VILLALÓN, Ángel Luis. Fisiología I. Contracción muscular.[citado 5 de mayo de 2011]. Disponible en Internet: http://www.uam.es/personal_pdi/medicina/algvilla//guiones/contacto.html

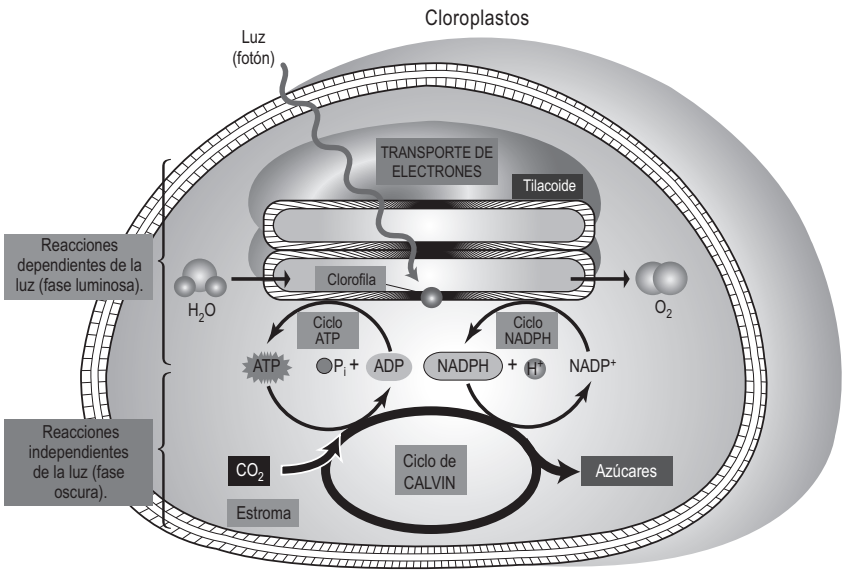
GIERI, Giovanni Alexis.Las bases de la contracción muscular. [citado 5 de mayo de 2011]. Disponible en Internet: http://gimnasiargentina.com.ar/preparacionfisica/contraccionmuscular/contraccionmuscular.html

2.36. Consulte en qué consiste el proceso de **acoplamiento** y **excitación**.

2.37. Consulte cómo interactúa el ATP con la miosina y la actina para generar la contracción muscular.

Desarrolle los puntos 2.38. a 2.43. con base en las siguientes figuras y la consulta sugerida.

Otro proceso fundamental en el flujo de energía de la biósfera es la fotosíntesis mediante la cual las plantas superiores, algunas algas, bacterias y otros organismos, capturan la luz solar y la transforman en energía química, como se muestra en la siguiente figura.

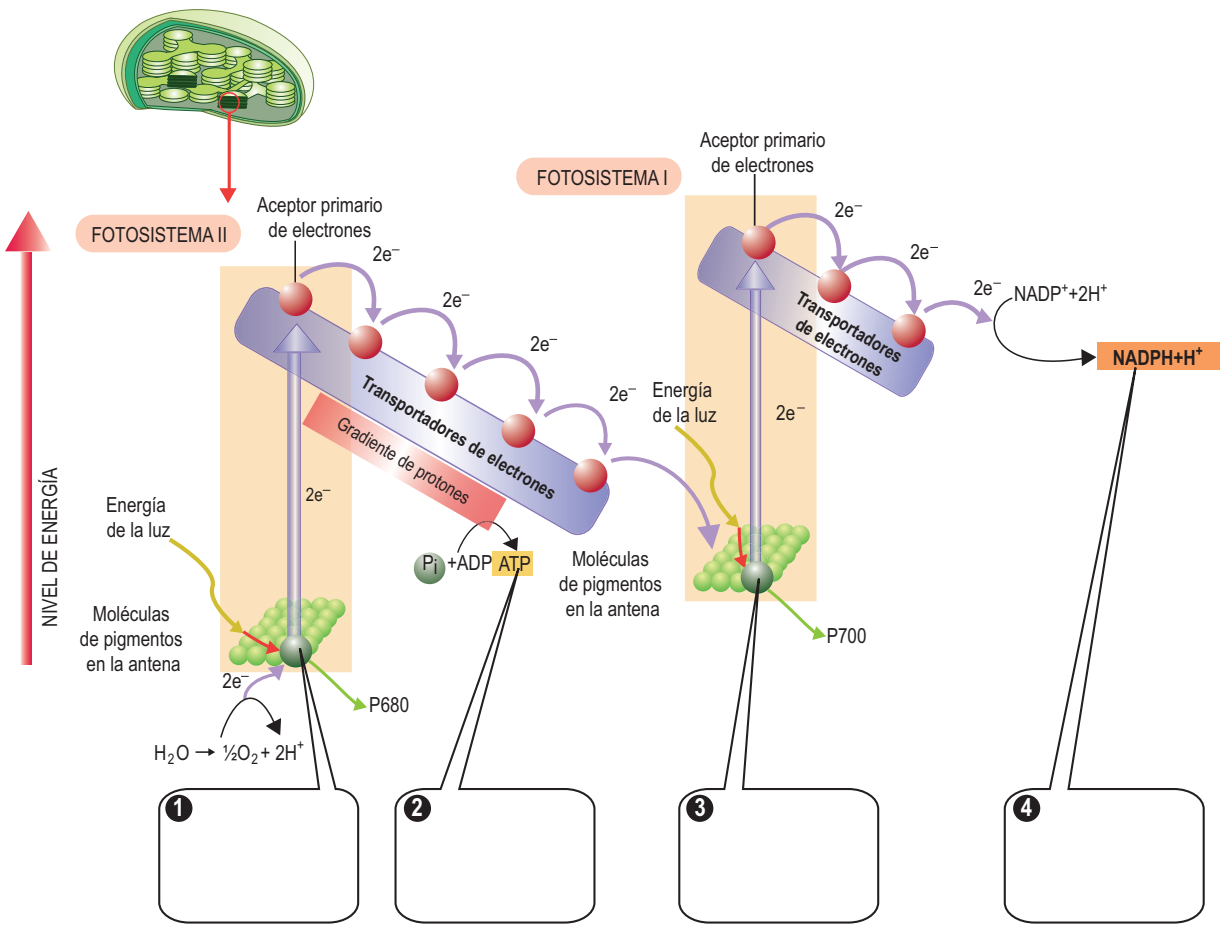


Consultas sugeridas:

CAMPBELL, Mary y FARELL, Shawn. Bioquímica. 4 ed. México: International Thomson, editores, 2004. p. 615 -640

STRYER, Lubert; TYMOCZKO, John L. y BERG, Jeremy M. Biochemestry. 5 ed. New York: H. Freeman & Co, 2001. p. 527-573

En la fotosíntesis oxigénica (generadora de oxígeno), las reacciones dependientes de la luz, fase luminosa, involucran dos fotosistemas como se aprecia a continuación.



2.38. ¿Cuáles son los componentes de los fotosistemas I y II que se indican en la figura?

2.39. Describa con el lenguaje químico adecuado las etapas de la fase luminosa que se representan en los recuadros 1, 2, 3 y 4 de la figura.

1.
2.
3.
4.

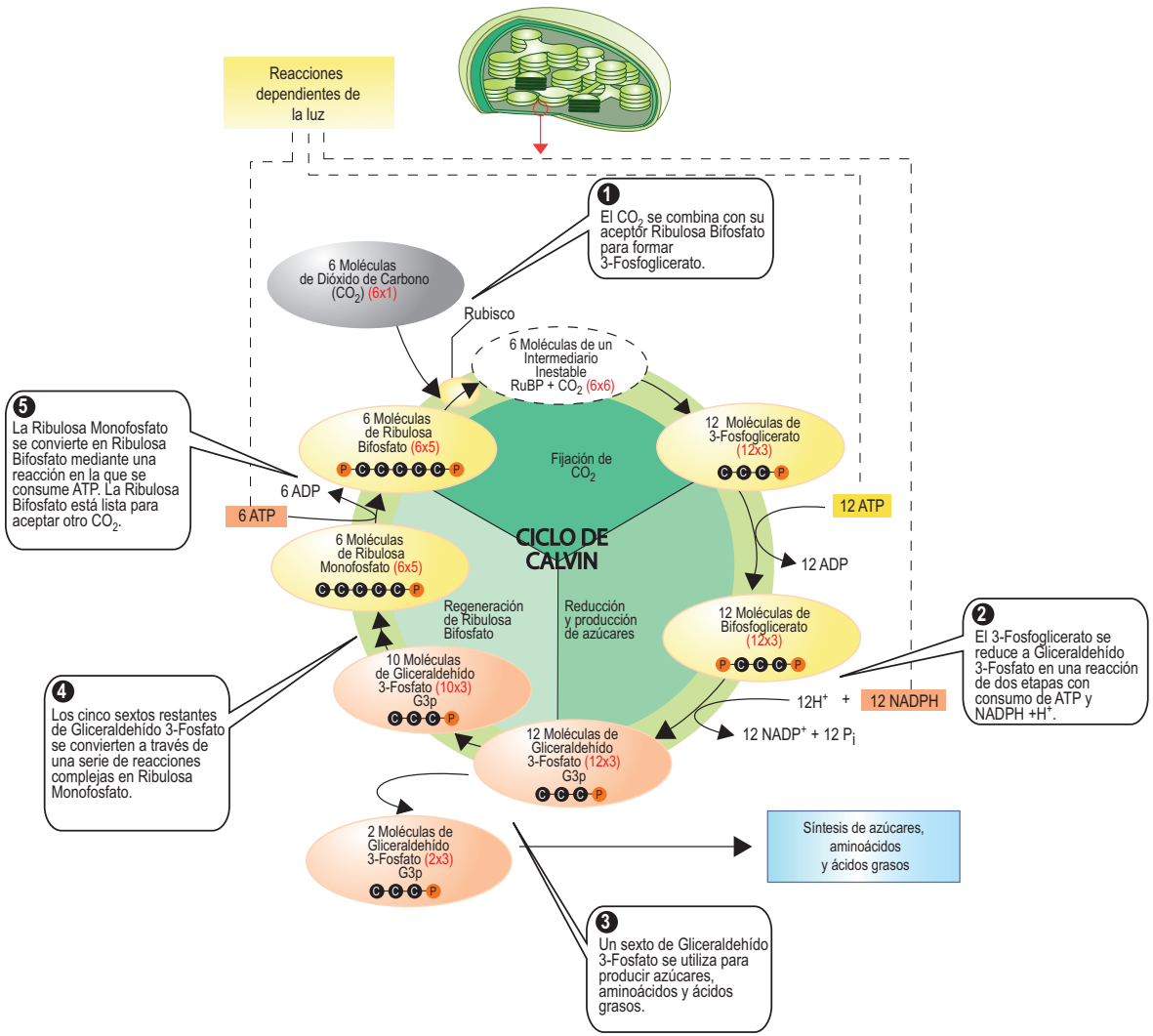
2.40. ¿Cuál fotosistema realiza la fotólisis que conduce a la oxidación del oxígeno del agua?

2.41. ¿Cuál fotosistema está involucrado directamente en la producción del nicotinadenosín dinucleótido fosfato reducido?

2.42. ¿Cuál es la semejanza en el proceso químico entre la etapa 2 de la fase luminosa y la respiración celular?

2.43. ¿Cuál es la ecuación química neta de la fase luminosa?

Las reacciones no dependientes de la luz, también conocidas como ciclo de Calvin, utilizan los nucleótidos energéticos producidos en la fase luminosa para hacer biosíntesis de carbohidratos, como se observa a continuación. Con base en la figura y la consulta bibliográfica desarrolle los puntos 2.44. a 2.46.



2.44. Describa de manera concisa las tres etapas del ciclo de Calvin.

1. Fijación de CO_2.
2. Producción de azúcares.
3. Regeneración de RuBP.

2.45. Plantee la ecuación química balanceada de la reacción neta que ocurre en el ciclo de Calvin, para la formación de un mol de glucosa.

2.46. ¿Por qué el NADPH + H^+ se considera el agente reductor en los procesos de biosíntesis? Relacione su función en el ciclo de Calvin.

2.47. Consulte la relación entre el ATP y el AMPc en los procesos de señalización celular.

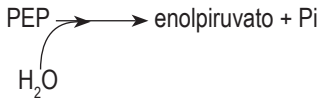
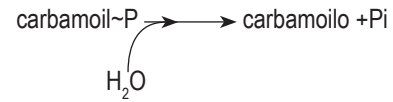
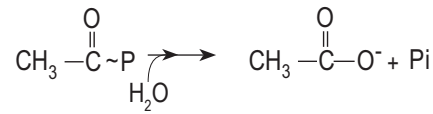
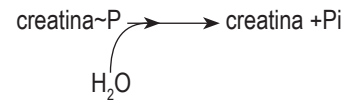
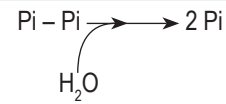
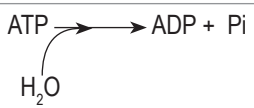
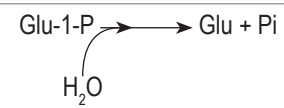
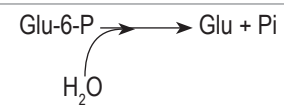
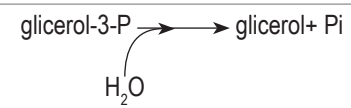
2.48. Consulte sobre la participación del ATP como dador de mononucleótidos en la síntesis de ácidos nucleicos.

2.49. Las coenzimas nucleotídicas derivadas de las vitaminas B_2, B_3 y B_5 actúan en reacciones redox y en transferencia de grupos acilo. Represente sus fórmulas estructurales y resalte el nucleótido ADP.

2.50. Revise la glucólisis y resalte en esta ruta los dos pasos de activación de carbohidratos, con consumo de ATP, necesarios para el catabolismo de azúcares.

ANEXO 2.1.

ENERGÍA LIBRE DE HIDRÓLISIS (△G°′ DE HIDRÓLISIS) DE ALGUNOS BIOCOMPUESTOS FOSFORILADOS

COMPUESTO	REACCIÓN	ΔG°' (Kcal/mol)	ΔG°' (kJ/mol)
PEP Fosfoenolpiruvato		-14,8	
Carbamoil-fosfato		-12,3	
Acetil-fosfato		-10,3	
Creatina-fosfato		-10,3	
Pirofosfato		-8,0	
ATP Adenosintrifosfato		-7,3	
Glu -1-P Glucosa-1-fosfato		-5,0	
Glu -6-P Glucosa-6-fosfato		-3,3	
Glicerol-3-P Glicerol-3-fosfato		-2,2	

Nota: complete la tabla con los valores de ΔG°′ expresados en kJ/mol.

ANEXO 2.2.

ALGUNAS COENZIMAS DERIVADAS DE LAS VITAMINAS Y SU FUNCIÓN

VITAMINA	COENZIMA	COENZIMA DE
B_1: Tiamina	TPP (Pirofosfato de tiamina)	Descarboxilasas, transcetolasas, transaldolasas.
B_2: Riboflavina	FMN/$FMNH_2$ (Flavín mononucleótido) FAD/$FADH_2$ (Flavín adenosín dinucleótido)	Óxido–reductasas, hidrogenasas, deshidrogenasas.
B_3: Niacina*1	NAD^+/ NADH + H^+ (Nicotín adenosín dinucleótido) $NADP^+$/NADPH + H^+ (Nicotín adenosín dinucleótido–fosfato)	Óxido–reductasas, hidrogenasas, deshidrogenasas.
B_5: Acido pantoténico o pantotenato	CoA (CoA-SH) (Coenzima A)	Transferasas de grupos acilo: (transacilasas).
B_6: Piridoxal	Piridoxal–Fosfato (PLP)	Transferasas de grupos amino, liasas, racemasas y otros.
B_8: Biotina	Biotinil–proteína	Carboxilasas enzimas que fijan CO_2
B_9: Ácido fólico	THF (tetrahidrofolato)	Transferasas de una unidad de carbono (C).
B_{12}: cobalamina*2	5´-desoxiadenosilcobalamina (mitocondria). Metilcobalamina (citoplasma)	Transferasas, isomerasas de grupos metilo y amino.
Vitamina C	Ascorbato	Óxido–reductasas, Monooxigenasas.
Acido lipóico*3	Lipoamida	Transferasas de grupos acilo y óxido-reductasas.

*1 se puede sintetizar a partir de triptófano.

*2 la principal función está en el proceso hematopoyético.

*3 algunos autores no lo consideran factor vitamínico.

BIESALKI, Konrad y GRIMM, Peter. Nutrición, texto y atlas. Madrid: Panamericana, 2007, p. 192.
KOOLMAN, Jan y ROHM, Klaus. Bioquímica. Texto y Atlas. 3 ed. Madrid: Panamericana, 2004.p.

ANEXO 2.3.

POTENCIALES DE REDUCCIÓN ESTÁNDAR DE ALGUNAS REACCIONES DEL METABOLISMO

Semirreacción de Reducción	$E^{o'}$ (V)
$½O_2 + 2H^+ + 2e^- \longrightarrow H_2O$	0,816
$Fe^{3+} + e^- \longrightarrow Fe^{2+}$	0,771
$NO_3^- + 2H^+ + 1e^- \longrightarrow NO_2^- + H_2O$	0,420
Ferricianuro / Ferrocianuro $Fe(CN)_6^{3-} + 1\ e^- \longrightarrow Fe(CN)_6^{4-}$	0,360
Cit $a_3(Fe^{3+}) + e^- \longrightarrow$ Cit $a_3(Fe^{2+})$	0,350
$½\ O_2 + H_2O/H_2O_2$	0,300
Cit $a(Fe^{3+}) + e^- \longrightarrow$ Cit $a(Fe^{2+})$	0,290
Cit $c(Fe^{3+}) + e^- \longrightarrow$ Cit $c(Fe^{2+})$	0,254
Cit $c_l(Fe^{3+}) + e^- \longrightarrow$ Cit $c_l(Fe^{2+})$	0,220
Crotonil-CoA / Succinil-CoA CH_3-CH=CH-C(O)-CoA $+2e^- + 2H^+ \longrightarrow CH_3$-$CH_2$-$CH_2$-C(O)-CoA	0,190
CoenzimaQ• /CoenzimaQH_2 CoQH • + $H^+ + e^- \longrightarrow$ CoQH_2	0,190
Metahemoglobina/hemoglobina	0,170
Ácido dehidroascórbico / ácido ascórbico	0,080
CoenzimaQ / CoenzimaQH_2 CoQ $+ 2H^+ + 2e^- \longrightarrow$ CoQH_2	0,060
Cit $b_H(Fe^{3+}) + e^- \longrightarrow$ Cit $b_H(Fe^{2+})$	0,050
Fumarato $+ 2H^+ + 2\ e^- \longrightarrow$ Succinato	0,031
CoQ $+ H^+ + e^- \longrightarrow$ CoQH •	0,030
Azul de metileno ox. / Azul de metileno red.	0,010
FAD+ $2H^+ + 2e \longrightarrow FADH_2$	0,003-0,091*
Cit $b_L(Fe^{3+}) + e^- \longrightarrow$ Cit $b_L(Fe^{2+})$	-0,100
Oxalacetato / Malato $^-$OOC-C(O)-CH_2COO^- $+ 2H^+ + 2e^- \longrightarrow$ $^-$OOC-CH(OH)-CH_2COO^-	-0,166

* Valores típicos de la reducción del enlace del FAD en las flavoproteínas como la succinato deshidrogenasa.

Semirreacción de Reducción	$E^{o'}$ (V)
Piruvato / Lactato CH_3-C(O)- COO^- + 2 H^+ + 2 e- ⟶ CH_3-CH(OH)- COO^-	-0,185
Acetaldehído/Etanol CH_3-CHO + 2 H^+ + 2 e^- ⟶ CH_3-CH_2-OH	-0,197
FMN + 2H^+ + 2 e^- ⟶ $FMNH_2$	-0,219
FAD + 2H^+ + 2 e^- ⟶ $FADH_2$	-0,219
Glutatión oxidado(GSSG) + 2H^+ + 2e^- ⟶ 2 Glutatión reducido(GSH)	-0,230
Acetoacetato / β-hidroxibutirato CH_3-C(O)-CH_2-COO^- + 2 H^+ + 2 e^- ⟶ CH_3-CH(OH)-CH_2-COO^-	-0,270
I,3-Bisfosfoglicerato/ Gliceraldehído-3-fosfato P~O-CH_2-CH(OH)-COO~P + 2 H^+ + 2 e^- ⟶ P~O-CH_2-CH(OH)-CHO + P_i	-0,290
Lipoico oxidado/Lipoico reducido HS-$(CH_2)_2$-CH(SH)-$(CH_2)_4$-COO^- + 2 H^+ + 2e^- ⟶ CH_2-CH_2-CH-$(CH_2)_4$-COO^- S — S	-0,290
NAD^+ + 2H^+ + 2 e^- ⟶ NADH + H^+	-0,320
$NADP^+$ + 2H^+ + 2 e^- ⟶ NADPH + H^+	-0,320
α-Cetoglutarato / Isocitrato -OOC-C(O)$CH_2CH_2COO^-$ + CO_2 + 2H^+ + 2e^- ⟶ $^-$OOC-CH(OH)-CH-CH_2-COO^- COO^-	-0,380
Ferredoxina oxidada./Ferredoxina reducida.	-0,420
Succinato / α-Cetoglutarato $^-$OOC-$CH_2CH_2COO^-$ + CO_2 + 2H^+ + 2e^- ⟶ $^-$OOC-C(O)$CH_2CH_2COO^-$ + H_2O	-0,670

CAMPBELL Mary K. y FARRELL O. Shawn. Bioquímica. 4 ed. México: International Thomson editores, 2004. p. 548.

CAPÍTULO

3

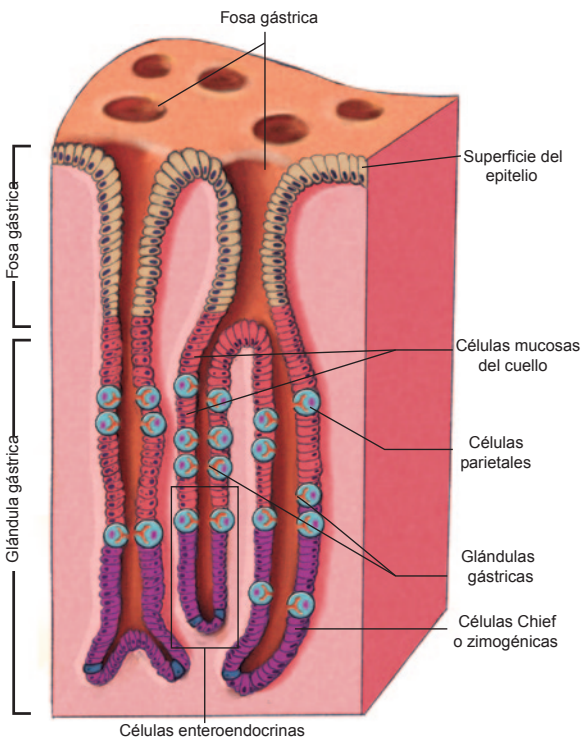
Catabolismo de proteínas

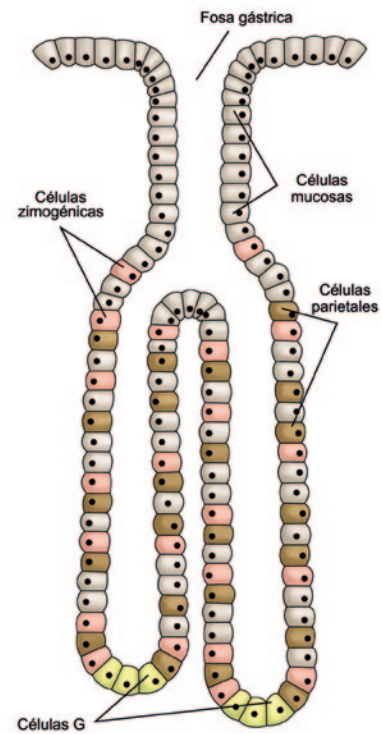
El conjunto de aminoácidos libres presentes en las células, en el fluido extracelular y en el torrente sanguíneo del organismo humano, procede fundamentalmente de tres fuentes: la digestión de las proteínas de la dieta, la degradación de las proteínas corporales y la biosíntesis de aminoácidos no esenciales a partir de intermediarios del metabolismo.

Para los procesos mencionados anteriormente, desarrolle los puntos 3.1. a 3.20. con el formato de selección múltiple con única respuesta.

3.1. La ingestión de proteínas estimula en la mucosa gástrica del estómago la secreción de una hormona que a su vez promueve la producción y excreción de pepsinógeno por las células principales y de ácido clorhídrico por las parietales. Dicha hormona recibe el nombre de

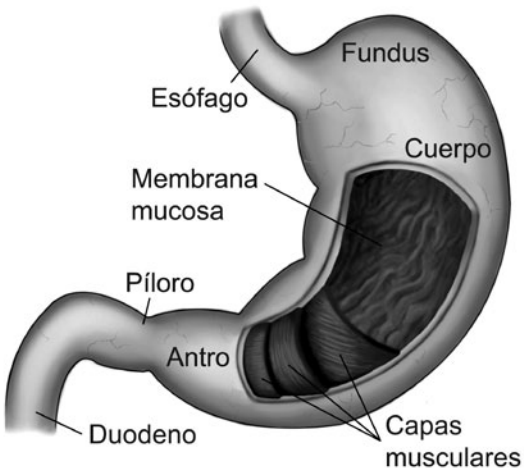
A. adrenalina.
B. glucagón.
C. secretina.
D. epinefrina.





3.2. El ácido clorhídrico secretado por las células parietales hace que el pH en el fundus y en el antro del estómago alcance un valor entre

A. 5-6
B. 3-4
C. 2-3
D. 1-2



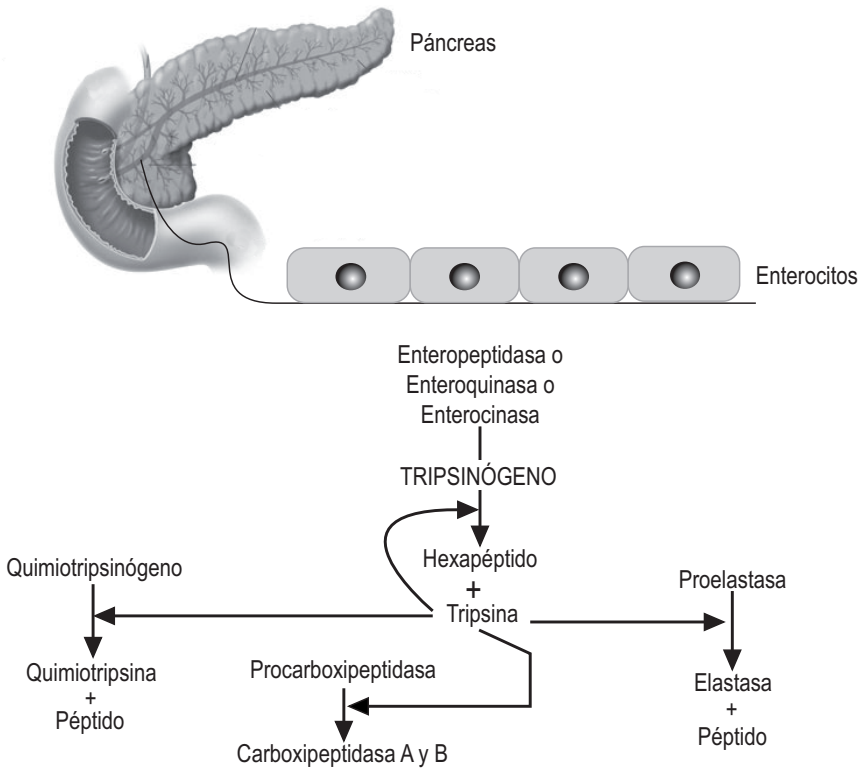
3.3. En relación con la digestión de las proteínas, el ácido clorhídrico secretado en el estómago tiene principalmente la función de

A. desdoblar las proteínas globulares haciendo que los enlaces peptídicos sean más accesibles a la hidrólisis enzimática.
B. iniciar la hidrólisis de los enlaces peptídicos de la mayoría de las proteínas ingeridas.
C. inactivar algunas enzimas proteolíticas mediante la protonación de los residuos de aminoácidos básicos.
D. neutralizar las proteínas de carácter básico que se hayan ingerido.

3.4. Algunas de las funciones del ácido clorhídrico en el estómago son

A. emulsificar los lípidos e hidrolizar los enlaces entre lípidos y proteínas.
B. desnaturalizar las proteínas y actuar como bactericida.
C. emulsificar solo los triglicéridos e hidrolizar los enlaces éster de estos.
D. desnaturalizar las proteínas y actuar como agente de superficie de estas.

Teniendo en cuenta el siguiente esquema y la consulta bibliográfica necesaria, desarrolle los puntos 3.5. a 3.9. con el formato de selección múltiple con única respuesta.



3.5. La única peptidasa que **no** se activa por la acción de la tripsina es

A. carboxipeptidasa A.
B. elastasa.
C. quimotripsina
D. pepsina A.

3.6. Las enzimas digestivas de la figura solo están activas en su lugar de destino, la luz del intestino delgado, por un mecanismo de regulación conocido como

A. modificación covalente.
B. proteólisis limitada.
C. inhibición alostérica.
D. inhibición por retroalimentación.

3.7. La enteropeptidasa se encuentra disponible en

A. la secreción pancreática.

B. los jugos gástricos.

C. en los enterocitos.

D. la secreción salival.

3.8. Consulte la secuencia de aminoácidos del hexapéptido que se elimina para la activación del tripsinógeno.

_____

3.9. De las enzimas mencionadas en la figura, las que tienen un mecanismo de catálisis por formación de intermediarios covalentes son _____, _____ y _____, que se denominan _____ porque el aminoácido relacionado forma el enlace covalente en el sitio activo.

Los términos adecuados para completar el párrafo anterior son

A. tripsina, quimiotripsina y elastasa / serinaproteasas.

B. carboxipeptidasa A, carboxipeptidasa B y tripsina / aspárticoproteasas.

C. enteropeptidasa, enteroquinasa y elastasa / metaloproteasas.

D. tripsinógeno, enterocinasa y carboxipeptidasa B / cisteínaproteasas.

3.10. La tripsina

A. es una exopeptidasa.

B. se activa a pH ácido.

C. cataliza la hidrólisis de enlaces peptídicos en donde participan aminoácidos básicos.

D. se produce en su forma activa en el páncreas.

3.11. La primera enzima que actúa en la digestión de las proteínas de la dieta en el humano es la

A. tripsina. B. pepsina B. C. carboxipeptidasa A. D. quimotripsina.

3.12. De las siguientes enzimas la única que **no** se sintetiza en el páncreas es la

A. amilasa. B. fosfatasa alcalina. C. lipasa. D. tripsina.

3.13. El pepsinógeno secretado por las células principales se convierte en la forma activa de la enzima mediante la escisión de **42** residuos de aminoácidos a partir del extremo N-terminal. La pepsina, enzima activa, cataliza la hidrólisis de enlaces peptídicos como se indica en el anexo 3.1. De acuerdo con esta información, un péptido sustrato para esta enzima es

A. Ala-$(Val)_{12}$-$(Ile)_{30}$-Arg-Lis-$(Ile)_{30}$-His-Arg.

B. Glu-$(Val)_{15}$-$(Pro)_{35}$-Arg-$(Ile)_{29}$-His-Asp.

C. Trp-$(Cis)_{10}$-$(Val)_{30}$-Pro-Leu-$(Ile)_{30}$-Tir-Pro.

D. Cis-$(Pro)_{14}$-$(Met)_{40}$-Asp-Thr-$(Fen)_{50}$-His-Trp.

3.14. La acidez del quimo al llegar al duodeno desencadena la movilización de la secretina al flujo sanguíneo la cual estimula la descarga pancreática de _____ que neutraliza la acidez. Igualmente la presencia de algunos aminoácidos en la primera porción del intestino delgado causa la liberación al flujo sanguíneo de la hormona _____ que promueve la descarga por el ducto pancreático de enzimas proteolíticas con actividad óptima a pH superior a 7.

Las frases o términos adecuados para completar el párrafo anterior son

A. buffer de fosfatos de pH 7 / adrenalina.

B. bicarbonato de sodio en solución acuosa / colecistoquinina.

C. buffer de proteínas / norepinefrina.

D. solución de hidróxido de sodio diluida / vasopresina.

3.15. La tripsina, quimotripsina y elastasa descargadas por el páncreas al intestino delgado son

A. enzimas proteolíticas que se caracterizan por ser exopeptidasas.

B. zimógenos que al activarse se caracterizan por ser endopeptidasas.

C. enzimas proteolíticas que se caracterizan por ser endopeptidasas.

D. zimógenos que al activarse se caracterizan por ser exopeptidasas.

3.16. Una de las enzimas proteolíticas que el páncreas descarga al intestino delgado cataliza la hidrólisis de los enlaces peptídicos por el lado C de la lisina y la arginina siempre y cuando el siguiente aminoácido en la secuencia **no sea** prolina. De acuerdo con la información previa, la enzima y los productos de su actividad catalítica sobre el siguiente péptido son respectivamente

Ala-$(Val)_4$-Met-Lis-Fen-Trp-Arg-$(Met)_5$-Gli-Tir-Arg-Pro-Fen-$(Ile)_3$-Glu

A. quimotriopsina y Ala-$(Val)_4$-Met / Lis-Fen-Trp-Arg-$(Met)_5$-Gli –Tir –Arg / Pro-Fen-$(Ile)_3$-Glu.

B. carboxipeptidasa A y Ala-$(Val)_4$-Met-Lis / Fen-Trp-Arg/$(Met)_5$-Gli-Tir / Arg-Pro-Fen-$(Ile)_3$-Glu.

C. proelastasa y Ala-$(Val)_4$-Met / Lis-Fen-Trp / Arg-$(Met)_5$-Gli-Tir / Arg-Pro-Fen-$(Ile)_3$-Glu.

D. tripsina y Ala-$(Val)_4$-Met-Lis / Fen-Trp-Arg / (Met)5-Gli-Tir-Arg-Pro-Fen-$(Ile)_3$-Glu.

3.17. Los péptidos pequeños se hidrolizan en el intestino delgado por la acción catalítica de las carboxipeptidasas A y B que escinden secuencialmente los carboxiaminoácidos terminales que tienen cadenas aromáticas o alifáticas ramificadas y los básicos respectivamente. Por lo tanto, en su orden son sustratos de estas dos enzimas,

A. Lis-Glu-Pro-Met-Arg y Ile-Glu-Pro-Met –Lis.

B. Ile-Glu-Pro-Met-Lis y Arg-Glu-Pro-Met-Fen.

C. Val-Glu-Pro-Met-Val y Ile-Fen-Val-Met-Trp.

D. Met-Pro-Lis-Fen y Arg-Pro-Gli-His.

3.18. Las aminopeptidasas y las carboxipeptidasas son exopeptidasas que participan en la digestión de las proteínas y escinden secuencialmente a partir de los residuos N-terminal y C-terminal, respectivamente. Sin embargo, las primeras se encuentran en el _____ mientras que las segundas proceden del _____.

Los términos más adecuados para completar el párrafo anterior son

A. borde de cepillo del intestino delgado / páncreas.

B. íleon / borde de cepillo del intestino delgado.

C. colon / páncreas.

D. borde de cepillo del intestino delgado/ íleon.

3.19. Los tres sitios en donde ocurre la digestión final de las proteínas hasta aminoácidos son

A. la boca, el estómago y el colon.
B. la luz intestinal, el borde de cepillo y el citoplasma de las células de la mucosa intestinal.
C. la boca, el estómago y el páncreas.
D. la luz intestinal, el borde de cepillo y el citoplasma de las células hepáticas.

3.20. La mayoría de los α-L-aminoácidos se transfieren desde la luz del intestino hacia al interior de las células de la mucosa intestinal por

A. difusión simple.
B. endocitosis.
C. cotransporte con Na^+.
D. difusión facilitada.

3.21. Los dipéptidos y los tripéptidos pasan de la luz del intestino a los enterocitos por

A. endocitosis.
B. cotransporte con Na^+.
C. pinocitosis.
D. un sistema de transporte ligado a H^+.

3.22. Los aminoácidos transportados hacia el interior de las células mucosas del intestino delgado y los producidos allí por hidrólisis intracelular de dipéptidos y tripéptidos, se acumulan en ellas y de ahí pasan a la sangre de la vena porta mediante

A. endocitosis.
B. cotransporte con Na^+.
C. difusión simple o facilitada.
D. cotransporte independiente de Na^+.

3.23. Los únicos péptidos pequeños conocidos que pasan a la sangre de la vena porta directamente son los provenientes de la gelatina, ricos en prolina e hidroxiprolina, y los procedentes de ciertas carnes que contienen

A. carnosina y anserina.
B. arginina y triptófano.
C. ornitina y citrulina
D. carnitina y colina.

3.24. Los lactantes absorben una pequeña cantidad de proteínas sin digerir, los anticuerpos proteínicos provenientes del calostro materno, los cuales pasan de la luz del intestino delgado a las células mucosas y luego de estas pasan a la vena porta, respectivamente por

A. transporte activo y difusión simple.
B. endocitosis y exocitosis.
C. difusión simple y transporte activo.
D. exocitosis y endocitosis.

Para desarrollar los puntos 3.25. a 3.31. utilice 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.

3.25. La vida media de las proteínas celulares es muy variable, desde pocos minutos hasta varios días o años, aspecto que constituye un factor importante en los mecanismos de regulación celular. En las células eucariotas las dos rutas principales de proteólisis ocurren vía

1. ubiquitina-proteasoma.
2. proteoglucogenolítica.
3. lisosómica.
4. proteolipolítica.

Respuesta: _____

3.26. La ubiquitina es un

1. polisacárido que marca selectivamente las proteínas que se degradan en el lisosoma.
2. polipéptido que marca selectivamente las proteínas que se degradan en el proteasoma.

3. polisacárido marcador de proteínas citosólicas y nucleares para una proteólisis rápida.
4. polipéptido que marca proteínas citosólicas y nucleares para una proteólisis rápida.

Respuesta: _____

3.27. En los lisosomas

1. se realiza la degradación de proteínas extracelulares de manera no selectiva.
2. la baja disponibilidad de nutrientes estimula la autofagia de las proteínas.
3. las proteínas citosólicas ingresan para su degradación debido a la autofagia.
4. hay una gran variedad de proteasas y otras enzimas que hacen digestión celular.

Respuesta: _____

3.28. El proteasoma es un complejo multienzimático que

1. cataliza la proteólisis a nivel celular.
2. está conformado por proteasas.
3. degrada proteínas diana marcadas por poliubiquitinación.
4. se encuentra dentro del lisosoma.

Respuesta: _____

3.29. La mayoría de proteínas del organismo se degradan y biosintetizan continuamente. En personas adultas sanas bien alimentadas, diariamente ocurre la hidrólisis y re-síntesis de 300 – 400 g de proteína corporal. Este proceso

1. se conoce como recambio de proteínas.
2. ocurre solo en minutos u horas en proteínas reguladoras o mal plegadas.
3. en la mayoría de las proteínas celulares, que son las de larga vida, puede tomar días o semanas.
4. en proteínas estructurales, metabólicamente estables como el colágeno, puede durar semanas o años.

Respuesta: _____

3.30. En la célula los aminoácidos procedentes de diferentes fuentes, se pueden utilizar no solo para hacer recambio sino también para sintetizar otros metabolitos y extraer energía; en estos dos últimos casos se pueden transformar mediante reacciones de

1. los radicales R.
2. descarboxilación.
3. transaminación.
4. desaminación oxidativa.

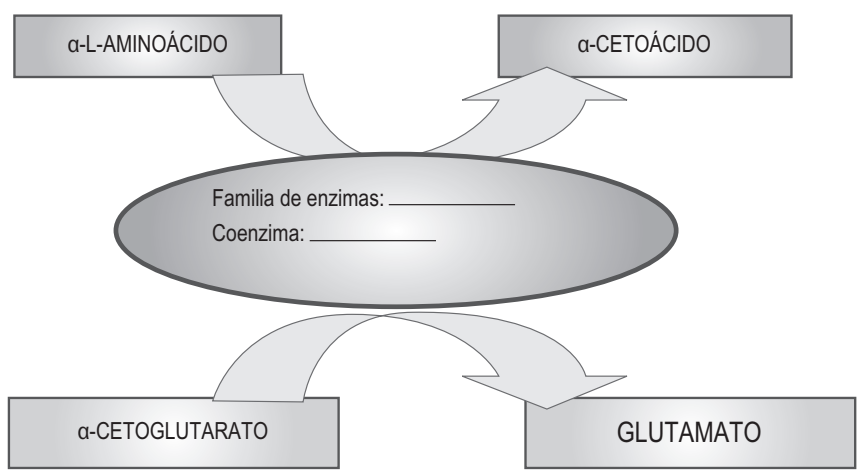
Respuesta: _____

3.31. Algunos de los aminoácidos se descarboxilan

1. para dar esencialmente aminas.
2. a la vez que pierden el grupo α-amino.
3. para producir neurotransmisores.
4. para convertirse esencialmente en α-cetoácidos.

Respuesta: _____

La figura que se presenta a continuación, ilustra esquemáticamente la primera etapa del catabolismo de la mayoría de los aminoácidos, con base en ella desarrolle los puntos 3.32. a 3.37. con el formato de selección múltiple con única respuesta.



3.32. La reacción sobre el α-L-aminoácido es de

A. desaminación.
B. carboxilación.
C. transaminación.
D. descarboxilación.

3.33. La familia de enzimas que efectúan la catálisis se conoce con el nombre de

A. desaminasas.
B. carboxilasas.
C. descarboxilasas.
D. transaminasas.

3.34. La mayoría de enzimas que catalizan la reacción sobre los diferentes α-L-aminoácidos son dependientes de

A. NAD^+.
B. piridoxal fosfato.
C. TPP.
D. biotinil~proteínas.

3.35. Cuando el sustrato de la reacción es el 2-metil-2-L-amino-propanoato (Ala), el metabolito que se produce y el nombre de la enzima que efectúa la catálisis, son respectivamente

A. α- cetoglutarato (2-ceto pentanodioato) / GLT (glutamato transaminasa).
B. glutamato (2-L-amino-pentanodioato) / GLT (glutamato transaminasa).
C. alanina (2-metil-2-L-amino-propanoato) / ALT (alanina aminotransferasa).
D. piruvato (2-ceto-propanoato) / ALT (alanina amino transferasa).

3.36. Si la enzima que realiza la catálisis es la ALT (alanina aminotransferasa, denominada en años anteriores como alanina transaminasa), el sustrato y el producto en su orden son

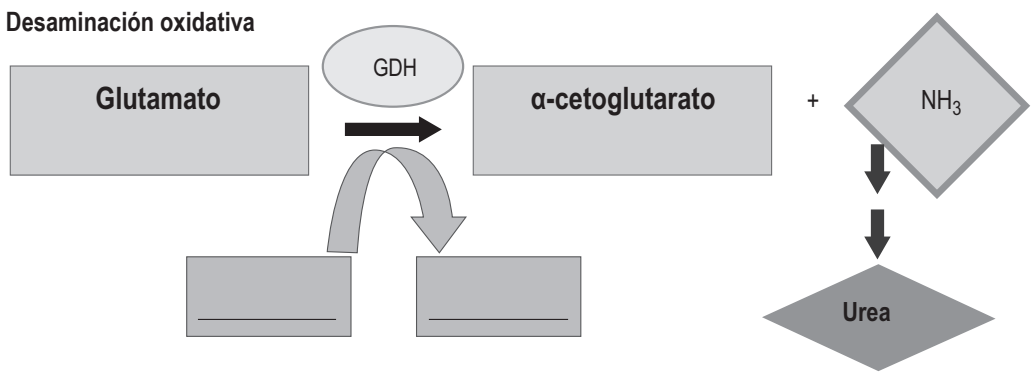
A. glutamato / oxalacetato.
B. alanina / piruvato.
C. α-cetoglutarato / alanina.
D. oxalacetato / piruvato.

3.37. El papel fundamental del α-cetoglutarato en el catabolismo de los aminoácidos consiste en aceptar

A. los electrones y los protones que se movilizan en la reacción.
B. el grupo amino de los sustratos para convertirse en glutamato.
C. el grupo carboxilo de los sustratos para convertirse en un α-cetoácido diferente.
D. los radicales del carbono alfa de los sustratos para producir un α-aminoácido diferente.

En los hepatocitos el glutamato que se produce en la primera etapa del catabolismo de algunos aminoácidos se transporta del citosol a la mitocondria en donde tiene lugar la desaminación oxidativa; también puede servir como donador de grupos amino en la síntesis de aminoácidos no esenciales.

Analice los dos esquemas, complételos con los nombres y estructuras que faltan según el caso y desarrolle con base en ellos, los puntos 3.38. a 3.43. con el formato de selección múltiple con única respuesta.



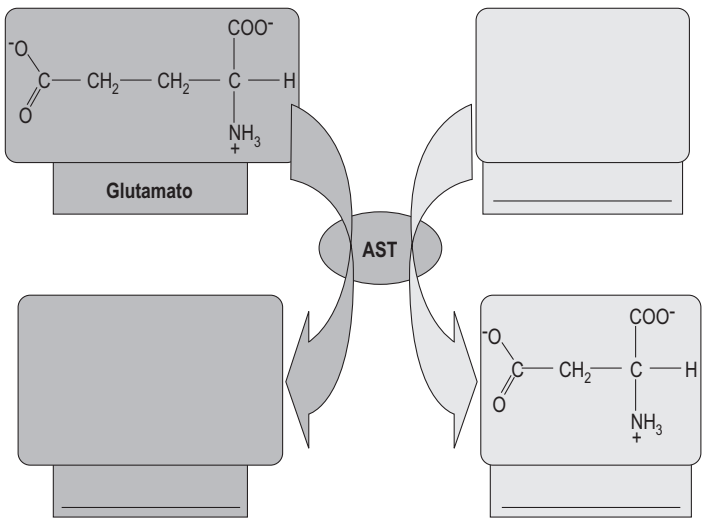
3.38. En la desaminación oxidativa el glutamato se convierte en α-cetoglutarato y amoníaco por la acción catalítica de la enzima GDH (glutamato deshidrogenasa) que es dependiente de los nucleótidos cuyas siglas son

A. NAD^+ o FAD.
B. $NADP^+$ o FMN.
C. NAD^+ o $NADP^+$.
D. $NADP^+$ o TPP.

3.39. Los pares redox de los nucleótidos que participan con la GDH en la reacción de desaminación del glutamato son

A. $NADH + H^+$ a NAD^+ y FMN a $FMNH_2$
B. NAD^+ a $NADH + H^+$ y $NADP^+ + NADPH + H^+$
C. $NADPH + H^+$ a $NADP^+$ y FAD a $FADH_2$
D. $NADPH + H^+$ a $NADP^+$ y $NADH + H^+$ a NAD^+

El glutamato como donador de grupos amino en la biosíntesis de aminoácidos no esenciales



3.40. La AST es una enzima que pertenece al grupo _____ identificadas como _____ y recibe el nombre de _____.

Los términos que completan el párrafo anterior son

A. uno / oxidoreductasas / aspartato tiolhidrogenasa.
B. dos / transferasas / aspartato aminotransferasa.
C. tres / hidrolasas / aspartato tiolasa.
D. cuatro / liasas / aspartato succinato hidratasa.

3.41. El segundo esquema ilustra la biosíntesis de

A. glutamato.
B. oxalacetato.
C. aspartato.
D. α-cetoglutarato.

3.42. El amoníaco que se produce por transdeaminación, acción combinada de la aminotransferasa y la glutamato-deshidrogenasa, de la mayoría de los aminoácidos o por la desaminación oxidativa directa de otros, es altamente tóxico para los tejidos de origen animal. En consecuencia la célula lo reutiliza inmediatamente si lo requiere, o lo desecha.

De acuerdo con lo anterior la permanencia del amoníaco en los tejidos es muy corta y los excedentes se eliminan como urea en la mayoría de _____, ácido úrico en _____ o directamente como NH_3 en organismos acuaticos.

Los términos correctos para completar los espacios en blanco son respectivamente

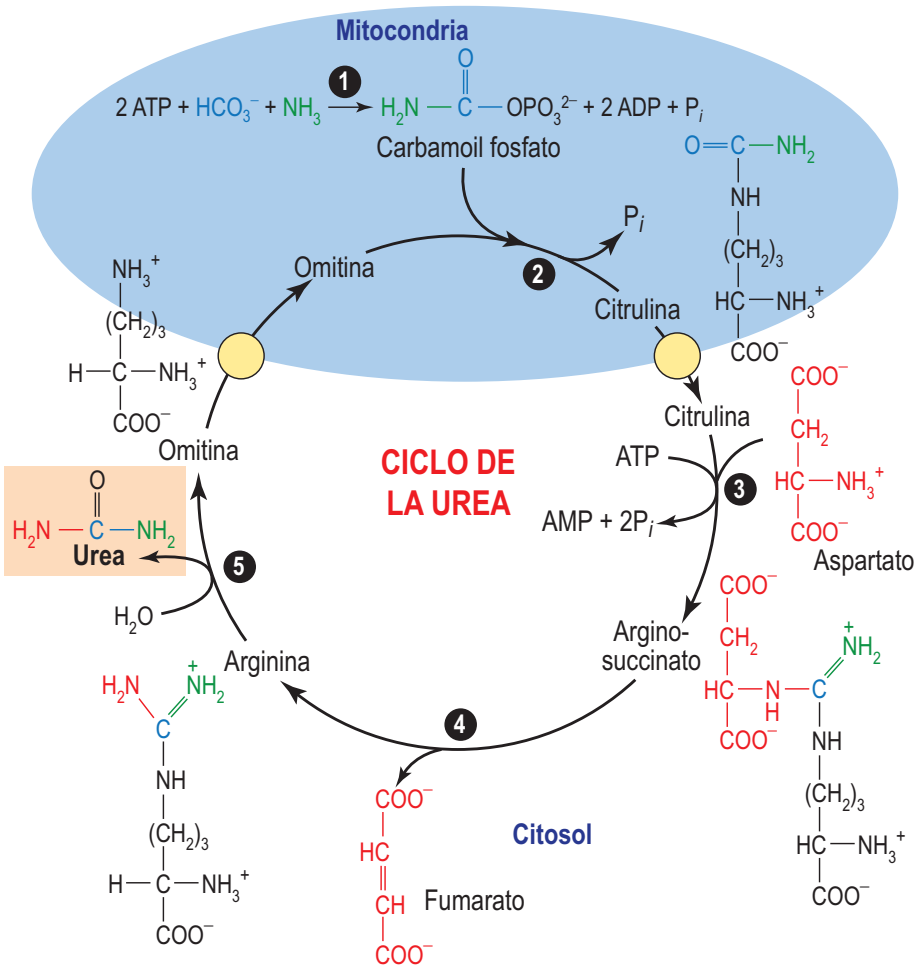
A. las aves y reptiles / mamíferos.
B. los mamíferos / peces y aves.
C. las aves y mamíferos / peces.
D. los mamíferos / aves y reptiles.

3.43. Por descarboxilación los aminoácidos se convierten esencialmente en

A. α-cetoácidos que son tóxicos.
B. aminas que en su mayoría tienen actividad como neurotransmisores.
C. glutamato que es fundamental para las reacciones de transaminación.
D. aspartato que es indispensable para la lanzadera malato-aspartato.

Los puntos 3.44. a 3.51. hacen referencia al ciclo de la urea; para su desarrollo utilice 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.



3.44. En los organismos ureotélicos el amoníaco se deposita en las mitocondrias de los hepatocitos y se convierte en urea. En este ciclo

1. las dos primeras reacciones a partir del amoníaco ocurren en la matriz mitocondrial.
2. las reacciones posteriores a la segunda transcurren en el citosol.
3. la citrulina es el producto de la transferencia del grupo carbamoilo sobre la ornitina.
4. la condensación del aspartato y la citrulina requiere de la acción de una liasa.

Respuesta: _____

3.45. Dentro de los metabolitos de la ureogénesis se encuentran

1. α-L-aminoácidos proteicos.
2. α-cetoácidos.
3. α-L-aminoácidos no proteicos.
4. β-cetoácidos.

Respuesta: _____

3.46. En la primera reacción del ciclo, el amoníaco intramitocondrial reacciona con el dióxido de carbono procedente de la respiración celular para producir carbamoil-fosfato. La enzima carbamoil fosfato sintetasa I

1. se activa alostéricamente por el ATP.
2. pertenece al grupo seis.
3. pertenece al grupo cuatro.
4. se activa alostéricamente por el N-acetil glutamato.

Respuesta: _____

3.47. En la reacción 3 el segundo grupo amino que ingresa al ciclo procede del aspartato que

1. se produce en la mitocondria por transaminación.
2. se condensa con la citrulina para producir argininsuccinato.
3. consume el equivalente energético de dos enlaces ricos en energía del ATP para reaccionar con la citrulina.
4. se exporta al citosol para continuar el ciclo.

Respuesta: _____

3.48. Mediante las reacciones 4 y 5 del ciclo

1. el argininosuccinato se convierte en arginina y fumarato.
2. el fumarato se hidrata por la acción catalítica de una liasa.
3. la arginina se hidroliza en el citoplasma para formar ornitina y urea.
4. la arginina se condensa con el fumarato para regenerar la ornitina.

Respuesta: _____

3.49. Para la producción de una molécula de urea en el ciclo se necesitan

1. dos grupos amino.
2. una molécula de CO_2 en la forma de ion bicarbonato.
3. tres moléculas de ATP que aportan el equivalente energético de 4 enlaces ricos en energía.
4. dos moléculas de agua.

Respuesta: _____

3.50. Con base en la reacción global del ciclo de la urea se puede concluir que

$CO_2 + NH_3 + 3\ ATP + aspartato + H_2O \longrightarrow urea + 2\ ADP + 4\ Pi + AMP + fumarato$

1. es una vía metabólica anabólica.
2. es una vía metabólica catabólica.
3. produce un metabolito de desecho.
4. produce un intermediario para la síntesis de nucleótidos.

Respuesta: _____

3.51. En los animales ureotélicos cerca de un 15 % de la energía procedente de los aminoácidos se pierde en la producción de urea. Algunos animales compensan esta perdida, por ejemplo los bovinos, mediante la transferencia de la urea al rumen donde los microorganismos la utilizan como fuente de amoníaco en la síntesis de aminoácidos. Los seres humanos

disminuyen el costo energético de la producción de urea a través de la interconexión con el ciclo de Krebs, que

1. ocurre porque el metabolito oxalsuccinato se convierte en succinato mediante las reacciones del ciclo de Krebs con la producción de 2 moles de ATP y así se compensa parcialmente el gasto energético.
2. se conoce como biciclo de Krebs o vías metabólicas cíclicas entrelazadas.
3. también se denomina ruta doble del fumarato-oxalacetato.
4. hidrata al fumarato y lo convierte en L-malato, luego este se oxida produciendo NADH + H^+ que en la fosforilación oxidativa genera 2,5 moles de ATP.

Respuesta: _____

3.52. El flujo de nitrógeno a través del ciclo de la urea depende de la composición de la dieta, así una alimentación

1. pobre en proteínas generará gran cantidad de urea por la degradación de los aminoácidos para utilizar los esqueletos carbonados en la producción de energía.
2. rica en proteínas aumentará la oxidación de los aminoácidos produciendo urea por el exceso de grupos amino.
3. pobre en lípidos estimulará la degradación de proteínas y por lo tanto la producción de urea a partir de los grupos amino de los aminoácidos.
4. muy pobre (inanición) generará gran cantidad de urea por la degradación de los aminoácidos endógenos para utilizar los esqueletos carbonados en la producción de energía.

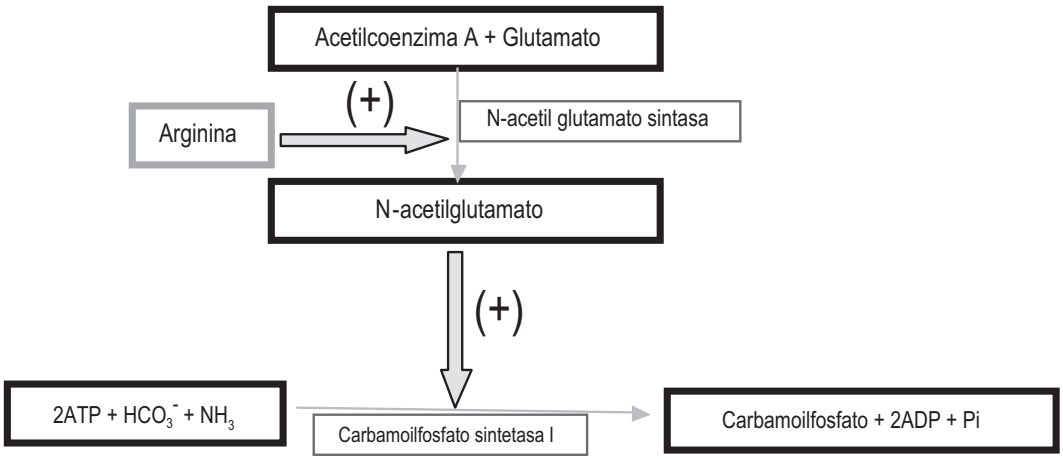
Respuesta: _____

3.53. La siguiente figura muestra una de las formas de regulación del ciclo de la urea. De ella se puede deducir que

1. las concentraciones altas de arginina, que se generan cuando la producción de urea es lenta, activarán el ciclo.
2. la producción de N-acetil glutamato se inhibe por las concentraciones muy bajas de arginina.

3. se necesitan la acetil coenzima A y el glutamato para activar la carbamoil sintetasa I.
4. la N-acetilglutamato sintasa y la carbamoil fosfato sintetasa catalizan reacciones del ciclo de la urea.

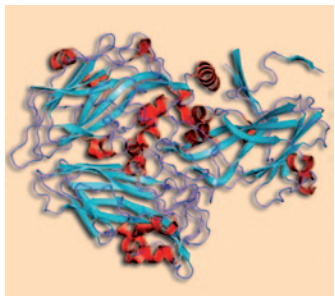
Respuesta: _____



3.54. La pancreatitis aguda se produce, entre otros factores, por la obstrucción del conducto pancreático, vía a través de la cual las secreciones entran al intestino delgado. Consulte sobre los síntomas de la enfermedad, los cambios que ocurren en la naturaleza química y composición de las secreciones, el efecto que causan dichas transformaciones sobre el páncreas y los posibles tratamientos.

3.55. Los rinovirus humanos (HRV) son picornavirus específicos que causan el resfriado común. El virus está formado por una cubierta de proteína modular denominada cápside que encierra una hebra corta de ARN.

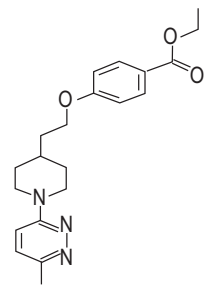
El Pirodavir®, cuya fórmula estructural y nombre químico se representan más adelante, es un compuesto anti-picornavirus particular, que se evaluó recientemente mediante varios ensayos clínicos en humanos.



Cápside viral de picornavirus

Consulte los aspectos relevantes de la estructura de la proteína cápside del picornavirus y su relación con el modo de acción del Pirodavir®.

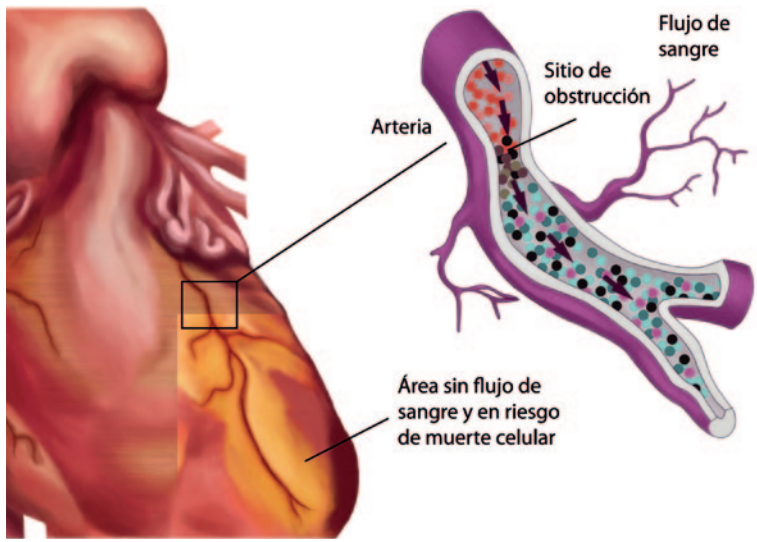
Pirodavir®.



4-[2-[1-(6-metil-3-piridazinil)-4-piperidinil]-etóxilo], benzoato de etilo, conocido comercialmente como Pirodavir®.

3.56. Las aminotransferasas tales como la ALT o alanina transaminasa y la AST o aspartato transaminasa, se utilizan en el diagnóstico de enfermedades hepáticas, infarto de miocardio y trastornos musculares. Consulte los niveles normales de estas enzimas en la sangre y explique por qué el cambio en ellos permite hacer el diagnóstico de dichas patologías.

INFARTO DE MIOCARDIO



3.57. La revista Nature *Biotechnology* publicó un artículo relacionado con un nuevo OGM (organismo genéticamente modificado), se refiere a vacas transgénicas que estarán en capacidad de producir leche con mayor porcentaje de la proteína caseína.

Al margen de las grandes controversias generadas por las modificaciones transgénicas y las implicaciones éticas de las mismas, lo cierto es que la industria de fabricación de queso, será la principal beneficiada de la investigación, pues se podrá aumentar la producción usando menor volumen de leche, a la vez que se reduce el tiempo de coagulación, lo cual se traduce en rendimientos económicos altamente significativos.

Un organismo transgénico es aquel que procede de un tipo de modificación genética en la cual un gen o grupo de genes que no le pertenecen, se le transfieren con el fin obtener, potenciar o mejorar alguna característica.

El genoma de los organismos se puede modificar insertando genes de la misma especie o de una especie diferente y alterando ciertos genes presentes de manera que esta modificación se transmita a la descendencia. En todos los casos la modificación genética altera la naturaleza de las proteínas de interés sintetizadas por el organismo.

Consulte sobre la biosíntesis de proteínas o proteogénesis y elabore un resumen, o cuadro sinóptico o mapa conceptual sobre el tema.

3.58. Actualmente la industria farmacéutica utiliza ampliamente la ingeniería genética o técnica del ADN recombinante en la producción de algunos medicamentos. De esta forma se pueden obtener grandes cantidades de una proteína, de manera prácticamente independiente del organismo de origen. Esto se logra mediante la introducción y expresión del gen en un organismo huésped fácil de cultivar.

El organismo que expresa el gen se denomina entonces organismo genéticamente modificado o transgénico y la proteína que se obtiene se denomina recombinante. El primer compuesto recombinante, aprobado en 1982 como medicamento, fue la insulina porcina para el tratamiento de pacientes con diabetes mellitus.

Complete la siguiente tabla con la información que falta, relacionada con proteínas recombinantes y su uso terapéutico, que se comercializan en la actualidad y se emplean como fármacos en humanos.

Consulta sugerida

Los organismos genéticamente modificados o transgénicos.[citado 2 de abril de 2011]
Disponible en Internet: http://www.porquebiotecnologia.com.ar/educacion/cuaderno/ec_02 asp?cuaderno=2

PRODUCTO	INDICACIÓN TERAPÉUTICA
Factores de coagulación	
Insulina	Diabetes mellitus
Hormona de crecimiento	
	Anemia
	Cáncer y hepatitis B y C
Vacuna anti-hepatitis B	
	Asma y artritis reumatoide
Proteína C	
	Enfermedad de Gaucher
DNAsa	

3.59. Complete la siguiente tabla con la información sobre algunas enzimas que se producen actualmente como proteínas recombinantes en bacterias y en hongos genéticamente modificados y que se utilizan en la industria de alimentos.

ENZIMAS	APLICACIÓN INDUSTRIAL
	Pan y almidón
Aminopeptidasa	
	Pan y grasas
	Almidón
Lactasa	
	Grasas, quesos, saborizantes y pan
Pectinasa	
Proteasa	
Quimosina	
Xilanasa	

3.60. La celiaquía o enfermedad celiaca es un trastorno que ocurre a nivel del intestino delgado como respuesta a la ingestión de gluten, una proteína que se encuentra en la harina de trigo y otros cereales.

Consulte qué causa la reacción producida por el gluten en el organismo, cuáles son los síntomas de la enfermedad y qué tipos de tratamientos se utilizan.

3.61. El péptido conocido como β amiloide, conformado por cuarenta residuos de aminoácidos, al parecer es uno de los principales responsables de la enfermedad de Alzheimer. Se ha observado que en el cerebro de los pacientes con esta enfermedad, el péptido se deposita sobre las células nerviosas ocasionándoles la muerte.

En consecuencia los agentes terapéuticos en investigación, están encaminados hacia la descomposición o inhibición de la síntesis del péptido β amiloide.

Consulte acerca de los avances en la investigación sobre los agentes terapéuticos para la enfermedad de Alzheimer.

Bibliografía sugerida: STIX, Gary. Anticiparse al alzheimer. En: Investigación y Ciencia. Agosto, 2010. no. 407,. p. 25-33.

3.62. La hiperamoniaquemia es un trastorno que puede causar coma y muerte, ocasionado por el aumento excesivo de la concentración de amoníaco en sangre (valor normal = 5 – 50 µmol/L) el cual puede alcanzar valores superiores a 1.000 µmol/L en condiciones de enfermedad hepática, o en casos de defectos genéticos que afectan la biosíntesis de las enzimas que participan en el ciclo de la urea.

Consulte el efecto del amoniaco sobre el sistema nervioso central, los síntomas de la hiperamoniaquemia y las características generales de los dos tipos, la adquirida y la hereditaria.

3.63. Las imágenes siguientes muestran los estragos de la malnutrición causados por las enfermedades conocidas como Kwashiorkor y marasmo.

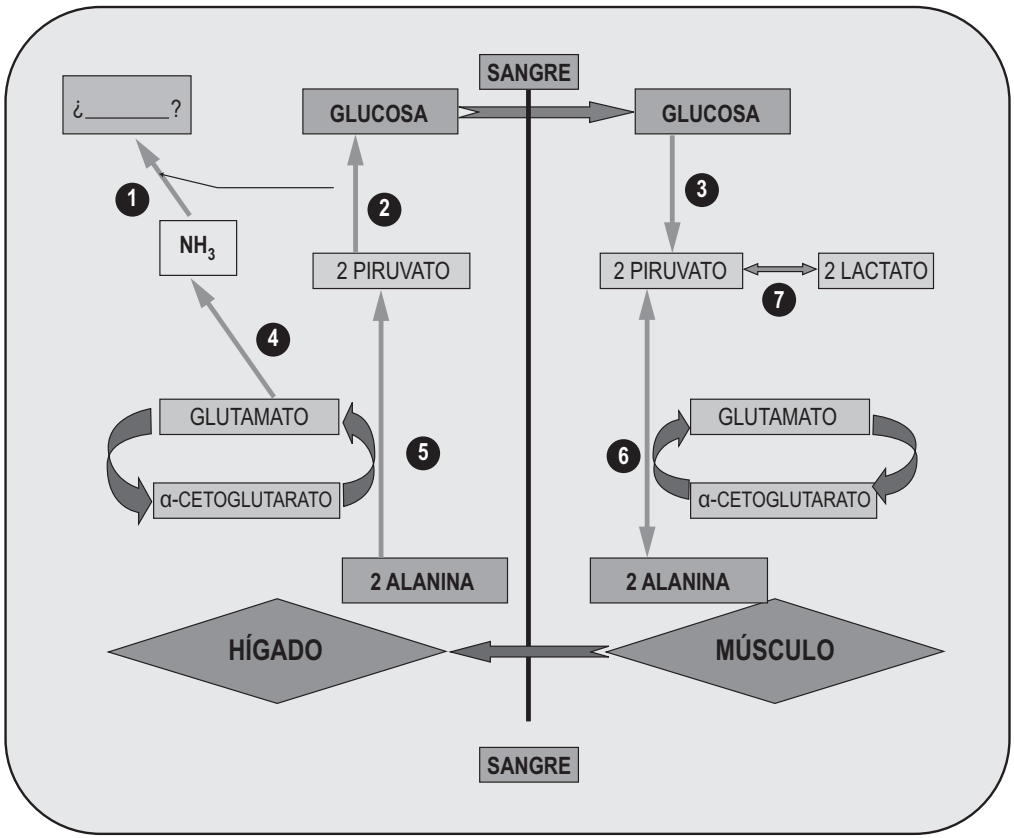
Consulte acerca de estos dos gravísimos problemas, qué los diferencia, qué los causa y cómo tratarlos.

Niño con Kwashiorkor

Niño colombiano con marasmo

A continuación se presenta el ciclo de la Glucosa-Alanina, mecanismo que utiliza fundamentalmente el músculo esquelético para eliminar el nitrógeno y reabastecer su suministro de energía en forma de glucosa. Con base en él, desarrolle los puntos 3.64. a 3.67. con el formato de selección múltiple con única respuesta.

CICLO GLUCOSA-ALANINA



3.64. El nombre del metabolito faltante es

A. carbamoil fosfato.
B. urea
C. citrulina.
D. ornitina.

3.65. Las vías metabólicas identificadas con los números 2 y 3 corresponden respectivamente a la

A. glucogenólisis y gluconeogénesis.
B. glucólisis y glucogenogénesis.
C. gluconeogénesis y glucólisis.
D. glucogenólisis y glucogenogénesis.

3.66. La reacciones 4 y 5 son respectivamente de

A. transaminación y desaminación.
B. desaminación y transaminación.
C. transdesaminación y biosíntesis de amoníaco.
D. amonolisis y biosíntesis de amoníaco.

3.67. La enzima que cataliza la reacción 7 se llama

A. piruvato hidratasa.
B. lactato hidrogenasa.
C. piruvato deshidrogenasa.
D. lactato deshidrogenasa.

Desarrolle los puntos 3.68. a 3.73. 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.

3.68. El amoníaco se produce en todos los tejidos del cuerpo humano debido al metabolismo de diferentes compuestos, no obstante su presencia en la sangre es reducida y si los niveles se incrementan puede llegar a ser altamente tóxico y letal.

El amoníaco se elimina fundamentalmente en forma de urea, la cual se produce en el hígado y se excreta por el riñón. En consecuencia su movilización desde los tejidos periféricos se hace a través de metabolitos no tóxicos tales como

1. ion amonio.
2. alanina.
3. glutamato.
4. glutamina.

Respuesta: _____

3.69. En los riñones se produce amoníaco, que se excreta como ion amonio NH_4^+ en la orina, que forma parte de uno de los mecanismos de mantenimiento del equilibrio ácido base del organismo. Las reacciones que participan en la generación del amoniaco son

1. desaminación oxidativa del glutamato catalizada por la glutamato deshidrogenasa.
2. transaminación de la alanina catalizada por la alanina amino transferasa.
3. hidrólisis de la glutamina catalizada por la glutaminasa renal.
4. transdesaminación del aspartato catalizada por la aspartato transaminasa.

Respuesta: _____

3.70. El amoniaco se genera principalmente por

1. las bases purínicas y pirimidínicas.
2. la glutamina sintetizada en el riñón.
3. las aminas y los aminoácidos procedentes de la dieta.
4. la urea de la luz intestinal.

Respuesta: _____

3.71. Todos los tejidos humanos tiene capacidad para sintetizar aminoácidos no esenciales, entre los cuales están

1. alanina, asparragina y aspartato.
2. cisteína, glutamato y glutamina.
3. glicina, serina y tirosina.
4. tirosina, histidina y valina.

Respuesta: _____

3.72. La arginina, la metionina y la fenilalanina se consideran aminoácidos esenciales porque

1. en el caso de la arginina aun cuando las células de los mamíferos la sintetizan, la tasa de producción es tan baja que es insuficiente para reunir los requerimientos, además la mayoría se degrada para dar urea.
2. la metionina se necesita en grandes cantidades para producir cisteína, aminoácido que normalmente no se suministra en la dieta de manera adecuada.
3. en cuanto a la fenilalanina, la situación es similar a la de la metionina, puesto que se necesita en gran cantidad para la biosíntesis de tirosina.
4. definitivamente no son producidos por las células de los mamíferos.

Respuesta: _____

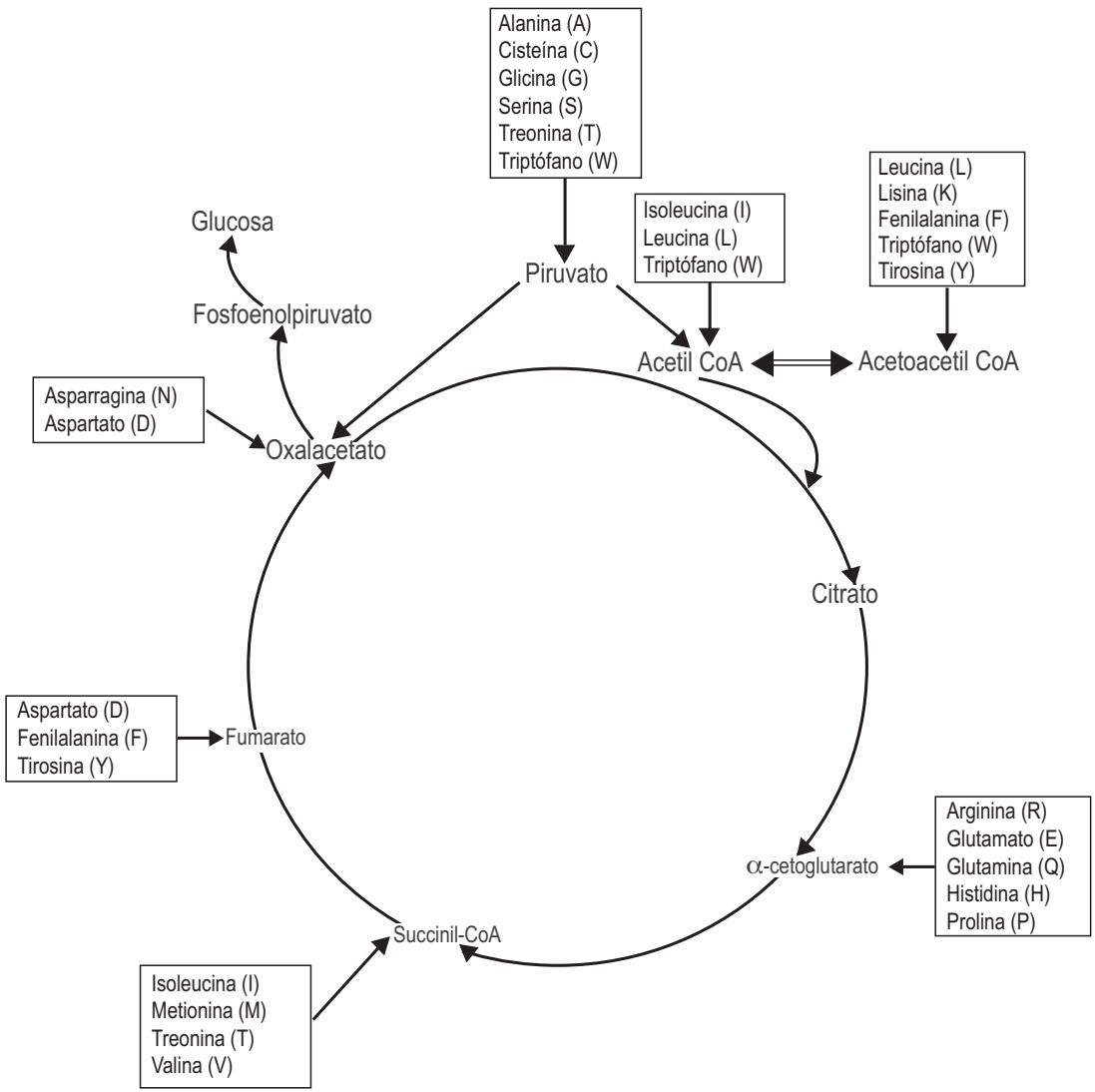
3.73. Los aminoácidos que al catabolizarse producen piruvato o uno de los intermediarios del ciclo de Krebs

1. se conocen como cetogénicos puesto que dan origen a los llamados cuerpos cetónicos como el aceto-acetato o uno de sus precursores la acetil coenzima A o la acetoacetilcoenzima A.
2. se les denomina glocogénicos porque los intermediarios mencionados sirven como sustrato para la gluconeogénesis.
3. son únicamente la leucina y la lisina.
4. se pueden utilizar para la producción de glucosa y glucógeno en el hígado.

Respuesta: _____

Con base en la figura que se presenta más adelante, relacionada con el destino de los esqueletos carbonados de los aminoácidos, desarrolle los puntos 3.74. a 3.78. con el formato de selección múltiple con única respuesta.

DESTINO DE LOS ESQUELETOS CARBONADOS DE LOS AMINOÁCIDOS



3.74. La isoleucina es un aminoácido

A. cetógenico exclusivamente.
B. cetogénico y glucogénico.
C. glucogénico exclusivamente.
D. se transforma en α-cetoglutarato.

3.75. Los esqueletos carbonados de la asparragina y el aspartato se convierten en

A. fumarato.
B. succinil CoA.
C. oxalacetato.
D. citrato.

3.76. La alanina, la glicina, la cisteína y la serina transforman sus esqueletos carbonados en

A. acetil CoA.
B. fosfoenolpiruvato (PEP).
C. succinil CoA.
D. piruvato.

3.77. El glutamato y la arginina se transforman en

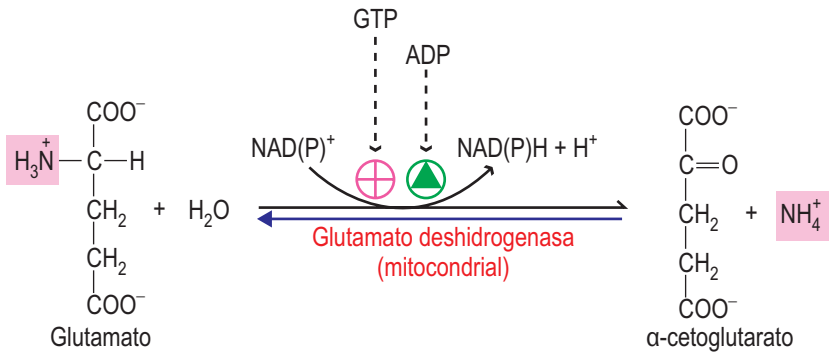
A. citrato.
B. α-cetoglutarato.
C. piruvato.
D. fumarato.

3.78. La conversión de fosfoenolpiruvato a glucosa se conoce como

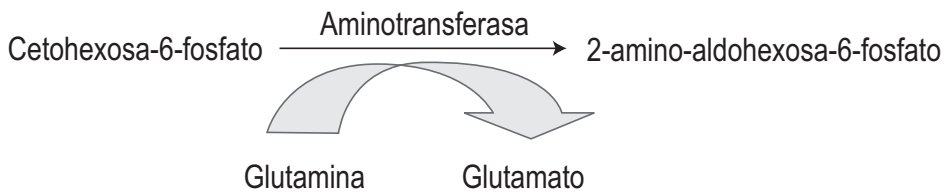
A. glucogenogénesis.
B. glucogenólisis.
C. gluconeogénesis
D. glucólisis.

3.79. La producción del ion amonio en la reacción catalizada por la glutamato deshidrogenasa (ver figura)

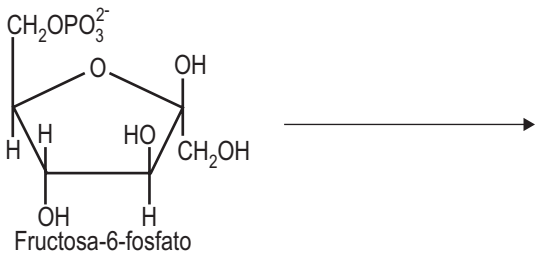
A. requiere de la participación de una coenzima cuyo precursor vitamínico es la tiamina.
B. se produce a través de una base de Schiff como intermediario.
C. puede ser reversible de modo que se consume si se encuentra en exceso.
D. se favorece por niveles elevados de ATP o GTP.



3.80. Además de la transferencia del grupo amino de un aminoácido a un cetoácido también es posible la transferencia del -NH_2 de los grupos carbamoilo de la glutamina y la asparragina. Esta reacción es de gran importancia en la formación de aminoazúcares, la enzima que la cataliza es una aminotransferasa y el sustrato aceptor debe estar fosforilado (ver figura).



Utilice el modelo anterior para formar glucosamina-6-fosfato.

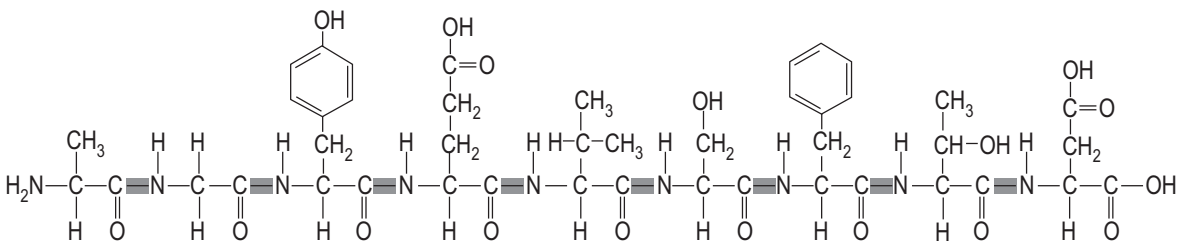


Desarrolle los puntos 3.81. a 3.84. con el formato de selección múltiple con múltiple respuesta.

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.

3.81. El siguiente oligopéptido puede ser el sustrato para la

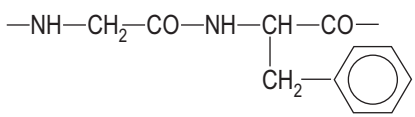
1. quimiotripsina. 2. pepsina. 3. proteasa Asp-N. 4. tripsina.



Respuesta: _____

3.82. Consulte sobre la estructura del centro activo de la quimiotripsina y desarrolle el siguiente punto.

1. cataliza la hidrólisis rápida de un enlace peptídico del tipo



2. contiene un residuo de serina.
3. el pH no influye en su actividad catalítica.
4. contiene un residuo de histidina.

Respuesta: _____

3.83. Los compuestos que los animales sintetizan a partir de la tirosina son

1. tiroxina.
2. adrenalina.
3. ácido homogentísico.
4. serotonina.

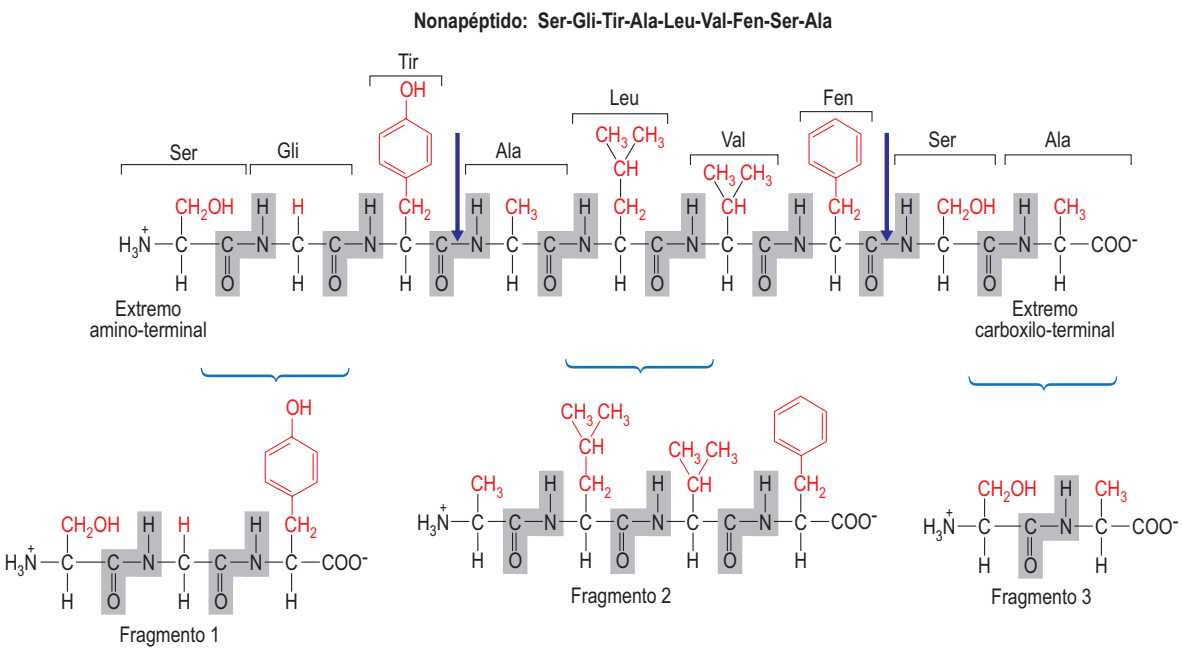
Respuesta: _____

3.84. En el anabolismo de los mamíferos, cuando se requiere transferir uno o más grupos metilo de la metionina, por intermedio de la S-adenosil-metionina los compuestos que se sintetizan son la

1. colina.
2. valina.
3. adrenalina.
4. uridina monofosfato.

Respuesta: _____

Para desarrollar los puntos 3.85. y 3.86. observe la siguiente figura.



3.85. La enzima que actúa sobre el nonapéptido para la formación de los tres fragmentos es la

A. pepsina. B. tripsina. C. quimiotripsina. D. prolina endopeptidasa.

3.86. Los productos de la hidrólisis de la actividad proteolítica sobre el nonapéptido son

A. alanil-seril-fenialanina; alanil-leucil-fenilalanil-serina; seril-alanina.

B. seril-glicil-tirosina; alanil-leucil-valil-fenilalanina; seril-alanina.

C. alanil-valil-leucil-tirosina; seril-alanina; fenilalanil-seril-alanina.

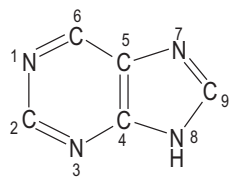
D. seril-valil-leucil-tirosina; seril-alanina; fenilalanil-seril-alanina.

Con base en el siguiente texto y consulta bibliográfica complementaria, desarrolle los puntos 3.87. y 3.88.

La excreción de urea requiere de grandes volúmenes de agua razón por la cual las aves, reptiles y algunos mamíferos cuya disponibilidad hídrica es limitada, eliminan el ion amonio como ácido úrico; compuesto insoluble que se excreta en forma de una masa semisólida de cristales en las heces.

El ión amonio procedente de la desaminación de la glutamina forma parte de la estructura de las bases nitrogenadas púricas que se utilizan para la síntesis de nucleósidos. Aunque las reacciones de síntesis de novo de estos derivados de la purina son análogas en organismos ureotélicos y uricotélicos, estos últimos lo hacen a mayor velocidad para generar el ácido úrico de desecho y ahorrar agua.

3.87. Consulte cuáles son los metabolitos que proporcionan los átomos de nitrógeno y de carbono numerados en la siguiente base nitrogenada púrica.

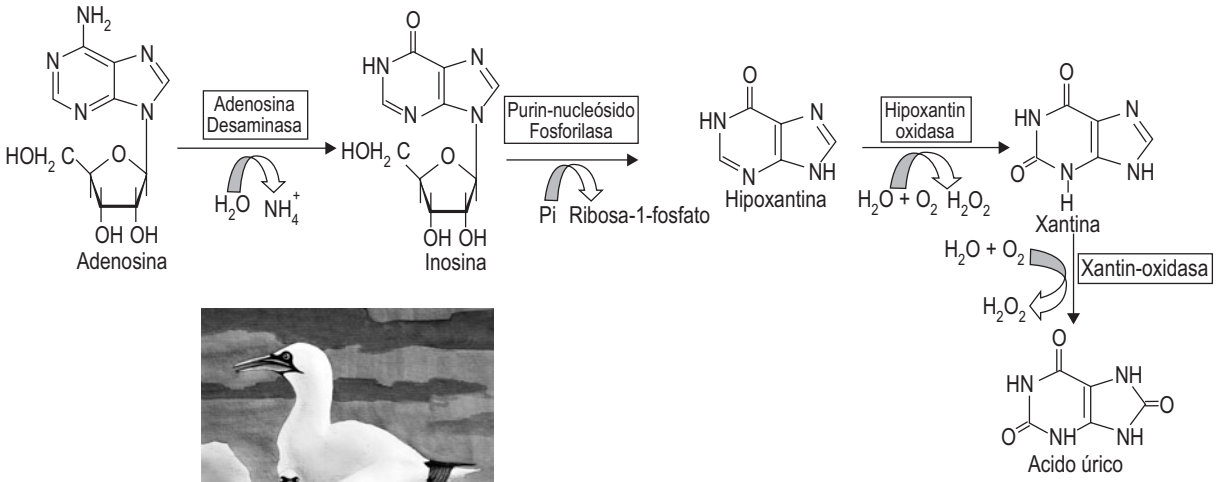


1. _____ 4. _____ 7. _____

2. _____ 5. _____ 8. _____

3. _____ 6. _____ 9. _____

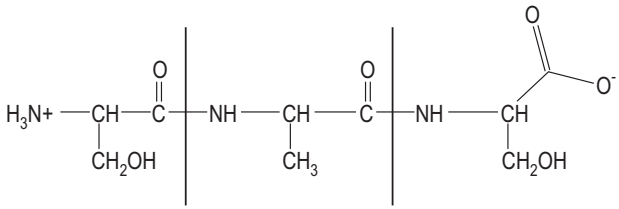
3.88. El siguiente esquema representa la síntesis de ácido úrico a partir de adenosina.



El guano que producen los alcatraces y los pelícanos se utiliza comercialmente como fertilizante natural. En el siguiente espacio represente la secuencia de reacciones de síntesis de ácido úrico a partir de guanosina.

ANEXO 3.1.

ESPECIFICIDAD DE ALGUNAS ENZIMAS PROOTEOLÍTICAS



ENZIMA	ORIGEN	SITIO	ESPECIFICIDAD	Pi	COMENTARIOS
Tripsina	Pancreático	Lado -C del Rn	Rn=K,R Rn+1diferente de P		
Quimotripsina	Pancreático	Lado -C del Rn	Rn=F,W,Y,L Rn+1diferente de P		
Termolisina	Gástrico	Lado-N del Rn	Rn= L,I,F,W,Y,V Rn+1diferente de P		
Pepsina	Gástrico	Lado-N del Rn	Rn=F,Y,W,L,M Rn-1 diferente de P	1,6	
Proteasa Asp-N		Lado-N del Rn	Rn= D,E	7,4	
Proteasa V8 *Staphilococcus aureus*	Bacterial	Lado-C del Rn			
Proteasa HIV-1					
Clostripaina	Bacterial	Lado-C del Rn	Rn=R	7,4	Análoga a la papaína
Subtilisina	*Bacillus subtilis*	Residuos aromáticos y alifáticos	Rn= Radical neutros y ácidos	7,5	Ataca indistintamente enlaces peptídicos internos y terminales
Elastasa	Páncreas	Lado-C del Rn	Rn= A,G,V,L,I	8,5	Hidroliza enlaces peptídicos presentes en la elastina y en el colágeno
Papaina	Látex de Papaya *Carica papaya*	Lado-C- del Rn	Múltiple	5,0	Hidroliza proteínas, péptidos, aminidas y ésteres de aminoácidos. Se activa por agentes reductores SH

ENZIMA	ORIGEN	SITIO	ESPECIFICIDAD	Pi	COMENTARIOS
Bromelina	Piña *Ananas sativus*	Lado-C- del Rn	Múltiple igual a la papaína	6,0	Igual a la papaína
Ficina	Breva *Ficus carica*	Lado-C- del Rn	Múltiple Rn= L,A,Y,N,G,V	6,5	Igual a la papaína. No precisa activación
Renina	Gástrico	Lado-N del Rn	Rn= P, HP	2-3	Escinde fosfoamidas. Coagula la leche
Quimosina	Gástrico	Lado-N del Rn	Rn= P, HP	2-3	Hidroliza la hemoglobina
Trombina	Sangre	Lado-C- del Rn	Amidas y ésteres de L-arginina. Convierte fibrinógeno en fibrina	7,6	Hidroliza péptidos
Enteropeptidasa o Enteroquinasa	Mucosa intestinal	Lado-C- del Rn	Rn= K Rn+1= I,V		
Colagenasa	*Clostridium histolyticum*	Lado-C- del Rn	Rn =G Rn+1 =P	7,1	Cataliza la hidrólisis de uniones peptídicas

ROMPIMIENTOS TERMINALES

ENZIMA	ORIGEN	SITIO	ESPECIFICIDAD	COMENTARIOS
Carboxipeptidasa A	Páncreas bovino	Lado-N del terminal C	Rn= aromáticos, alifáticos y ácidos	No actúa en R,K,P
Carboxipeptidasa B	Páncreas bovino	Lado-N del terminal C	Rn= R,K	Ninguno
Carboxipeptidasa Y	Levadura	Lado-N del terminal C	Rn=P, HP	Todos los residuos aunque con G es lento
Carboxipeptidasa C	Hojas de cítricos	Lado-N del terminal C	Rn = todos los aminoácidos	pH óptimo 3.5
Leucina aminopeptidasa	Riñón porcino	Lado C del terminal N	Rn=P, HP	No actúa en enlace X-P
Aminopeptidasa M	Riñón porcino	Lado C del terminal N	Rn= todos meno prolina	

CAPÍTULO

4

Catabolismo de carbohidratos

4.1. Relacione cada macronutriente con su consumo diario recomendado.

Macronutriente	Consumo recomendado (Expresado como porcentaje del total ingerido)
(a) Carbohidratos	10-15% ( )
(b) Lípidos	60-65% ( )
(c) Proteínas	20-25% ( )

4.2. Los carbohidratos en la dieta humana son principalmente monosacáridos, disacáridos y polisacáridos. Relacione cada carbohidrato con el alimento donde predomina.

Carbohidrato	Alimento
(a) Glucosa libre	( ) Leche
(b) Almidón	( ) Papa
(c) Fructosa libre	( ) Uva
(d) Sacarosa	( ) Miel
(e) Glucógeno	( ) Hígado
(f) Lactosa	( ) Remolacha
(g) Celulosa	( ) Lechuga

4.3. Defina fibra total, soluble e insoluble; indique la función fisiológica de cada tipo e ilustre con ejemplos las fórmulas estructurales de las moléculas.

4.4. Sobre la celulosa y la amilosa.

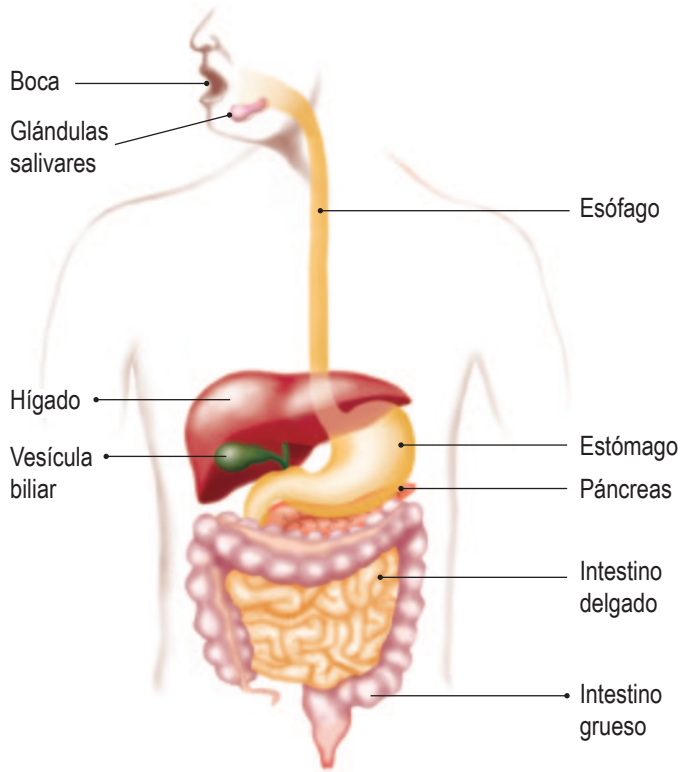
a. Represente las estructuras en fórmula condensada.

b. Compare los monómeros y los enlaces glucosídicos presentes en cada uno.

c. ¿Cuál de estas moléculas es fibra dietaria y explique por qué?

4.5. Relacione cada enzima que participa en la digestión de carbohidratos con su(s) lugar(es) de síntesis y de actividad.

ENZIMA	LUGAR
α-amilasa salival	
Glucoamilasa	
Lactasa	
α-amilasa pancreática	
Sacarasa	
α-dextrinasa limitante	



4.6. De los siguientes compuestos el que **no** es un producto de la hidrólisis catalizada por la α-amilasa salival o pancreática es la

A. maltosa.
B. maltotriosa.
C. dextrina limite.
D. glucosa.

Para desarrollar los puntos 4.7. y 4.8. utilice 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.

4.7. Las propiedades de los transportadores de glucosa y galactosa de la familia SGLT, descritos hasta ahora, se muestran en la siguiente tabla.

Isoformas	Número de aminoácidos	Km* (mm)	Carbohidrato que transporta	Localización en los tejidos o tipos celulares	Función
SGLT 1	664	0,3	Glucosa, galactosa (por dos Na^+)	Intestino delgado (membrana luminal),riñón (nefrona proximal)	Absorción y reabsorción de glucosa.
SGLT 2	672	1,6	Glucosa, galactosa (por un Na^+)	Riñón	Absorción y reabsorción de glucosa.
SGLT 3	674	6,0	Glucosa, galactosa (por dos Na^+)	Riñón (nefrona proximal)	Absorción y reabsorción de glucosa.

* valor de KM (constante cinética de transporte) para la glucosa.

Estas tres proteínas se caracterizan por

1. realizar cotransporte del tipo simporte de un monosacárido y uno o varios iones de sodio.
2. ingresar sodio a favor del gradiente electroquímico, para transportar glucosa o galactosa en contra de un gradiente químico.
3. una estructura secundaria con catorce dominios transmembranales en α-hélice.
4. la misma cinética y afinidad por la glucosa.

Respuesta: _____

4.8. La deficiencia congénita de los transportadores SGLT1 en epitelios de la mucosa intestinal provoca la enfermedad autosómica recesiva conocida como síndrome de mala absorción de glucosa-galactosa. Esta se presenta principalmente en neonatos ocasionando cuadros diarreicos severos, que suelen ser fatales en las primeras semanas de vida a menos que se eliminen estos carbohidratos de la dieta. Ambos azúcares coinciden en la proteína para su movilización porque son

1. monosacáridos.
2. disacáridos.
3. epímeros en el carbono 4.
4. enantiómeros en el carbono 5.

Respuesta: _____

4.9. Los transportadores GLUT se encargan del ingreso de monosacáridos a todas las células del organismo a favor de su gradiente químico. Se han identificado trece isoformas, todas son glicoproteínas de 45 a 55 Kda y presentan doce dominios transmembranales en α-hélice.

Cada tipo de GLUT tiene características distintivas en cuanto al monosacárido que transporta, la ubicación y la función que cumple, de acuerdo con las necesidades metabólicas de los distintos tejidos o tipos celulares del organismo. Complete la tabla.

Isoformas	Número de aminoácidos	Monosacárido(s) que transporta	Localización en los tejidos o tipos celulares	Función
GLUT 1	664			
GLUT 2	522			
GLUT 3	596			
GLUT 4	509			
GLUT 5	501			
GLUT 6	507	Glucosa	Cerebro, bazo y leucocitos.	Ingreso de glucosa estimulado por insulina.
GLUT 8	477	Glucosa	Cerebro, bazo y leucocitos.	Ingreso de glucosa.
GLUT 9	540	Glucosa	Riñón e hígado.	Ingreso de glucosa.
GLUT 10	541	Glucosa	Hígado y páncreas.	Ingreso de glucosa.
GLUT 11	496	Glucosa	Músculo esquelético y corazón.	Ingreso de glucosa.

Isoformas	Número de aminoácidos	Monosacárido(s) que transporta	Localización en los tejidos o tipos celulares	Función
GLUT 12	617	Glucosa	Músculo esquelético, tejido adiposo, intestino delgado.	Ingreso de glucosa.
GLUT 13	629	Glucosa	Cerebro.	Ingreso de glucosa y mioinositol.

4.10. Observe la siguiente figura que representa la actividad de las proteínas presentes en la membrana apical de los enterocitos, lugar donde se efectúa tanto la hidrólisis de los disacáridos de la dieta, como la absorción de los monosacáridos. Relacione cada proteína de membrana con su nombre o sigla.

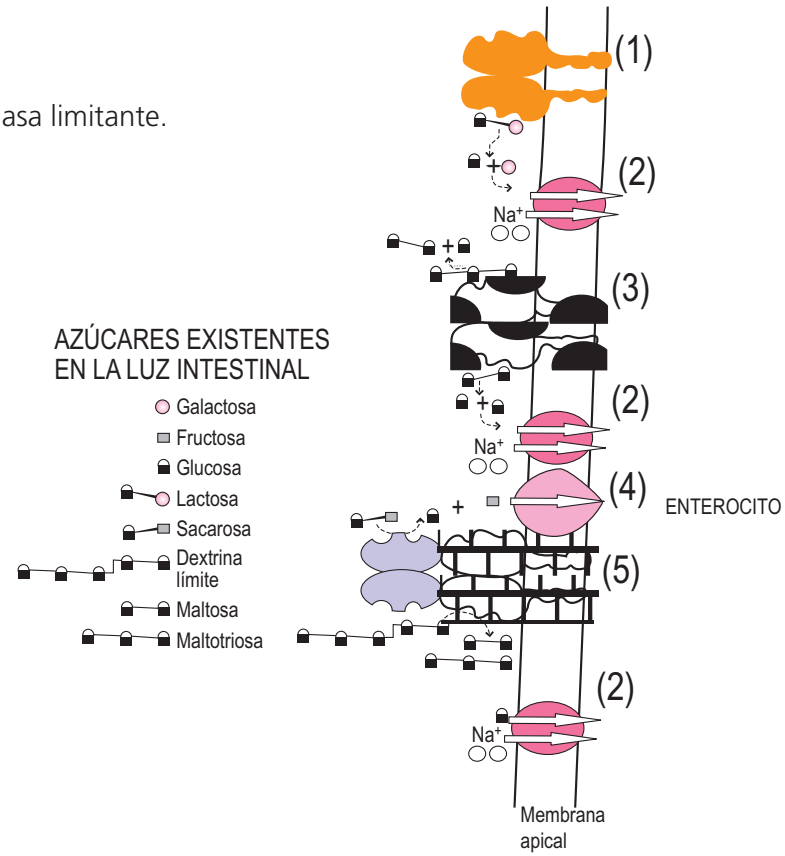
(1) ( )GLUT5.

(2) ( )SGLT1.

(3) ( )Sacarasa-α-dextrinasa limitante.

(4) ( )Lactasa.

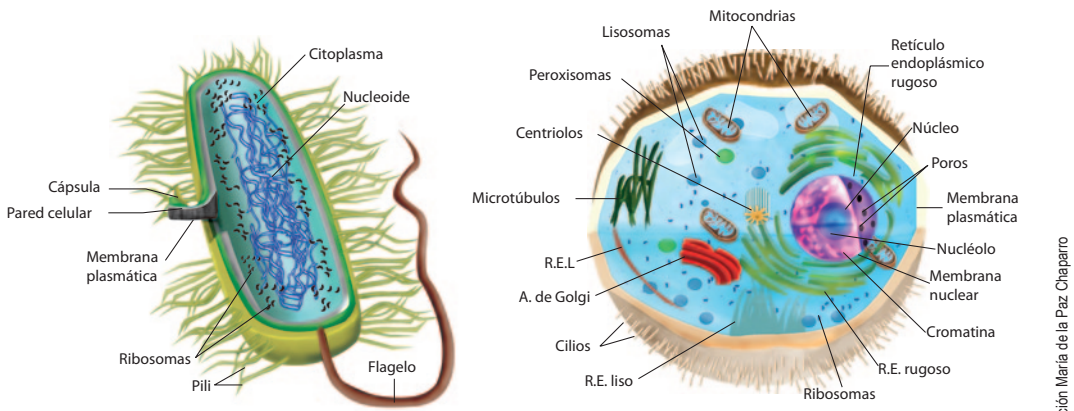
(5) ( )Glucoamilasa.



4.11. Relacione el propósito de cada una de las siguientes rutas metabólicas con respecto de la glucosa.

( ) Glucogenólisis	1. Producción de glucosa. 2. Oxidación de glucosa. 3. Almacenamiento de glucosa.
( ) Glucólisis	
( ) Pentosas fosfato	
( ) Gluconeogénesis	
( ) Glucogenosíntesis	

4.12. La glucólisis y la gluconeogénesis son rutas universales que tienen lugar tanto en las células procariotas como en las eucariotas. Sobre la figura señale los compartimentos donde ocurren las rutas antes mencionadas.



Célula procariota **Célula eucariota**

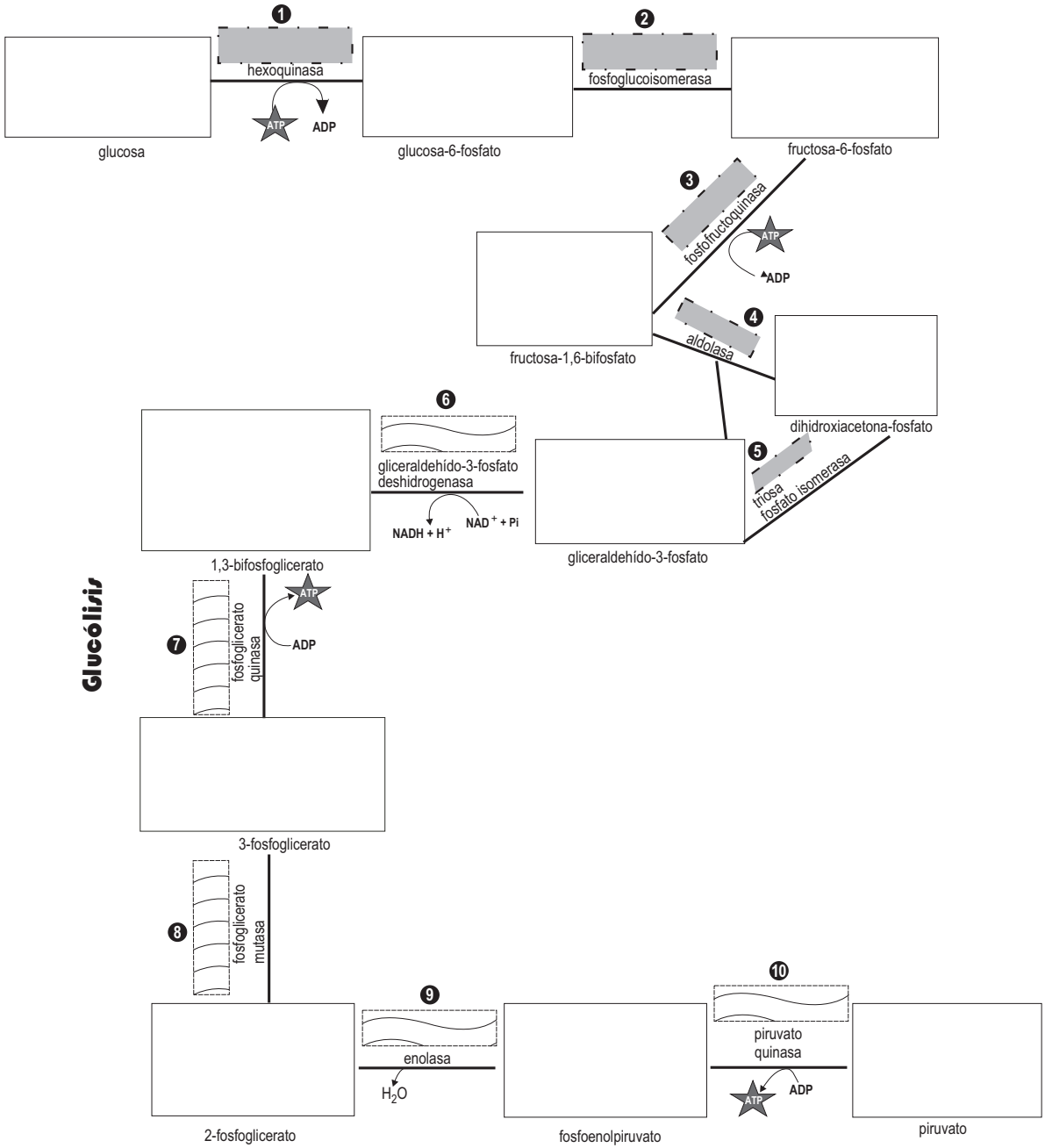
Ilustración María de la Paz Chaparro

4.13. Complete la siguiente figura que ilustra las diez reacciones de la glucólisis en el músculo estriado siguiendo las instrucciones:

a) Dibuje las estructuras correspondientes dentro de cada recuadro.

b) Transforme la línea que se encuentra debajo del nombre de la enzima en una flecha en un solo sentido (→) si la reacción es irreversible o en los dos sentidos si la reacción es reversible (⇄).

c) Escriba dentro del rectángulo sombreado la clase de cada enzima que participa de acuerdo con la reacción catalizada.


Glucólisis
1
hexoquinasa
ATP
ADP
glucosa
glucosa-6-fosfato
2
fosfoglucoisomerasa
fructosa-6-fosfato
3
fosfofructoquinasa
ATP
ADP
fructosa-1,6-bifosfato
4
aldolasa
dihidroxiacetona-fosfato
5
triosa fosfato isomerasa
gliceraldehído-3-fosfato
6
gliceraldehído-3-fosfato deshidrogenasa
NADH + H+
NAD+ + Pi
1,3-bifosfoglicerato
7
fosfoglicerato quinasa
ATP
ADP
3-fosfoglicerato
8
fosfoglicerato mutasa
2-fosfoglicerato
9
enolasa
H2O
fosfoenolpiruvato
10
piruvato quinasa
ATP
ADP
piruvato

Teniendo en cuenta el anterior esquema que ilustra la glucólisis en el músculo estriado, desarrolle los puntos 4.14. a 4.18.

4.14 Los puntos de regulación de la glucólisis corresponden a las reacciones

A. reversibles. B. irreversibles. C. acopladas. D. de oxidación.

Para desarrollar los puntos 4.15. y 4.16. utilice 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.

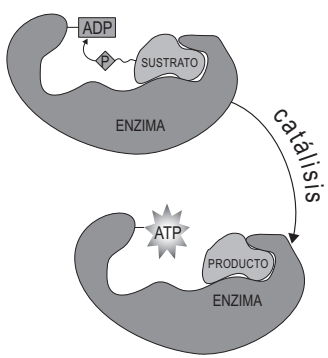
4.15. En la fase preparatoria de la glucólisis se activan los monosacáridos para incrementar su energía y evitar su salida a través de la membrana celular. Las reacciones correspondientes son la

1. cuarta. 2. tercera. 3. segunda. 4. primera.

Respuesta: _____

4.16. En la glicólisis las reacciones de fosforilación a nivel de sustrato como la que se ilustra en la siguiente figura son la

1. séptima.
2. tercera.
3. décima.
4. primera.



Respuesta: _____

4.17. Los estudios de investigación que condujeron a dilucidar la glucólisis, permitieron describir por primera vez la participación de algunas coenzimas y compuestos fosforilados en el metabolismo. El balance de estas moléculas en la primera y segunda fase de la ruta glucolítica respectivamente es

A. 2 ADP / 2 NADH + $2H^+$ + 4 ATP

B. 2 ATP / NADH + H^+ + 2 ATP

C. 1 ADP / 2 NAD^+ + 4 ATP

D. 4 ATP / NAD^+ + 2 ATP

4.18. La ecuación que representa el balance energético y la estequiometría del proceso glicolítico completo es

A. glucosa + 2ATP + 2Pi + $NAD^+ \rightarrow$ 2 piruvato + 2NADH + 2 ADP + 4 ATP

B. glucosa + $NAD^+ \rightarrow$ piruvato + NADH + H^+ + H_2O

C. glucosa + ADP +Pi $\rightarrow$ piruvato + dihidroxiacetona fosfato + H_2O + ATP

D. glucosa + 2ADP + 2Pi + $2NAD^+ \rightarrow$ 2 piruvato + 2NADH + $2H^+$ +2 H_2O + 2 ATP

4.19. La isoenzima de la hexoquinasa hepática que se inhibe por la glucosa-6-fosfato y tiene un valor alto de Km, se conoce como

A. hexoquinasa II.

B. hexoquinasa III.

C. hexoquinasa I.

D. glucoquinasa.

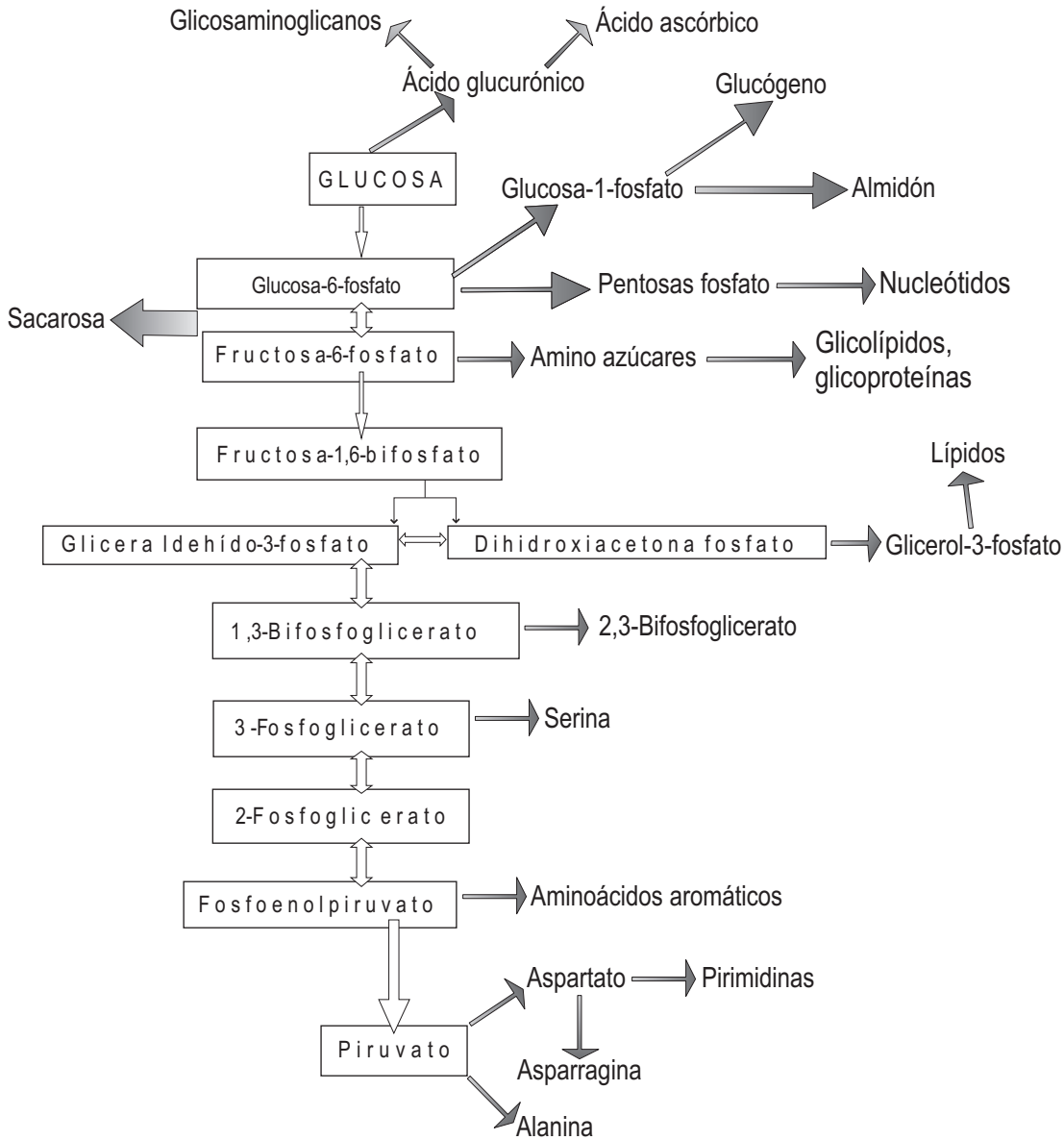
4.20. En la ruta glucolítica, independientemente del organismo en donde se realice, los intermediarios además de transformarse en piruvato, con la consecuente producción de nucleótidos energéticos, se pueden utilizar con otros propósitos como se muestra en la siguiente figura. De acuerdo con lo anterior, la glucólisis se considera una ruta

A. catabólica.

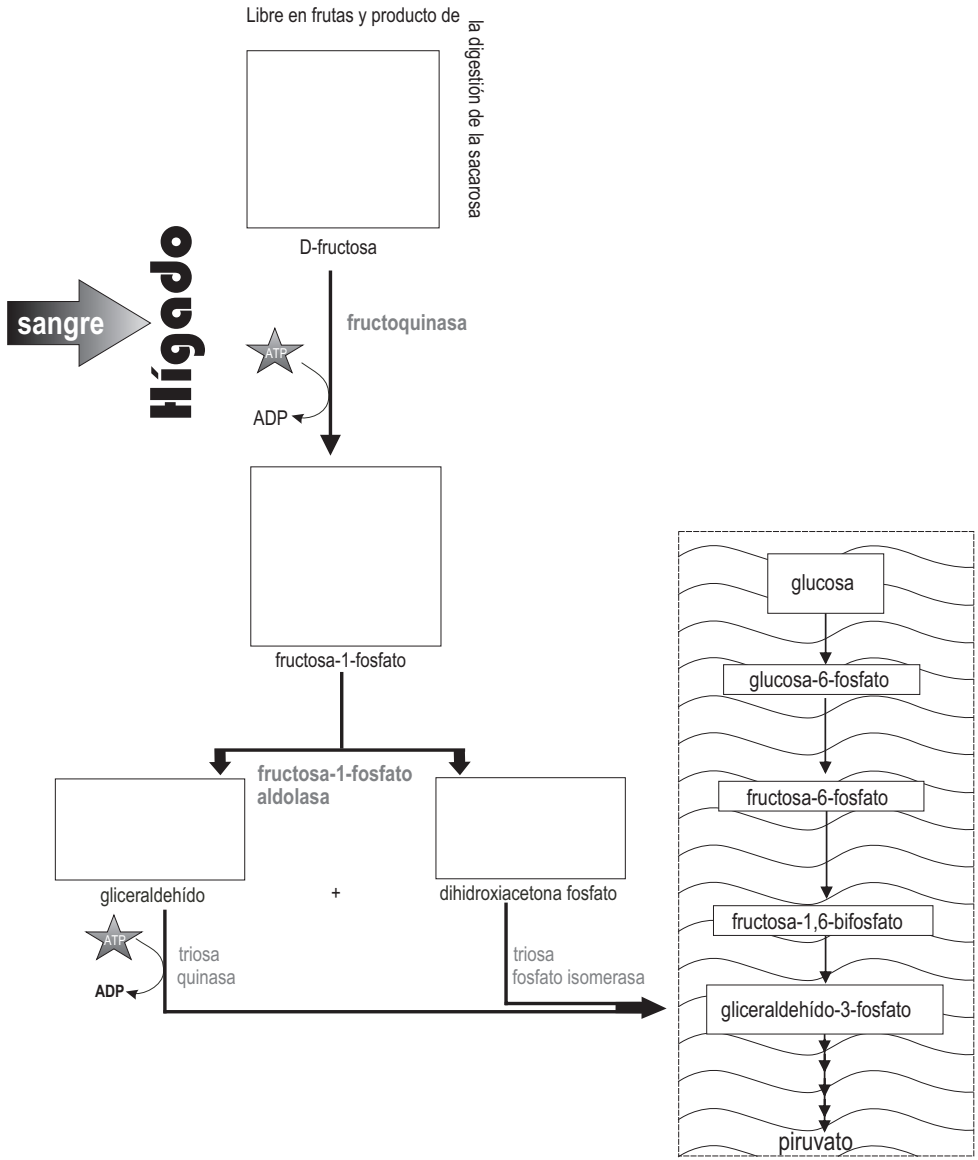
B. anabólica.

C. anfibólica.

D. anaplerótica.


Glicosaminoglicanos
Ácido ascórbico
Ácido glucurónico
Glucógeno
GLUCOSA
Glucosa-1-fosfato
Almidón
Glucosa-6-fosfato
Pentosas fosfato
Nucleótidos
Sacarosa
Fructosa-6-fosfato
Amino azúcares
Glicolípidos, glicoproteínas
Fructosa-1,6-bifosfato
Lípidos
Gliceraldehído-3-fosfato
Dihidroxiacetona fosfato
Glicerol-3-fosfato
1 ,3-Bifosfoglicerato
2,3-Bifosfoglicerato
3 -Fosfoglicerato
Serina
2-Fosfoglic erato
Fosfoenolpiruvato
Aminoácidos aromáticos
Aspartato
Pirimidinas
Piruvato
Asparragina
Alanina

4.21. La siguiente figura ilustra la ruta de entrada de la fructosa a la glucólisis en los hepatocitos. Complete los recuadros con las estructuras correspondientes.



Plantee la ecuación correspondiente incluyendo el balance energético total de la glucólisis a partir de un mol de sacarosa.

4.22. La intolerancia hereditaria a la fructosa o fructosemia es una enfermedad que se debe a la deficiencia de la

A. fructoquinasa.
B. fructosa-1-fosfato aldolasa.
C. triosa quinasa.
D. triosa fosfato isomerasa.

4.23. Se estima que la frecuencia mundial de la fructosemia es de 1:20.000, esta enfermedad se caracteriza por la hepatotoxicidad originada por la acumulación de

A. fructosa.
B. fructosa-1-fosfato.
C. fructosa-6-fosfato.
D.fructosa-1,6-bifosfato.

4.24. Una persona que sufre de intolerancia hereditaria a la fructosa debe evitar en su dieta el consumo de alimentos como

A. miel. B. hígado. C. leche. D. huevos.

4.25. Sobre la galactosemia consulte:

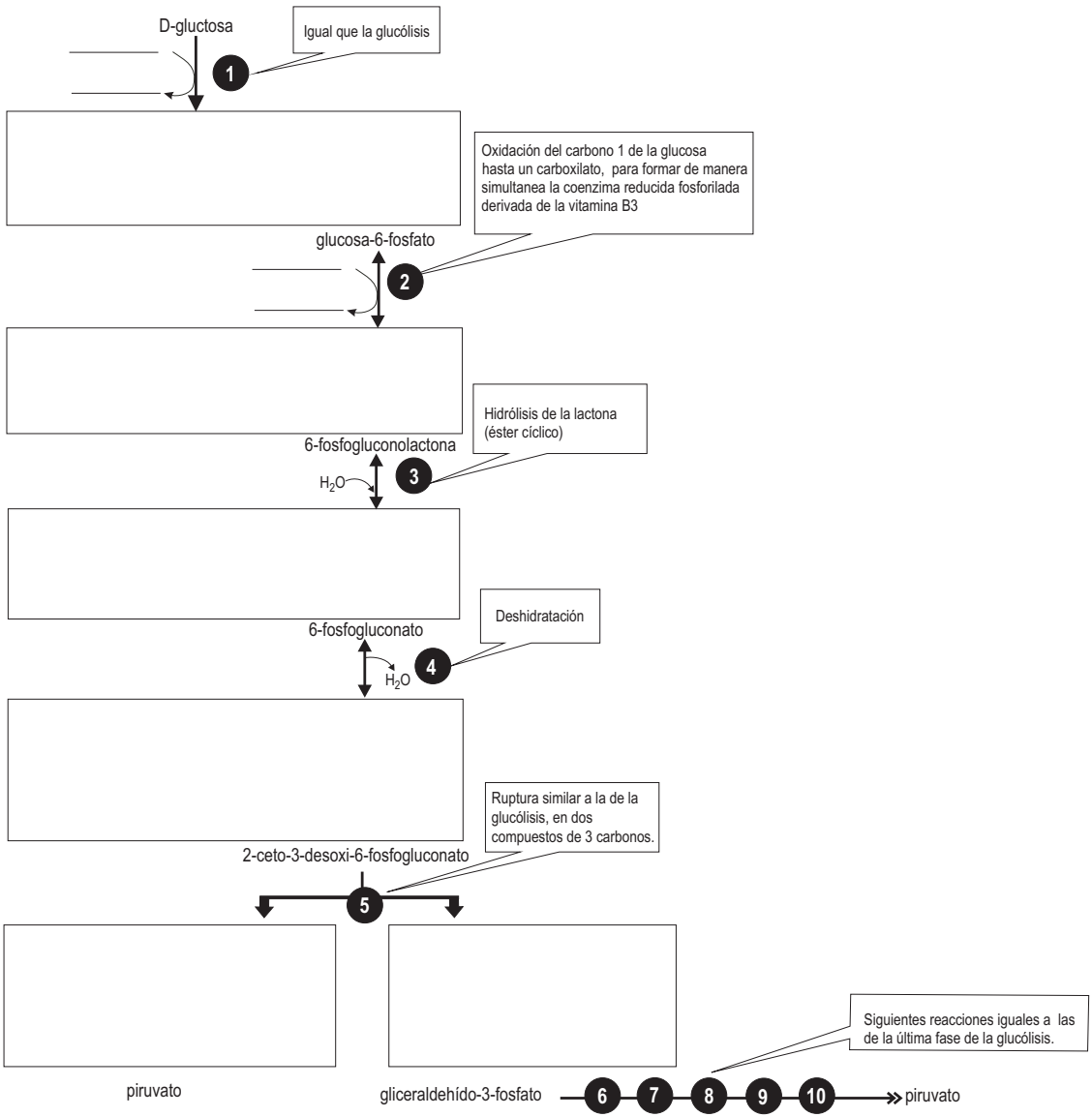
a. Tipos según la enzima deficiente.
b. Metabolitos utilizados para el diagnóstico y niveles normales de concentración.
c. Síntomas y tratamiento.

Teniendo en cuenta la siguiente figura y tabla, desarrolle los puntos 4.26. a 4.29.

4.26. Aunque la mayoría de los organismos pueden suplir sus demandas de ATP por medio de la glicólisis, algunos microorganismos utilizan otras vías relacionadas como la de Entner-Doudoroff que se muestra en la siguiente figura.

Complete las transformaciones de esta ruta con las estructuras correspondientes dentro de cada recuadro, los nombres o siglas de los compuestos faltantes en las líneas y escriba la reacción global.

Vía de Entner Doudoroff



Reacción global: .....

4.27. La siguiente tabla muestra las rutas de oxidación de monosacáridos que pueden utilizar diferentes especies de bacterias tales como *Pseudomonas aeruginosa*, *Acetobacter aceti*, *Escherichia coli* y *Vibrio cholerae*. Si cada una de ellas se siembra en el medio de cultivo adecuado y con la misma concentración de glucosa se espera que en función de la producción de ATP la de mayor crecimiento poblacional sea la

A. *Pseudomonas aeruginosa*.

B. *Acetobacter aceti*.

C. *Escherichia coli*.

D. *Vibrio cholerae*.

	Glucólisis	Pentosas fosfato	Entner-Doudoroff
Acetobacter aceti	-	+	-
Agrobacterium tumefaciens	-	-	+
Azotobacter vinelandii	-	-	+
Escherichia coli	+	-	-
Lactobacillus acidophilus	+	-	-
Leuconostoc mesenteroides	-	+	-
Pseudomonas aeruginosa	-	-	+
Vibrio cholerae	Minoría	-	Mayoría

Para desarrollar los puntos 4.28. y 4.29. utilice 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.

4.28. En *Acetobacter aceti* y *Leuconostoc mesenteroides* los posibles propósitos de la ruta de las pentosas fosfato incluyen

1. usar la fructosa-6-fosfato y gliceraldehído-3-fosfato producidos como fuente de energía.
2. generar NADPH necesario en la biosíntesis de lípidos.
3. producir ribosa- 5-fosfato como intermediario en la síntesis de nucleótidos.
4. usar las pentosas formadas en el anabolismo de ácidos grasos.

Respuesta: _____

4.29. En función de la ruta oxidativa de la glucosa que realizan *Acetobacter aceti* y *Leuconostoc mesenteroides*, los intermediarios de esta vía que se pueden usar alternativamente como precursores para la síntesis de purinas, pirimidinas y aminoácidos aromáticos, son

1. ceto-3-desoxi-6-fosfogluconato.
2. eritrosa-4-fosfato.
3. fructosa-1,6-bifosfato.
4. ribosa-5-fosfato.

Respuesta: _____

4.30. En el ser humano la deficiencia de cada una de las diez enzimas de la glucólisis desencadena patologías diferentes, pero tienen en común que se manifiestan varios tipos de anemias.

Complete la última columna de la tabla con el nombre de la enzima deficiente de acuerdo con la información suministrada que describe las enfermedades de mayor frecuencia.

Características de cada patología	Descripción de enzima deficiente	Nombre de la enzima
Se detecta una disminución de los intermediarios glucolíticos en los eritrocitos que genera défict del 2,3-bifosfoglicerato y en consecuencia existe una afinidad anormalmente alta de la hemoglobina por el oxígeno.	Pertenece a la clase 2 y fosforila azúcares de seis carbonos.	
Conduce a trastornos musculares como intolerancia al ejercicio o la rotura de las fibras musculares (rabdomiolisis). Se observa anemia hemolítica y orinas oscuras por mioglobinuria.	Propia de la clase 4 y rompe las hexosas en triosas.	
Se genera anemia hemolítica crónica y en casos muy raros también pueden darse trastornos neurológicos y disfunción en los glóbulos blancos.	Corresponde a la clase 5 y produce una cetohexosa.	
Se caracteriza por acumulación de un intermediario glucolítico que en exceso se transforma en 2,3-bifosfoglicerato, metabolito que disminuye la afinidad de la hemoglobina por el oxígeno. Este tipo de anemia es la más frecuente en la población.	Enzima alostérica de la clase 2 que cataliza una fosforilación a nivel de sustrato.	
Anemia hemolítica muy rara, asociada a trastornos multisistémicos graves (neuropatía, enfermedad muscular, insuficiencia cardíaca e infecciones), que suele producir la muerte del paciente antes de los 15 años de edad.	De la clase 5 y sus sustratos son triosas.	
También se conoce como enfermedad de Tarui; interfiere con la capacidad de los músculos para utilizar carbohidratos como fuente de energía. Se caracteriza por dolor muscular, calambres e intolerancia a pequeños esfuerzos o al ejercicio, anemia hemolítica crónica generalmente leve, acompañada de orinas oscuras debido a la mioglobinuria.	Pertenece a la clase 2 y fosforila cetohexosas-fosfato.	

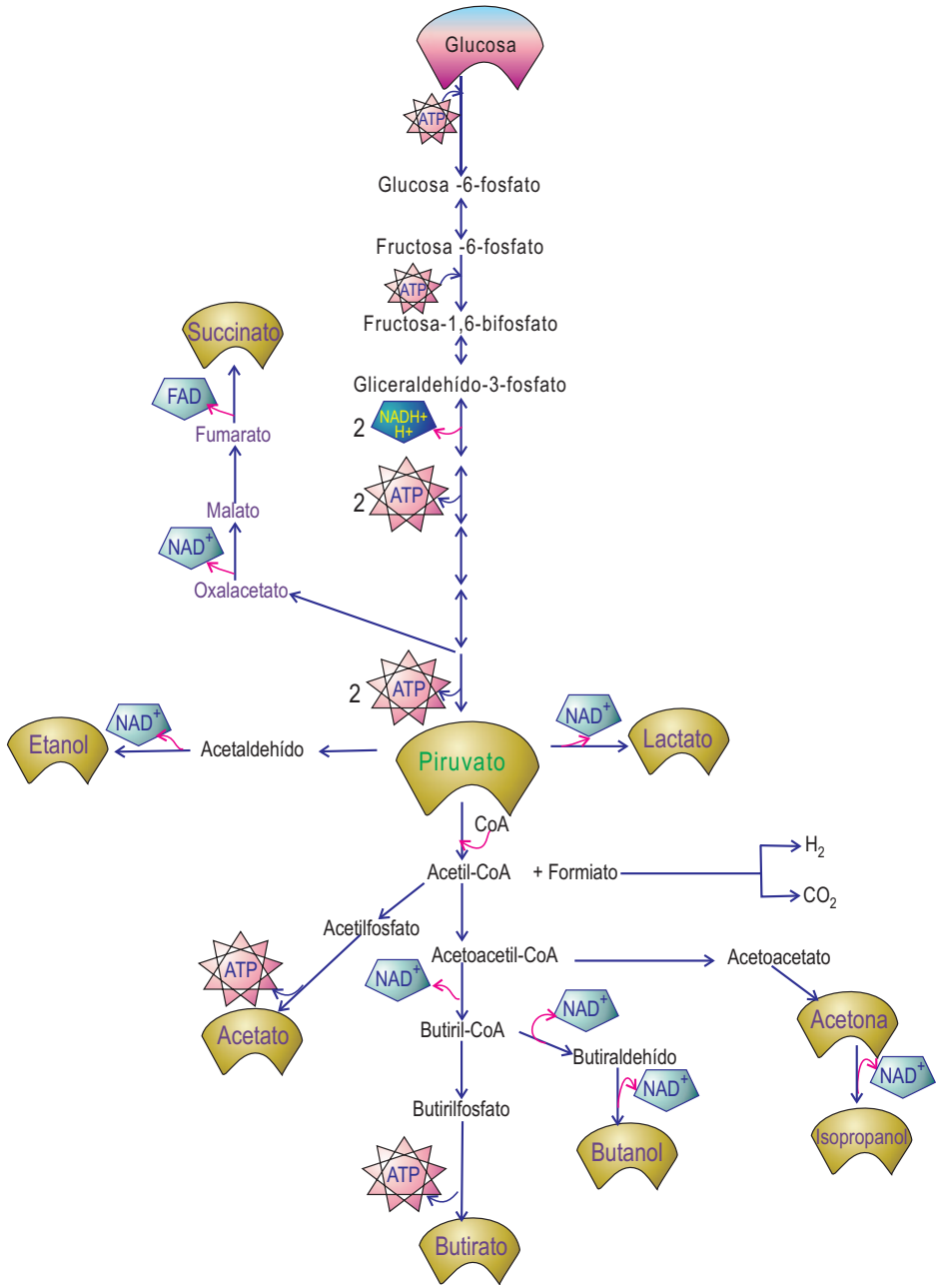
Para desarrollar los puntos 4.31. a 4.33. utilice el formato de selección múltiple con múltiple respuesta.

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.

4.31. La siguiente figura muestra diferentes productos de fermentación que varían dependiendo del tipo de microorganismo y del grado de reducción del sustrato de crecimiento, por ejemplo *Lactobacillus plantarum* elabora lactato, las levaduras y otros hongos como *Trichocladium canadense* producen etanol, *Clostridium sp*. hace butirato, butanol y acetona, *Escherichia coli* y otras *Enterobacteriaceae* producen una mezcla de lactato, etanol, acetato, succinato y formiato. Estas rutas metabólicas coinciden en que

1. la producción de ATP ocurre por fosforilación a nivel de sustrato y no requiere una cadena respiratoria.
2. regeneran NAD^+ a partir de NADH + H^+ para que continúe la glucólisis.
3. ocurren en condiciones anaerobias y producen ATP dos a tres veces más rápido que las aerobias, pero en cantidades menores.
4. siempre producen energía adicional a la que se deriva de la oxidación glucolítica de los monosacáridos.

Respuesta: _____


Glucosa
ATP
Glucosa -6-fosfato
Fructosa -6-fosfato
ATP
Fructosa-1,6-bifosfato
Gliceraldehído-3-fosfato
2
NADH+ H+
2
ATP
Succinato
FAD
Fumarato
Malato
NAD+
Oxalacetato
2
ATP
Etanol
NAD+
Acetaldehído
Piruvato
NAD+
Lactato
CoA
Acetil-CoA
+ Formiato
H2
CO2
Acetilfosfato
ATP
Acetato
Acetoacetil-CoA
NAD+
Acetoacetato
Acetona
NAD+
Isopropanol
Butiril-CoA
NAD+
Butiraldehído
NAD+
Butanol
Butirilfosfato
ATP
Butirato

4.32. En el planeta Tierra las primeras células surgieron hace 3,5 miles de millones de años, en una atmósfera reductora con el predominio de gases como NH_3, N_2, CO_2, H_2O, CH_4, H_2 y CO, bajo estas condiciones el catabolismo se caracterizó por

1. realizar glucólisis anaerobia con reducción del piruvato a lactato.
2. no requerir oxígeno para reoxidar el NADH + H^+.
3. producir 2 moles de ATP, por mol de glucosa.
4. utilizar lípidos como principal combustible.

Respuesta: _____

4.33. Algunas células humanas siguen realizando un ¨catabolismo primitivo¨ cuando tienen pocas o ninguna mitocondria, un aporte limitado de oxígeno o altas demandas de ATP; ejemplos de estas son

1. los eritrocitos.
2. las de la médula renal.
3. las del cristalino.
4. las del músculo esquelético.

Respuesta: _____

4.34. En el aparato reproductor femenino es normal la existencia de microorganismos anaerobios que generan productos metabólicos que disminuyen el pH, evitando así las infecciones debidas a patógenos. Estas bacterias benéficas en la vagina son

A. lactobacilos.
B. actinomicetos.
C. levaduras.
D. gonococos.

4.35. Los anfibios poseen pulmones simples, en consecuencia las células musculares tienen un aporte lento de oxígeno y su metabolismo es principalmente anaerobio.
Las ranas se destacan por sus huidas con saltos más rápidos en comparación con los de los sapos; varias investigaciones muestran que la enzima más abundante en los músculos de las patas de las ranas es la

A. lactato deshidrogenasa.
B. piruvato deshidrogenasa.
C. alcohol deshidrogenasa.
D. piruvato descarboxilasa.

Rana leopardo *(Rana pipiens)*

Sapo *(Bufo boreas)*

4.36. La caries es una enfermedad de origen infeccioso que se caracteriza por la destrucción química de los tejidos dentarios calcificados, afecta a todos independientemente de edad, sexo o raza. Se estableció que era poco frecuente en la antigüedad y que en la época romana solo la padecía del 10 al 20% de la población europea. En el siglo XVIII se incrementó al 40-50% debido a la llegada desde el Caribe del azúcar de caña; desde entonces este porcentaje se ha aumentado paulatinamente hasta alcanzar el 100% en la actualidad.

Consulte sobre la caries en:

GONZÁLEZ TEJADA, Jorge Julio y GONZÁLEZ PÉREZ, Syren. Los fluoruros en la prevención de la caries. En: Revista Científico estudiantil de ciencias médicas de Cuba 16 de abril, 2008. [citado 5 de septiembre de 2010]. Disponible en Internet: http://www.16deabril.sld.cu/rev/221/fluoruros.html#

MORALES LEÓN, José Ángel. et al. Generalidades bioquímicas del proceso cariogénico: causas y prevención. [citado 5 de septiembre de 2010]. Disponible en Internet:
http://www.revistaciencias.com/publicaciones/EkplFpplFFScOpHWwY.php

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

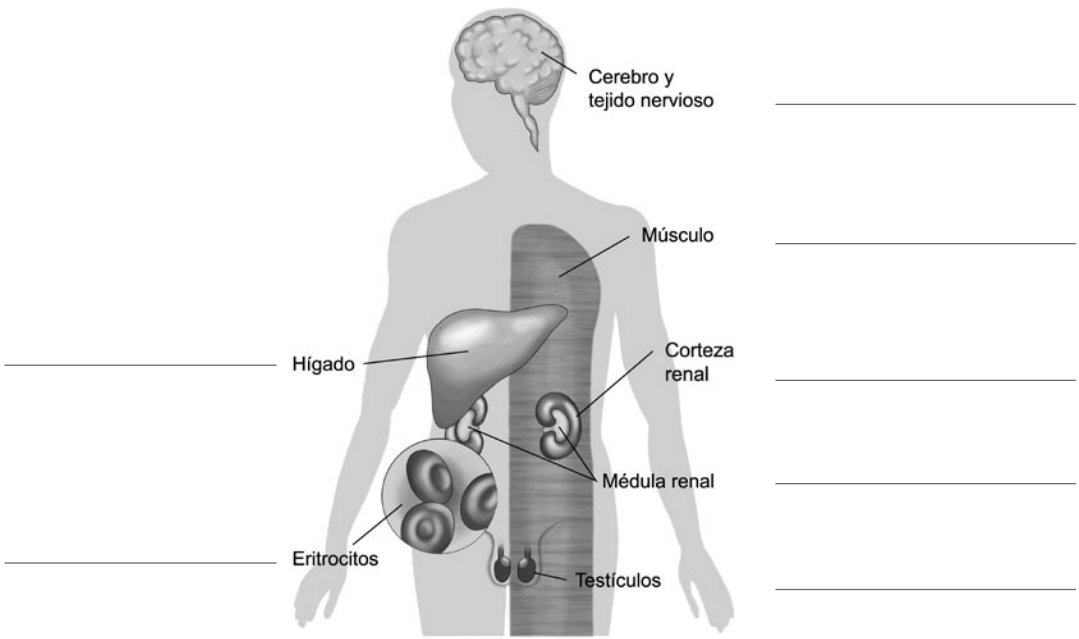
Explique cada uno de los siguientes factores reconocidos por controlar la placa bacteriana. Resalte su relación con la disponibilidad de carbohidratos y el metabolismo de los microorganismos de la cavidad oral.

a. Trabajo mecánico con cepillo y seda dental.
b. Menor ingesta de dulces entre comidas.
c. Uso de cremas con fluoruros para fortalecer los dientes, e inhibir una enzima.
d. Masticar chicle con endulzantes no calóricos, de acuerdo con su efecto sobre la salivación y el pH de la cavidad bucal.
e. Explique brevemente por lo menos dos teorías sobre el origen de la caries desde el punto de vista bioquímico.

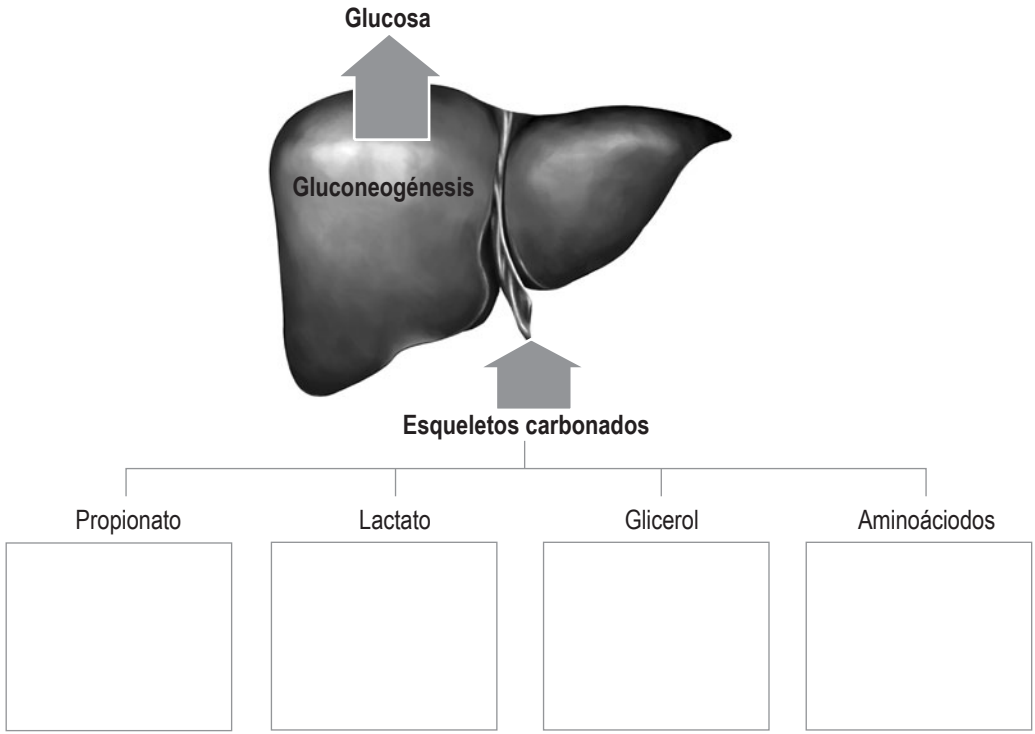
4.37. Complete la tabla con el significado etimológico de cada palabra.

Palabra	Significado
Gluconeogénesis	
Glucogenólisis	
Glucogenogénesis	
Glucólisis	

4.38. Los órganos o células que se muestran en la siguiente figura además de ser glucolíticos pueden ser gluconeogénicos o glucogenogénicos, escriba sobre la línea cuáles hacen las rutas mencionadas anteriormente.

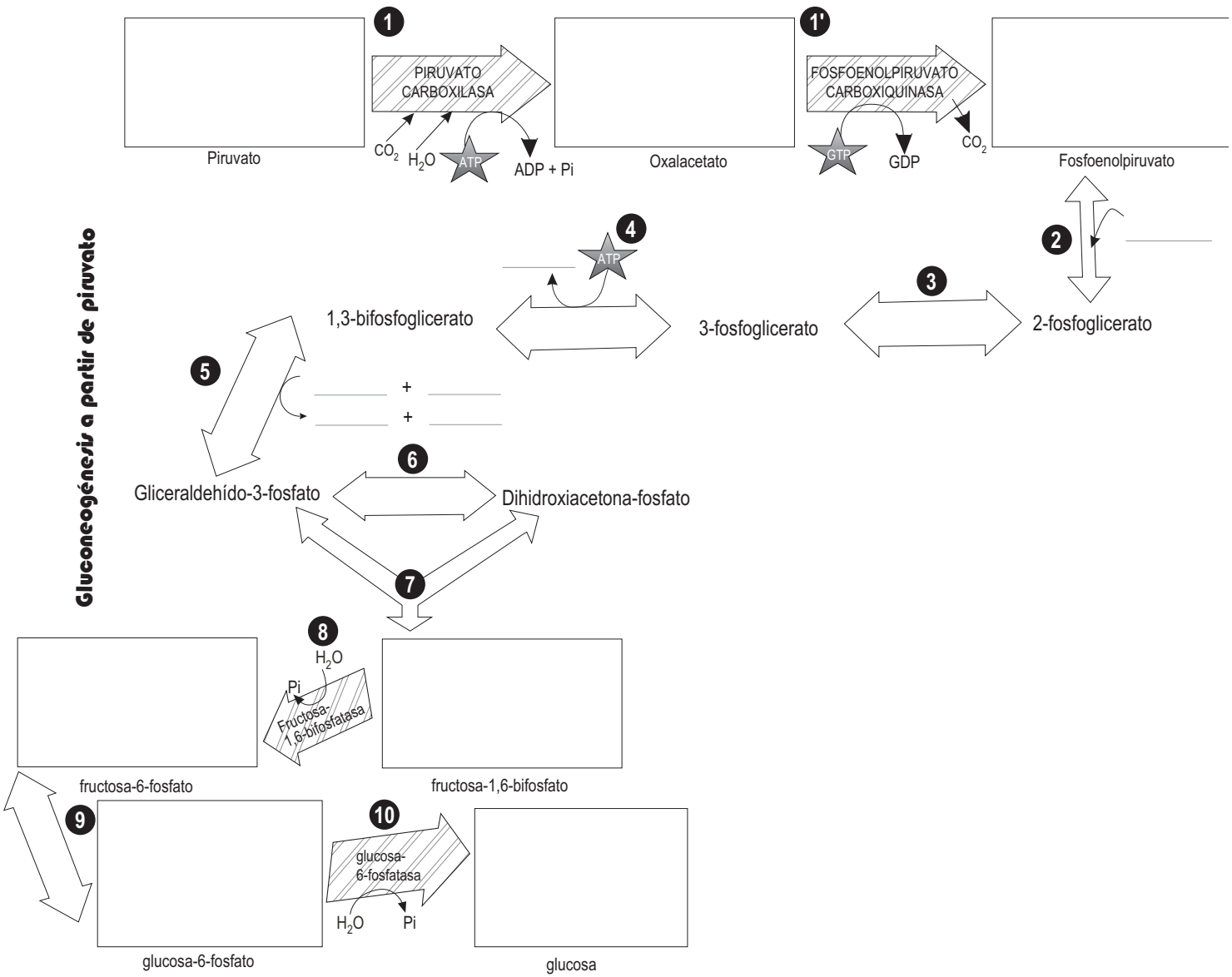


4.39. Complete la figura escribiendo en los cuadros la procedencia de cada compuesto gluconeogénico, incluyendo órgano o tipo celular y reacción o vía metabólica.



4.40. La ruta de la gluconeogénesis a partir de piruvato se ilustra en el siguiente esquema, complete cada reacción con:

a. Las estructuras de todos los metabolitos que intervienen dentro de los cuadros.
b. Los nombres de las enzimas comunes en la glucólisis y la gluconeogénesis dentro de las flechas.
c. Para las reacciones número 2, 4 y 5 escriba en las líneas los nombres o siglas de los compuestos faltantes (por ejemplo sustratos, coenzimas, agua, etc.).
d. Mencione las enzimas exclusivas de la gluconeogénesis y justifique su presencia en esta vía.


Gluconeogénese a partir de piruvato
1
PIRUVATO CARBOXILASA
Piruvato
CO_2
H_2O
ATP
ADP + Pi
Oxalacetato
1'
FOSFOENOLPIRUVATO CARBOXIQUINASA
GTP
GDP
CO_2
Fosfoenolpiruvato
2
2-fosfoglicerato
3
3-fosfoglicerato
4
ATP
1,3-bifosfoglicerato
5
+
+
Gliceraldehído-3-fosfato
6
Dihidroxiacetona-fosfato
7
8
H_2O
Pi
Fructosa-1,6-bifosfatasa
fructosa-6-fosfato
fructosa-1,6-bifosfato
9
10
glucosa-6-fosfatasa
H_2O
Pi
glucosa-6-fosfato
glucosa

4.41. Plantee la ecuación que representa el balance energético y la estequiometría de la gluconeogénesis a partir de piruvato. Explique si la ruta metabólica es catabólica o anabólica.

4.42. Complete la tabla indicando para cada órgano si la glucosa-6-fosfatasa está o no presente, y en consecuencia si libera o no glucosa en sangre.

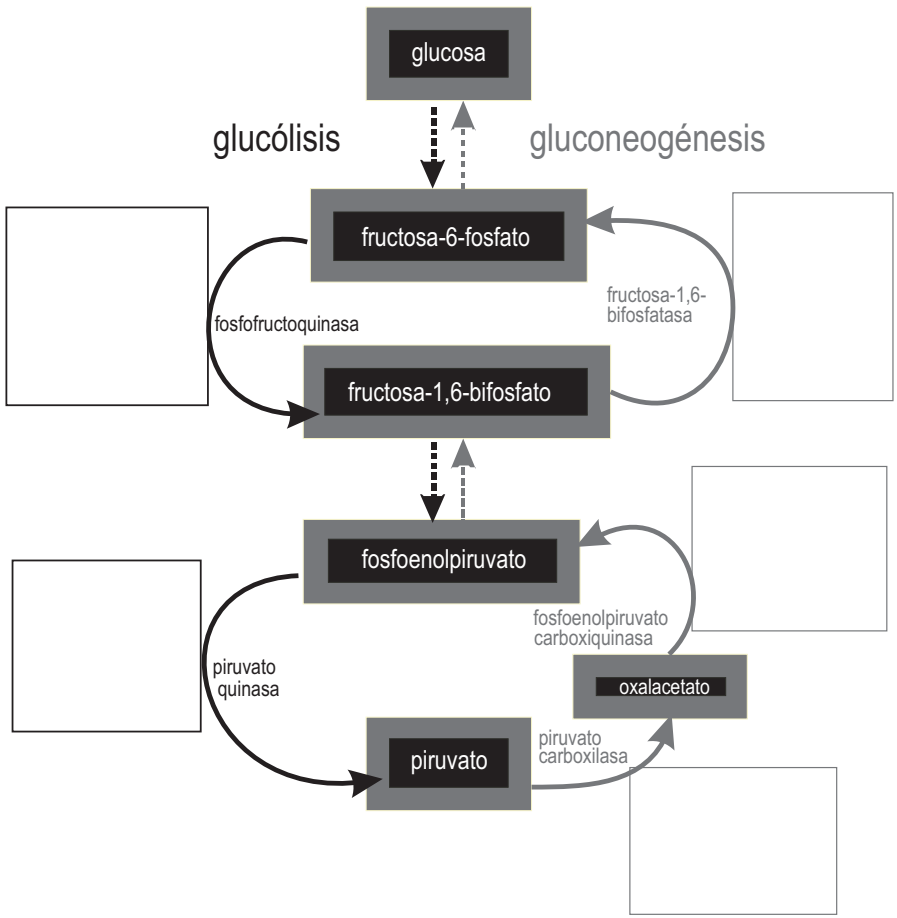
Órgano	Presencia o ausencia de glucosa-6-fosfatasa	Libera o no glucosa en sangre
Cerebro		
Hígado		
Músculo		

4.43. De acuerdo con la siguiente tabla explique cómo cambia la tasa de gluconeogénesis antes y durante una actividad física intensa, destacando la relación entre el músculo y el hígado.

			Actividad física	
		Reposo	40 minutos	240 minutos
Consumo de compuestos gluconeogénicos (mmol/minuto)	Producción de glucosa(mmol/min)	0,82	1,86	1,46
	Lactato	0,13	0,23	0,29
	Glicerol	0,02	0,10	0,21
	Aminoácidos	0,05	0,09	0,12

4.44. En las especies carnívoras el proceso de gluconeogénesis es continuo y se acelera tras la ingesta de su alimento rico en proteína y lípidos. Por medio de dos ejemplos con las reacciones correspondientes, ilustre el ingreso de un aminoácido y un producto de la hidrólisis de triglicéridos a la ruta gluconeogénica.

4.45. Complete la siguiente figura con los compuestos que modulan alostéricamente la actividad de las principales enzimas reguladoras de la glucólisis y gluconeogénesis, elija entre ATP, AMP, ADP, citrato, acetilCoA, alanina, fructosa-2,6-bifosfato y fructosa-1,6-bifosfato. Indique en cada caso si es inhibidor (-) o activador (+).



Para desarrollar los puntos 4.46. y 4.47. utilice 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.

4.46. En el ser humano las enfermedades asociadas con deficiencias hereditarias de las enzimas de la gluconeogénesis se describen en la siguiente tabla.

Enzima deficiente	Características específicas de la enfermedad
Fructosa-1,6-bifosfatasa	Aumento del tamaño del hígado (hepatomegalia) como consecuencia del almacenamiento de lípidos.
Piruvato carboxilasa	Lesiones cerebrales por degeneración de la materia gris y proliferación capilar del tronco encefálico, con mortalidad precoz.
Fosfoenolpiruvato carboxiquinasa	Hepatomegalia y alteraciones del crecimiento y desarrollo.

Estas patologías tienen en común, según la función de las enzimas de la ruta gluconeogénica, que se

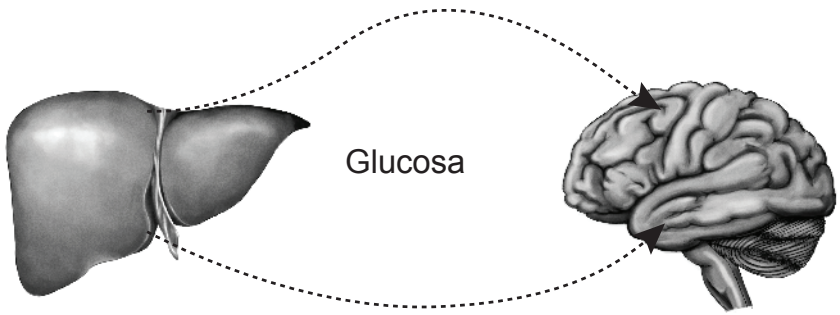
1. acumulan alanina y piruvato plasmáticos.
2. aumenta la glucogenólisis.
3. aumenta la lipólisis.
4. disminuye la glucosa en sangre o glicemia.

Respuesta: _____

4.47. El cerebro de un adulto consume glucosa como principal fuente de energía a una velocidad de 31 mM/100 g/min, equivalente a 104,458 g al día. Entre comidas o en ayuno permanente, las células del sistema nervioso dependen del hígado que libera glucosa a la sangre por medio de la

1. glucólisis.
2. gluconeogénesis.
3. glucogenosíntesis.
4. glucogenólisis.

Resultados: _____



4.48. El ácido láctico es un producto terminal del metabolismo anaeróbico de la glucosa, el nivel sérico de este sin actividad física alcanza los 2 mEq/L y durante el ejercicio puede elevarse hasta 4 mEq/L. En condiciones normales la mayor parte de este metabolito se capta de forma muy eficaz por el hígado y se utiliza en la gluconeogénesis, sin embargo, cuando se producen incrementos considerables de las cifras de lactato sérico, con disminución del metabolismo de conversión de lactato a piruvato se llega a un cuadro clínico de acidosis metabólica grave que puede llevar a la muerte.

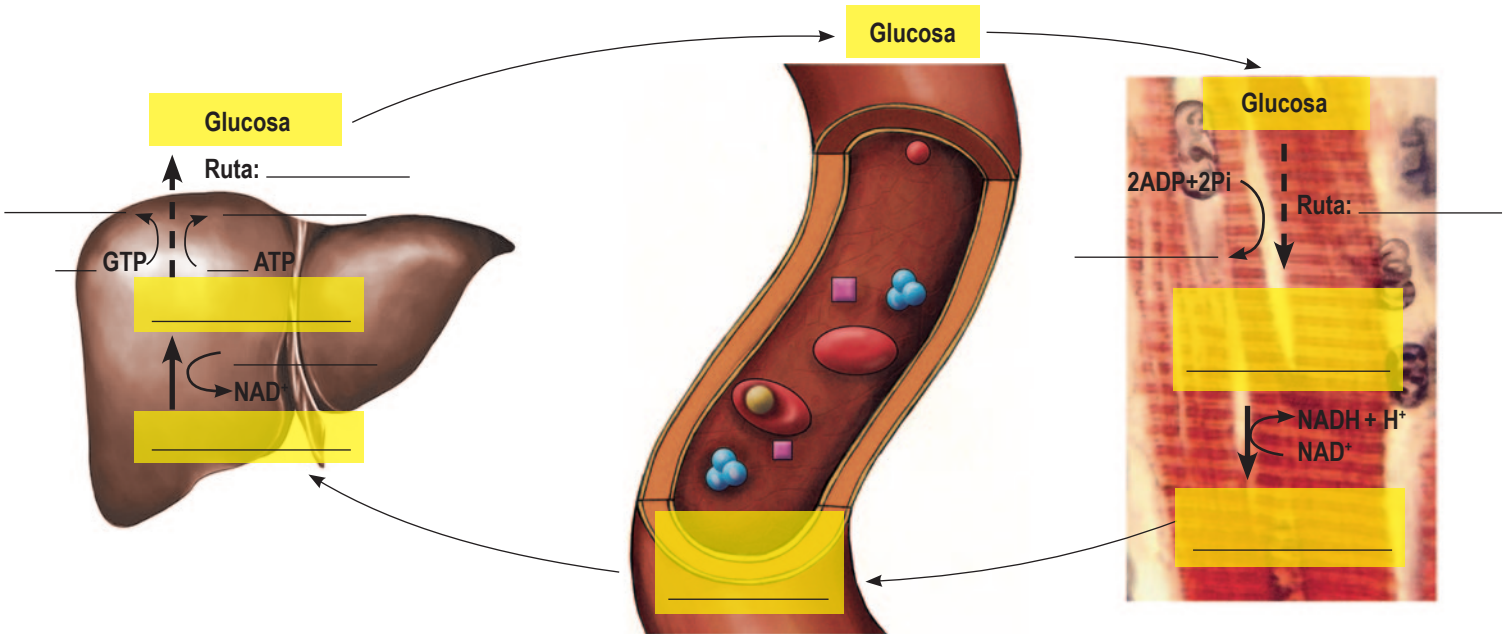
Sobre la acidosis metabólica por lactato consulte:

a. La definición.

b. Las consecuencias en el metabolismo de la glucosa y función muscular.

c. Los efectos cardiovasculares, respiratorios y cerebrales.

4.49. La siguiente figura ilustra el ciclo de Cori, complétela escribiendo los nombres de las rutas implicadas, los principales intermediarios y los cambios en los nucleótidos energéticos NADH, ATP y GTP.



4.50. Desde la antigüedad el ser humano usó las fermentaciones para la conversión del mosto en vino, de la cebada en cerveza, o de los carbohidratos en dióxido de carbono para hacer pan; en estos procesos se suelen dejar las bebidas en toneles o cubas por ciertos períodos de tiempo o cubrir la masa en maduración con un paño para

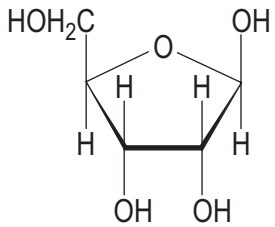
A. aumentar el CO_2 disponible para las bacterias.

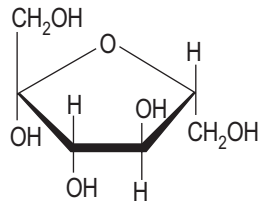
B. disminuir el oxígeno disponible para los hongos.

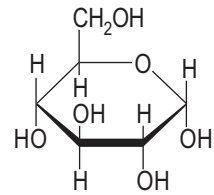
C. aumentar los azúcares disponibles para la glucólisis.

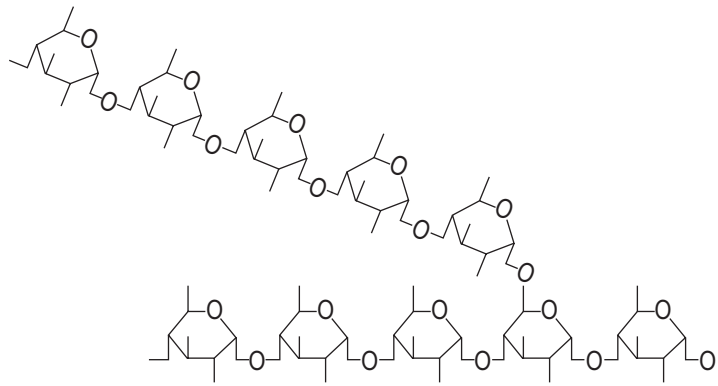
D. disminuir el etanol disponible para los protozoos.

4.51. La molécula abundante en el fluido seminal humano que actúa como fuente de energía para los espermatozoides es

A. 

B. 

C. 

D. 

4.52. Las células de mamíferos tienen en promedio 200 mitocondrias, pero los miocitos cardíacos y los espermatozoides contienen más de estos organelos. De acuerdo con lo anterior:

a. Describa brevemente si el metabolismo de las células germinales es anaerobio o aerobio.

b. ¿Las mitocondrias en los cigotos producto de la fusión del óvulo y el espermatozoide provienen de ambos gametos o solo de uno?

Desarrolle los puntos 4.53. a 4.58. teniendo en cuenta el siguiente texto y figura.

Para tolerar hábitats con anoxia, en los vertebrados existen dos estrategias, una es la que han desarrollado las tortugas (*Trachemys sp*. y *Chrysemys sp*.) que consiste en reducir al mínimo todas las vías metabólicas para permanecer en un estado de ¨animación suspendida¨, sobreviviendo durante meses inclusive a bajas temperaturas, hasta que retorne el suministro de oxígeno.

Sin embargo, esta maniobra metabólica de los reptiles lleva a dificultades porque no pueden defenderse de los predadores o cambios ambientales.

El otro mecanismo que resulta más efectivo para sobrevivir en anoxia se observa en algunos peces ornamentales (*Carassius auratus*), que pueden permanecer activos obteniendo energía de las vías metabólicas anaerobias como se ilustra en la siguiente figura. Con esta estrategia se alcanza solo hasta el 10% del rendimiento en ATP con respecto del catabolismo aerobio, pero que se puede prolongar por mucho tiempo.

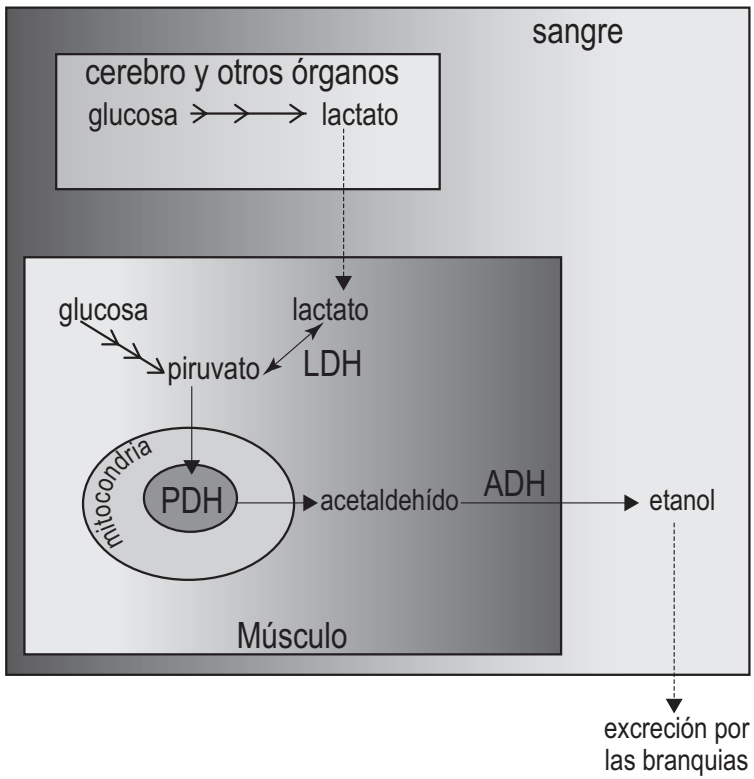


Figura adaptada de: LUTZ, Peter and GORANE, Nilsson . Contrasting strategies for anoxic brain survival – glycolysis up or down. En: The Journal of Experimental Biology. 1997. no. 200. p. 411 –419.

4.53. Los peces dorados o bailarinas toleran bien el frío, la contaminación y los bajos niveles de oxígeno en el agua, haciéndolos aptos para adornar estanques de parques recreativos con alta intervención humana. Para obtener energía en estas condiciones extremas el combustible que utilizan y la vía catabólica activa tanto en cerebro, músculo e hígado son respectivamente

A. carbohidratos / glucólisis.
B. proteínas / proteólisis.
C. lípidos / lipólisis.
D. nucleótidos / ureogénesis.

Carassius auratus

4.54. En el cerebro de *Carassius auratus* las concentraciones del polisacárido de reserva energética oscila entre 12,8 a 19,5 µmol/g de hexosa. Esta concentración es considerablemente más alta que en organismos intolerantes a la anoxia, como las ratas, en donde varía entre 2,2 a 3,2 µmol/g. El polímero presente en estos peces ornamentales responsable de dicha capacidad es

A. carragenina.
B. celulosa.
C. almidón.
D. glucógeno.

4.55. En los peces dorados el complejo enzimático cuya sigla es PDH, está presente en las mitocondrias, descarboxila el piruvato y produce acetaldehído. Por el contrario, en los músculos humanos el mismo catalizador genera acetil CoA que ingresa al ciclo de Krebs para continuar con la tercera fase oxidativa. La abreviatura antes mencionada corresponde al nombre de

A. polifenol deshidrogenasa.
B. piruvato deshidratasa.
C. piruvato deshidrogenasa.
D. piruvato dihidrolipoil hidrogenasa.

4.56. La sigla LDH identifica al catalizador que facilita la reacción reversible de lactato a piruvato en cerebro y músculo de *C. auratus*. Esta enzima es dependiente de

A. $NAD^+(NADH + H^+)$
B. FAD ($FADH_2$)
C. $NADP^+(NADPH + H^+)$
D. TPP

4.57. El lactato es el producto final de la glucólisis anaerobia en los vertebrados, excepto en el género *Carassius* que produce otro compuesto sin las limitaciones musculares asociadas por auto-intoxicación debida a la acidosis. La fórmula de la molécula que se elimina por las branquias es

A. CH_3OH
B. CH_3CH_2OH
C. $HOOC\text{-}CHOH\text{-}CH_3$
D. $^-OOC\text{-}CO\text{-}CH_3$

4.58. En los seres humanos la enzima ADH se encuentra en el citosol de las células hepáticas, por el contrario en los peces dorados o bailarinas tiene una distribución única en el músculo esquelético y por lo tanto más amplia dada la biomasa de este tejido. La clasificación sistemática de este catalizador es

A. 1. Oxidorreductasa.
   1.1. Actúa sobre los grupos CH-OH.
   1.1.1. Como aceptor NAD^+ o $NADP^+$.

B. 1.Oxidorreductasa.
   1.2. Actúa sobre el grupo funcional de aldehídos y cetonas.
   1.2.2. Como aceptor un citocromo.

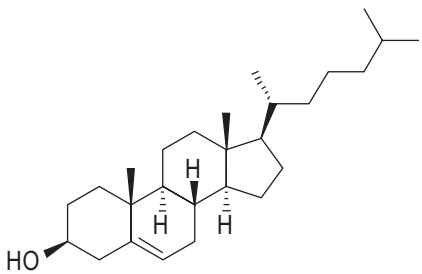
C. 1. Oxidorreductasa.
   1.2. Actúa sobre grupos aldehído u oxo.
   1.2.7. Como aceptor una proteína con centro de hierro-azufre.

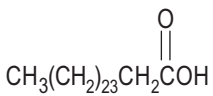
D. 2. Transferasa.
   2.3. Aciltransferasa.
   2.3.1. Transfiere grupos acilo excepto de amino-acilo.

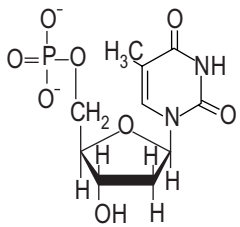
Para desarrollar los puntos 4.59. y 4.60. utilice el formato de selección múltiple con múltiple respuesta.

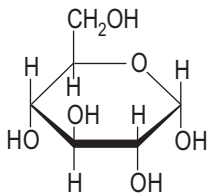
Marque A si 1, 2 y 3 son correctas. Marque B si 1 y 3 son correctas. Marque C si 2 y 4 son correctas. Marque D si todas son correctas.

4.59. El NADPH + H^+ es la unidad de poder reductor necesaria para la biosíntesis de

1. 

2. 

3. 

4. 

Respuesta: _____

4.60. Las fases de la ruta de las pentosas fosfato o del fosfogluconato son la

1. oxidativa.
2. de generación de energía.
3. no oxidativa.
4. de activación.

Respuesta: _____

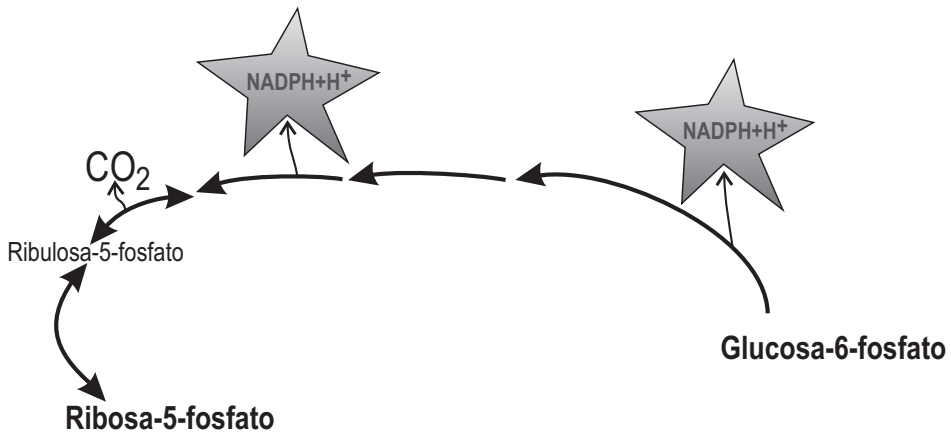
4.61. La siguiente modalidad de la ruta de las pentosas fosfato ocurre en las células cuando

A. las necesidades de NADPH + H^+ y ribosa-5-fosfato para la síntesis de lípidos y nucleótidos están equilibradas.

B. requieren más ribosa-5-fosfato que NADPH como preparación a la división celular.

C. tienen una mayor demanda de poder reductor, por ejemplo en las glándulas mamarias para biosíntesis de ácidos grasos.

D. las necesidades de nucleótidos o de poder reductor son moderadas, entonces los productos de la fase no oxidativa se usan para la generación de energía.



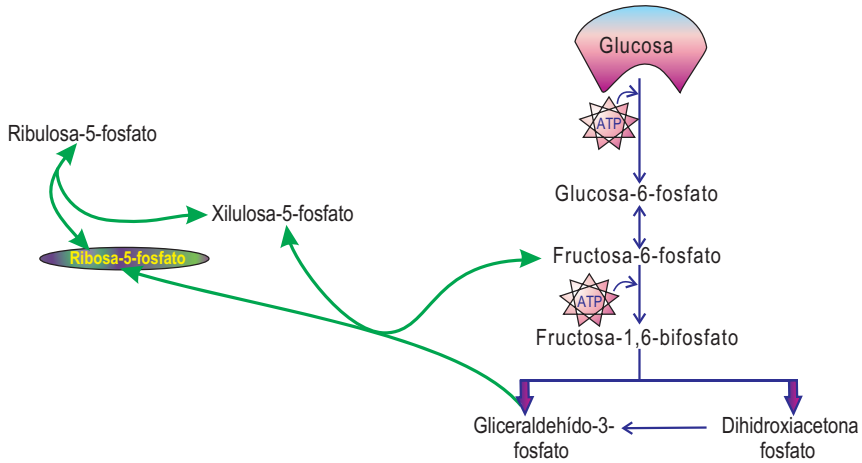
4.62. Los tipos celulares o tejidos conocidos como lábiles, se multiplican toda la vida y se sustituyen de manera continua a partir de células madre. Como ejemplo tenemos: la piel, el endometrio, las células linfoides y hematopoyéticas, y las mucosas oral, vaginal, del cérvix, del aparato digestivo, respiratorio y excretor. En todos estos casos los intermediarios y las enzimas de la ruta de las pentosas fosfato que se ilustran en la figura, se utilizan constantemente para satisfacer la necesidad de

A. NADPH + H^+ y ribosa-5-fosfato para síntesis de lípidos y nucleótidos en forma equilibrada.

B. una mayor cantidad de ribosa-5-fosfato en comparación con la de NADPH + H^+.

C. poder reductor para biosíntesis de ácidos grasos.

D. energía ante requerimientos moderados de nucleótidos o de poder reductor.



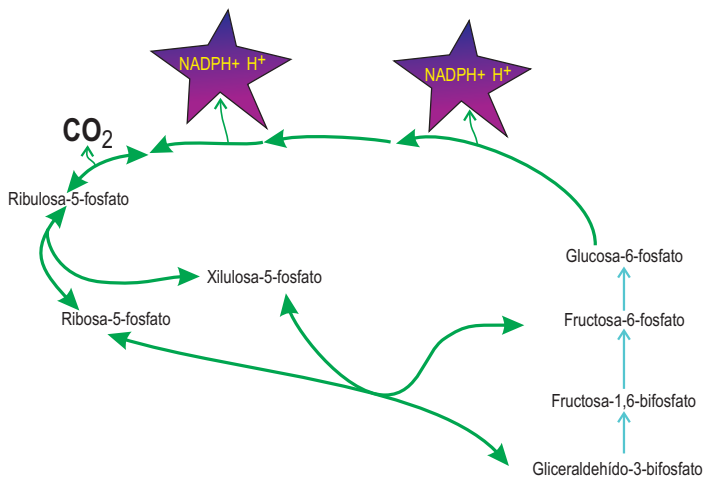
4.63. En las células del hígado, testículos, tejido adiposo, ovarios y en las de la glándula mamaria y adrenal se realiza la siguiente modalidad de la ruta de las pentosas fosfato, para satisfacer la demanda

A. equilibrada de NADPH + H^+ como de ribosa-5-fosfato.

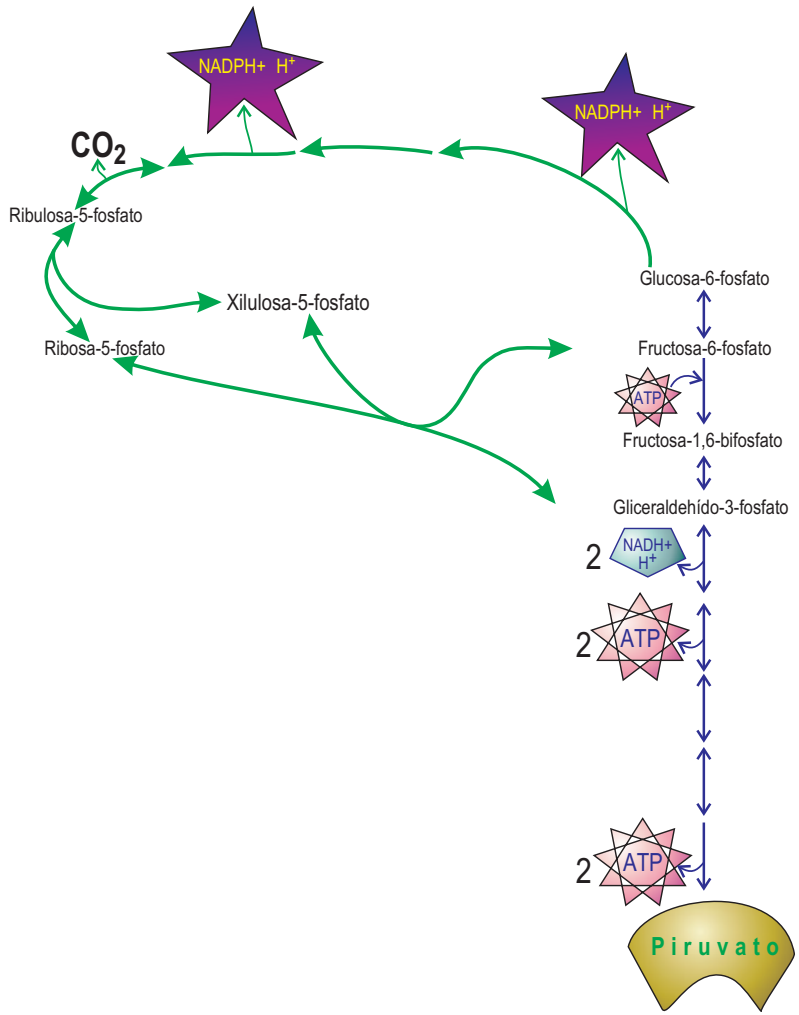
B. mayoritaria de ribosa-5-fosfato en comparación con la de NADPH + H^+.

C. principal de NADPH, en comparación a la de ribosa-5-fosfato para la biosíntesis de esteroides y ácidos grasos.

D. energética, ante requerimientos moderados de nucleótidos o de poder reductor.



4.64. En la mayoría de las células ocurre la siguiente modalidad de la ruta de las pentosas fosfato cuando



A. las necesidades de NADPH + H^+ y ribosa-5-fosfato están equilibradas, para la síntesis de lípidos y nucleótidos.

B. requieren más ribosa-5-fosfato que NADPH + H^+ como paso previo a la división celular.

C. tienen una mayor demanda de poder reductor, por ejemplo en las glándulas mamarias para la biosíntesis de ácidos grasos.

D. las necesidades de nucleótidos o de poder reductor son moderadas, entonces los productos de la fase no oxidativa se usan para la generación de energía.

4.65. En los pacientes que padecen de anemia hemolítica ocasionada por la deficiencia de una de las enzimas de la ruta del 6-fosfogluconato en los eritrocitos, el consumo de algunos fármacos y de habas, aumentan la expresión de los síntomas de esta enfermedad. Consulte:

a. ¿Por qué se considera una enfermedad de origen molecular?

b. ¿Cuáles son los síntomas de la enfermedad?

c. ¿Cuál es la relación con el mantenimiento del glutatión reducido y la protección contra el estrés oxidativo?

d. ¿Por qué se debe evitar la ingesta de habas?

e. ¿Cómo esta patología protege contra la malaria a ciertos grupos étnicos?

4.66. Complete la siguiente oración con las palabras en orden de una de las siguientes opciones.

La ruta de las pentosas fosfato se regula por el _____ como efector alostérico positivo de la enzima_____ .

A. $NADP^+$ / glucosa-6-fosfato deshidrogenasa.

B. NADPH / gluocosa-6-fosfato deshidrogenasa.

C. NAD^+ / fosfo glucolactonasa.

D. NADH / 6-fosfogluconato deshidrogenasa.

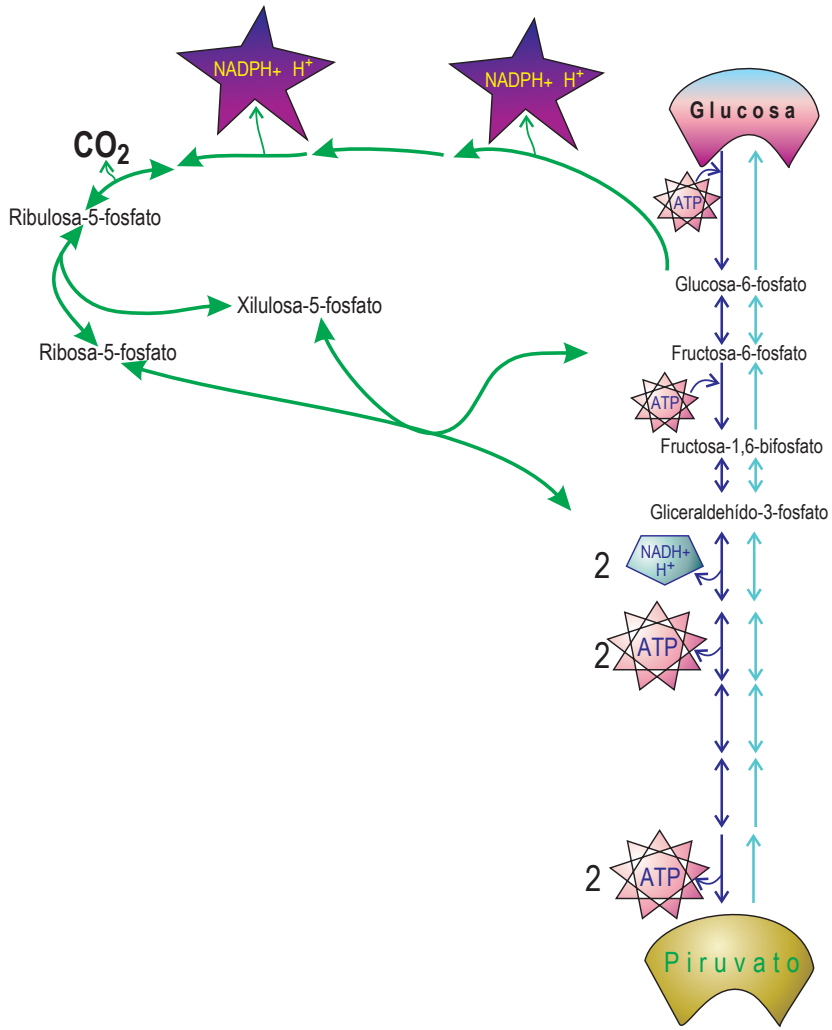
4.67. La siguiente figura ilustra la relación entre

A. ciclo de Cori, glucogénesis y ciclo de Krebs.

B. síntesis de aminoácidos, ciclo de la urea y ciclo del glioxilato.

C. la vía de las pentosas fosfato, glucólisis y gluconeogénesis.

D. biosíntesis de colesterol, glicólisis y lipólisis.



4.68. En el cerebro la concentración del glicógeno almacenado es de 2 a 4 mM/g, que corresponde solamente a una centésima parte de la hepática; estos niveles sirven como fuente de energía para su funcionamiento por máximo 10 minutos. La célula del cerebro humano que en condiciones normales de salud contiene este polisacárido es

A. la célula de Müller.
B. el astrocito.
C. el oligodendrocito.
D. la neurona.

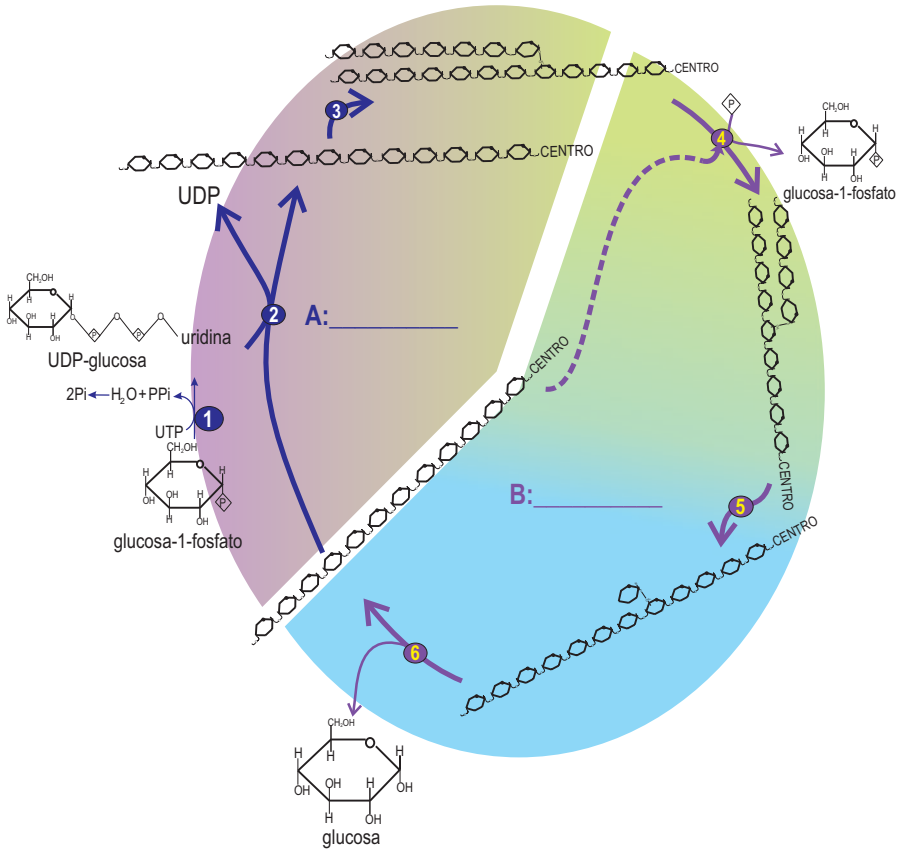
4.69. La enfermedad de Lafora descrita en 1911 por el español Gonzalo Rodríguez Lafora se caracteriza porque las neuronas acumulan polímeros de glucosa en las dendritas y neuritas. Sobre esta patología consulte:

a. ¿Por qué este polímero de glucosa se considera glucógeno aberrante?

b. Síntomas y evolución de esta patología hereditaria.

c. ¿Cómo se relaciona la acumulación de glucógeno aberrante con la apoptosis neuronal?

4.70. A continuación se ilustra la secuencia de reacciones del metabolismo del glucógeno. Complete la figura con los nombres de las rutas (A) y (B), además de la información que se solicita en la tabla.



Número de cada reacción en la figura	Clasificación sistemática del catalizador	Nombre de la enzima	Nombre de la clase, de acuerdo con la reacción catalizada
1	2.7.7.9		
2	2.4.1.11		
3	2.4.1.18		
4	2.4.1.1		
5	2.4.1.25		
6	3.2.1.33		

4.71. En todo tipo de organismos, desde los humanos hasta las levaduras, el glucógeno es una fuente de energía. Consulte sobre las enzimas que participan en la degradación de esta macromolécula y desarrolle las siguientes preguntas (incluya figuras para explicar sus respuestas).

a. ¿Cuáles son alostéricas?

b. ¿Cómo se regula su actividad por modificación covalente?

c. ¿Qué aminoácidos se modifican en las conformaciones en estado R (relajado) o T (tenso)?.

Bibliografía sugerida: http://www.rcsb.org/pdb/home/home.do.

4.72. En el centro de la estructura del glucógeno, una molécula muy ramificada como se aprecia en la siguiente figura, se encuentra una proteína que autocataliza la unión covalente de la primera glucosa del polisacárido con uno de sus aminoácidos de cadena lateral fenólica y luego facilita la prolongación de este polímero hasta alcanzar siete residuos de glucosa adicionales; el alargamiento posterior lo realiza la glucógeno sintasa. La proteína central y el residuo de esta que se asocia a la primera glucosa en la síntesis del glicógeno son respectivamente

A. glucogenina / tirosina.

B. glucoforina / treonina.

C. laforina / ornitina.

D. ferrirtina / glutamina.

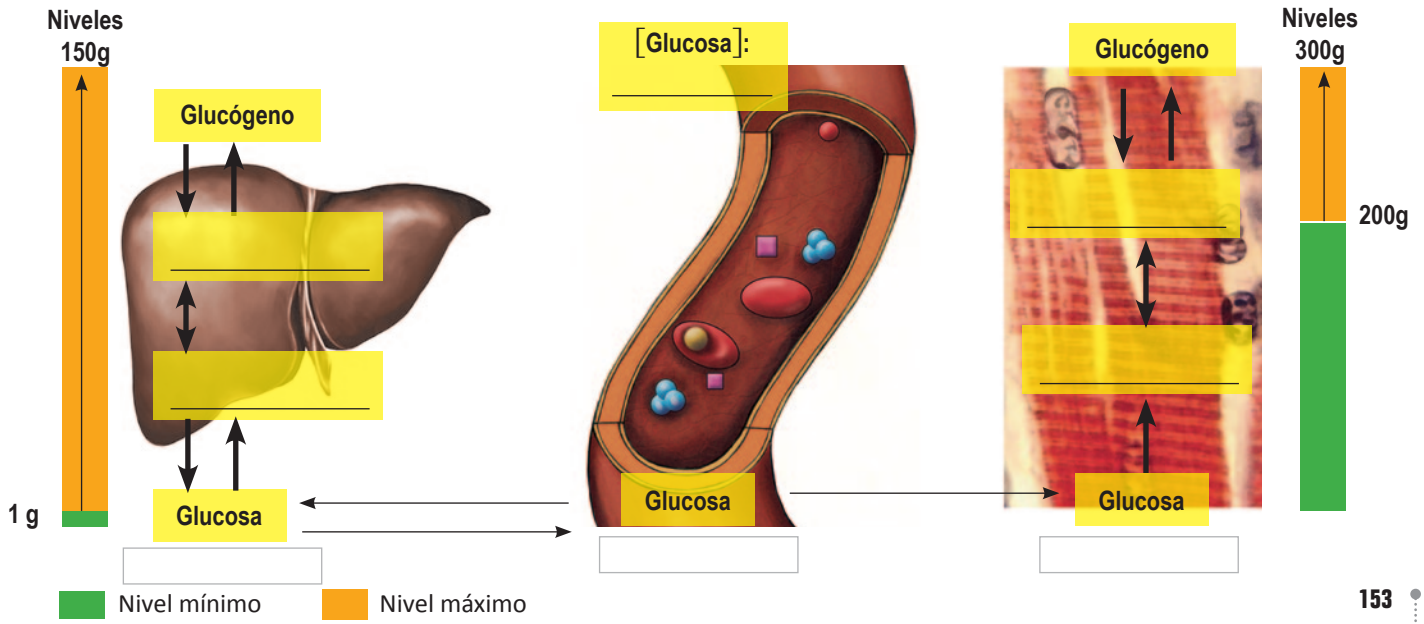
4.73. Complete la siguiente figura que representa el metabolismo del glucógeno.

a. En el recuadro escriba el nombre del órgano correspondiente.

b. En la línea correspondiente escriba el rango normal de concentración de glucosa en sangre.

c. En las líneas correspondientes escriba los nombres de los principales intermediarios en las vías metabólicas de cada órgano.

d. Compare la variación de la cantidad de glucógeno en el hígado y en el músculo.



4.74. Los humanos podemos almacenar hasta 450 g de glucógeno en todo el cuerpo. El mayor depósito de este polímero por gramo de tejido está en el

A. músculo. B. hígado. C. cerebro. D. corazón.

4.75. El órgano con mayor fluctuación en los niveles de glucógeno y que actúa como regulador de la concentración de la glucosa en sangre es el

A. cerebro. B. riñón. C. hígado. D. músculo.

4.76. El órgano o tejido que realiza glucogenólisis para gasto energético local es el

A. músculo. B. hígado. C. cerebro. D. tejido adiposo.

4.77. En la siguiente tabla encuentra los principales trastornos hereditarios del metabolismo del glucógeno conocidos como glucogenosis, que en conjunto tienen una prevalencia de 1:20.000 a 1:25.000, siendo los tipos I, II, III y IV los más frecuentes.

Complete la información sobre cada enfermedad, destacando en la última columna los efectos sobre los niveles de glucosa en sangre, acumulación de glucógeno en órganos, organelos y/o tolerancia al ejercicio. SMITH, Colleen; MARKS, Allan y LIEBERMAN, Michael. Bioquímica básica de Marks: un enfoque clínico. 2 ed. Madrid: McGraw Hill-Interamericana, 2006.

Tipo	Nombre	deficiencia enzimática	Órganos afectados	Consecuencia
I	Enfermedad de von Gierge			
II	Enfermedad de Pompe			

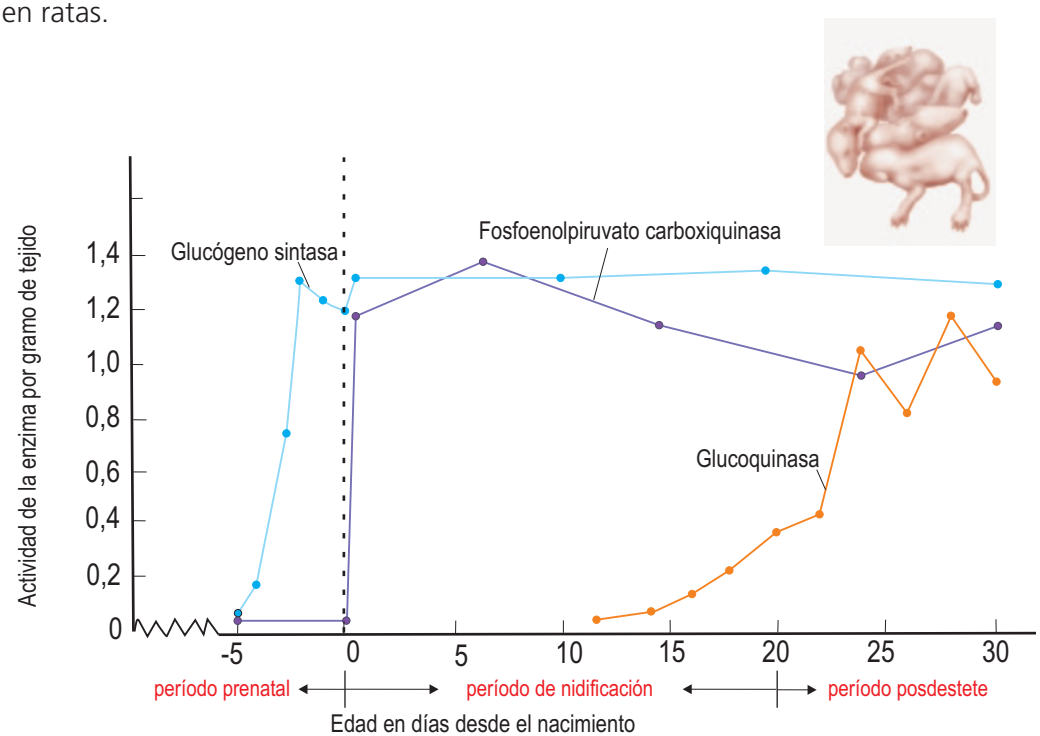
Tipo	Nombre	deficiencia enzimática	Órganos afectados	Consecuencia
III	Enfermedad de Cori			
IV	Enfermedad de Andersen			
V	Enfermedad de McArdle			
VI	Enfermedad de Hers			

Para contestar las preguntas 4.78. a 4.82., lea el siguiente texto y observe la figura.

El feto de los mamíferos tiene un abastecimiento constante de oxígeno y nutrientes desde la madre durante la vida intrauterina. Luego del nacimiento y de retirar el cordón umbilical entra en un período crítico de dependencia del entorno, en el que en el mejor de los casos la lactancia materna se da entre las 12 a 24 horas después del parto; por lo tanto, en este momento el bebé debe obtener energía a partir de los compuestos de almacenamiento que acumuló dentro del vientre materno.

Durante el nacimiento y hasta cinco días después del parto, los mamíferos tienen bajos niveles de glucosa en sangre y se libera desde el hígado este azúcar, principalmente para el cerebro. Cuando ya existe un aporte de nutrientes exógenos la glicemia va aumentando poco a poco hasta alcanzar niveles normales.

Los ajustes metabólicos necesarios en los períodos arriba mencionados se ilustran en la siguiente figura en la que se resaltan las principales enzimas alostéricas del metabolismo de carbohidratos en ratas.



Adaptado de: HILL, Richard; WYSE, Gordón y ANDERSON, Margaret. Fisiología animal. España: Médica Panamericana, 2006.

4.78. Las tres enzimas de la gráfica corresponden respectivamente, a las rutas metabólicas conocidas como

A. glucogenosíntesis / gluconeogénesis / glucólisis.

B. glucogenólisis / glicólisis / ciclo de Cori.

C. ácido glucurónico / glucogenogénesis / fosfogluconato.

D. hexosas monofosfato / ciclo de alanina / pentosas fosfato.

4.79. La figura ilustra la actividad de los catalizadores en el tejido

A. nervioso (cerebro).
B. muscular (músculo estriado).
C. adiposo (grasa subcutánea).
D. hepático (hígado).

4.80. En las ratas como en muchos mamíferos, unos días antes del nacimiento se adquiere la capacidad de sintetizar

A. piruvato.
B. glucosa.
C. glucógeno.
D. pentosas.

4.81. Durante la nidificación las enzimas más activas indican que el recién nacido se encuentra en una etapa de

A. hiperglicemia.
B. hipoglicemia.
C. glicemia basal.
D. glicemia aleatoria.

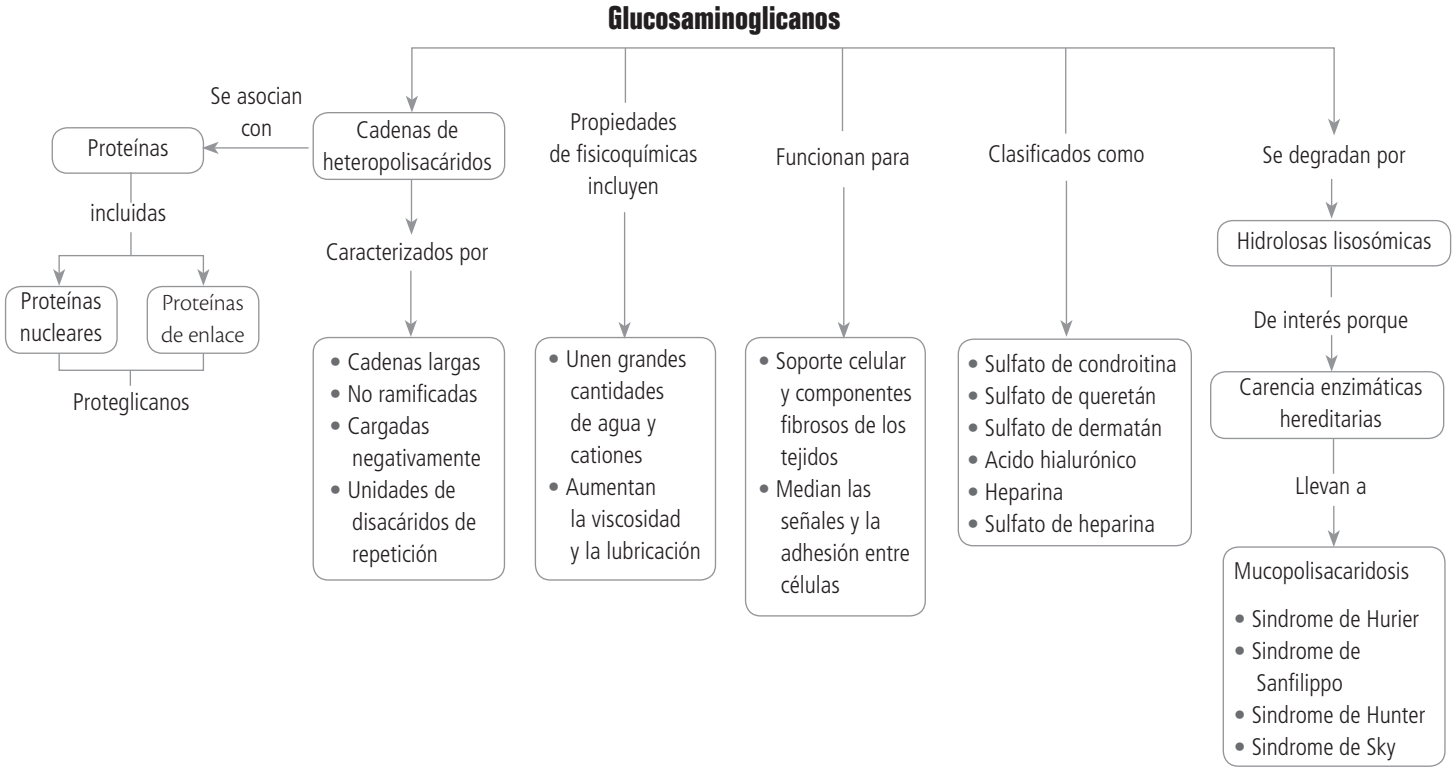
4.82. En todos los mamíferos en condiciones normales, durante las primeras dos semanas de vida se inactiva el consumo de glucosa en el hígado, por lo tanto disminuye la

A. gluconeogénesis.
B. glucólisis.
C. lipólisis.
D. proteólisis.

CAPÍTULO

5

Otras funciones de los carbohidratos

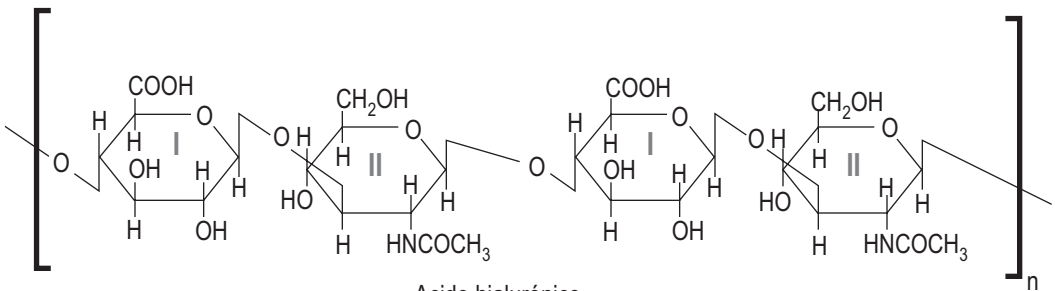


CHAMPE, Pamela, HARVEY, Richard y FERRIER, Denise. Bioquímica España: Lippincott, 2008. P. 171

Los glucosaminoglicanos son heteropolisacáridos en los que la unidad de repetición es un disacárido formado por los componentes I y II ([azúcar ácido – aminoazúcar]n), los cuales se enlazan entre sí según se describe en la tabla.

ESTRUCTURA DE ALGUNOS GLICOSAMINOGLICANOS

Polisacárido	Componente I Ácido urónico o hexosa	Componente II hexosamina sustituida	Enlace (I→II)	Enlace (II→I)
Ac.hialurónico	D-glucurónico	N-acetilglucosamina	β(1→3)	β(1→4)
Condroitina	D-glucurónico	N-acetilgalactosamina	β(1→3)	β(1→4)
Condroitín-4-sulfato	D-glucurónico	N-acetilgalactosamina-4-sulfato	β(1→3)	β(1→4)
Condroitín-6-sulfato	D-glucurónico	N-acetilgalactosamina-6-sulfato	β(1→3)	β(1→4)
Dermatánsulfato	L-idurónico	N-acetilgalactosamina-4-sulfato	β(1→3)	β(1→4)
Heparina	L-idurónico-2-sulfato o D-glucurónico	N-sulfonilglucosamina -6-sulfato	β(1→4)	β(1→4)
Queratánsulfato	D-galactosa	N-acetilglucosamina-6-sulfato	β(1→4)	β(1→3)
Heparánsulfato	L-idurónico-2-sulfato	N-sulfonilglucosamina -4-sulfato (con menor grado de sulfonación y presenta acetilación)	β(1→4)	β(1→4)



Acido hialurónico

Desarrolle los puntos 5.1. a 5.7. con el formato de selección múltiple con única respuesta, teniendo en cuenta la información anterior.

5.1. Por su composición estructural el glicosaminoglicano en el cual predomina el ácido idurónico es

A. el ácido hialurónico.
B. el sulfato de condroitina.
C. el sulfato de dermatán.
D. la heparina.

5.2. El glucosaminoglucano formado por el disacárido unido por un enlace O-glicosídico β(1→4) a N-acetilglucosamina-6-sulfato es

A. ácido hilarónico.
B. queratán sulfato.
C. dermatán sulfato.
D. heparán sulfato.

5.3. El ácido hialurónico se origina en los fibroblastos humanos y es abundante en los animales placentarios. Se produce industrialmente por biotecnología para utilizarlo en cosmética como materia prima en la fabricación de cremas que se comercializan para la hidratación cutánea y la regeneración celular. Este glicosaminoglicano está constituido por

A. ácido idurónico y N-acetilglucosamina.
B. ácido glucorónico y N-acetilglucosamina.
C. ácido glucorónico y sulfato (6) de N-acetilglucosamina.
D. ácido galacturónico y N-acetilmanosamina.

5.4. Uno de los glicosaminoglicanos que **no** tiene en su estructura ácidos urónicos derivados de la galactosa o de la glucosa es

A. ácido hialurónico.
B. condroitín sulfato-4.
C. sulfato de queratán.
D. condroitín sulfato-6.

5.5. El nombre de las sustancias formadas por glucosaminoglucanos y proteínas es

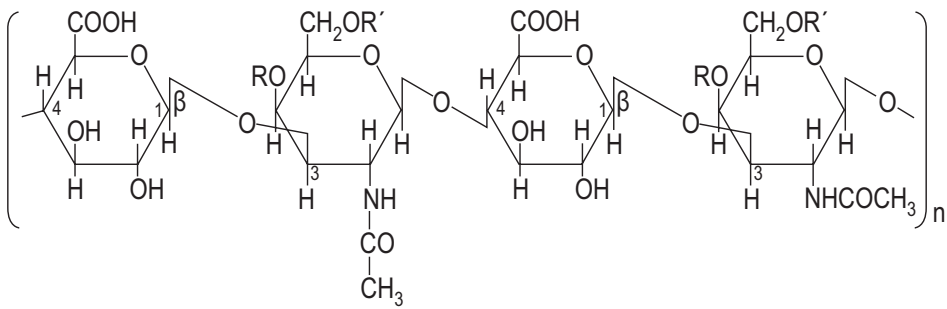
A. heteropolisacáridos.

B. homopolisacáridos.

C. glicoproteínas.

D. proteoglicanos.

5.6. El condroitín sulfato es uno de los componentes químicos del cartílago que se caracteriza por absorber grandes cantidades de agua, esto determina las propiedades mecánico-elásticas que cumple en el organismo como lubricante, por ejemplo en las articulaciones está en el líquido sinovial, y en el ojo hace parte del humor vítreo. También se encuentra en los huesos y en las válvulas del corazón. La diferencia estructural entre el condroitín-4-sulfato y el 6-sulfato, es que



Condroitín sulfato 4 : R=SO_3H R´=H
Condroitín sulfato 6 : R=H R´ = SO_3H

A. el primero carece de N-acetil-D-glucosamina.

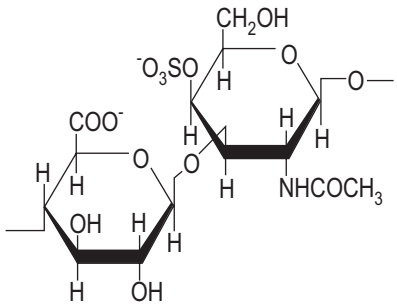
B. el segundo contiene ácido galacturónico en vez de glucorónico.

C. el primero forma un enlace éster sulfato con el hidroxilo del carbono 4 de la N-acetil-galactosamina.

D. su localización tisular y su función son diferentes.

5.7. A continuación se presenta un fragmento de un glucosaminoglucano. Este corresponde al _____ y el tipo de enlace glicosídico entre los dos componentes es _____.

A. condroitín sulfato 4 / β(1→3).
B. condroitín sulfato 6 / α(1→4).
C. condroitina / β(1→3).
D. queratán sulfato / β(1→4).



5.8. Complete la tabla con la información requerida.

ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DE LOS GLUCOSAMINOGLUCANOS

Glucosaminoglucano	Localización en el organismo	Función biológica
Hialuronato		
Condroitín-4-sulfato		
Heparánsulfato		
Heparina		
Dermatán sulfato		
Queratán sulfato		

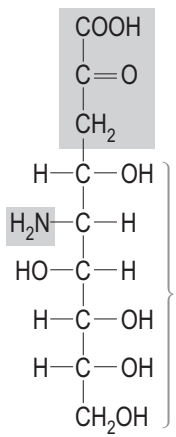
Desarrolle los puntos 5.9. a 5.13. con el formato de selección múltiple con única respuesta.

5.9. La heparina es un polisacárido sulfatado que se forma en los mastocitos (células cebadas del tejido conectivo), fisiológicamente reduce la tendencia a la coagulación de la sangre. Está formada por unidades repetitivas y alternantes de

A. ácido D-galacturónico y ácido D-glucurónico.
B. ácido L-glucurónico y D-glucosamina.
C. D-galactosamina y ácido manurónico.
D. ácido L-idurónico y glucosamina-6-sulfato.

5.10. Entre los ácidos neuramínicos, precursores de los ácidos siálicos, en los gangliósidos, predomina la estructura de una cetosa ácida de nueve carbonos. La siguiente figura representa el ácido neuramínico formado por el

A. ácido pirúvico y D-manosamina.
B. ácido láctico y D-glucosamina.
C. ácido láctico y N-acetilglucosamina.
D. ácido pirúvico y N-acetilgalactosamina.

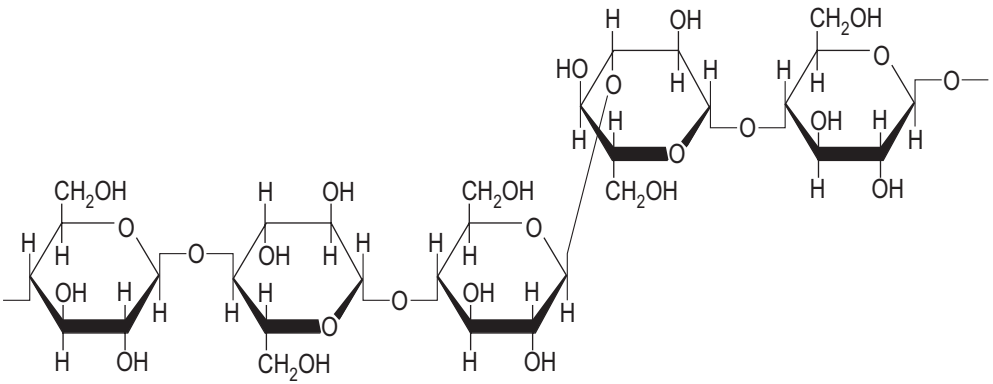


Acido neuramínico

5.11. De los siguientes mucopolisacáridos el único que **no** tiene función estructural es

A. la heparina.
B. la condroitina.
C. el dermatán sulfato.
D. el heparán sulfato.

Sobre la siguiente figura conteste las preguntas 5.12. y 5.13.



5.12. Las diferentes familias de homopolisacáridos derivan su nombre del tipo de monómero que los constituyen, por ejemplo, el manano está conformado por manosa. De acuerdo con lo anterior el fragmento que se representa corresponde a un

A. xilano.

B. fructosano.

C. galactosano.

D. glucano.

5.13. Un glucano que se aisló de la *Sacharomyces cereviseae* se hidrolizó hasta obtener disacáridos sencillos con una enzima específica para enlaces α 1→4. La estructura más adecuada para el disacárido que se obtuvo es

A. glucosa (β 1→3) glucosa / galactosa (α 1→4) glucosa.

B. glucosa (β 1→4) glucosa / glucosa (β 1→3) glucosa.

C. galactosa (α 1→4) glucosa / glucosa (β 1→4) glucosa.

D. galactosa (α 1→4) galactosa / glucosa (β 1→3) glucosa.

5.14. Los galactomananos son glicósidos mixtos de manosa y galactosa que se utilizan como espesantes industriales. Están formados por un esqueleto de D-manopiranosas unidas por enlaces $\beta 1 \rightarrow 4$, y con ramificaciones de frecuencia variable de una de D-galactosa por enlace $\alpha 1 \rightarrow 6$.

Represente un fragmento que ilustre la descripción anterior.

Desarrolle los puntos 5.15. a 5.18. con el formato de selección múltiple con múltiple respuesta.

Conteste A si 1, 2 y 3 son ciertas.
Conteste B si 1 y 3 son ciertas.
Conteste C si 2 y 4 son ciertas.
Conteste D si todas son ciertas.

5.15. Los aminoácidos que participan con mayor frecuencia en la unión de un mucopolisacárido a la cadena proteica son

1. serina.
2. asparragina.
3. treonina.
4. metionina.

Respuesta: _____

5.16. Los siguientes compuestos aparecen en las estructuras de algunos proteoglicanos o mucoproteínas del tejido conectivo

1. ácido glucurónico.
2. serina.
3. N-acetil-D-galactosamina.
4. acetilcolina.

Respuesta: _____

5.17. Los azúcares ácidos que participan en la estructura de los glicosaminoglicanos son

1. galacturónico.
2. idurónico.
3. glucurónico.
4. riburónico.

Respuesta: _____

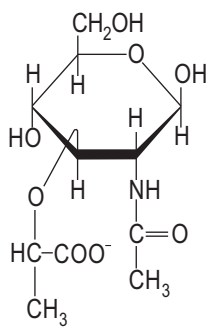
5.18. Los mucopolisacáridos también se conocen como

1. glucosaminoglucanos.
2. sustancias amiloides.
3. glicosaminoglicanos.
4. peptidoglicanos.

Respuesta: _____

5.19. Los N–acetil derivados de los ácidos neuroamínicos reciben el nombre de ácidos siálicos, que son unidades estructurales importantes de las glucoproteínas y de los glucolípidos de las membranas celulares en el tejido animal. En relación con la siguiente figura la única afirmación **falsa** es que su estructura contiene

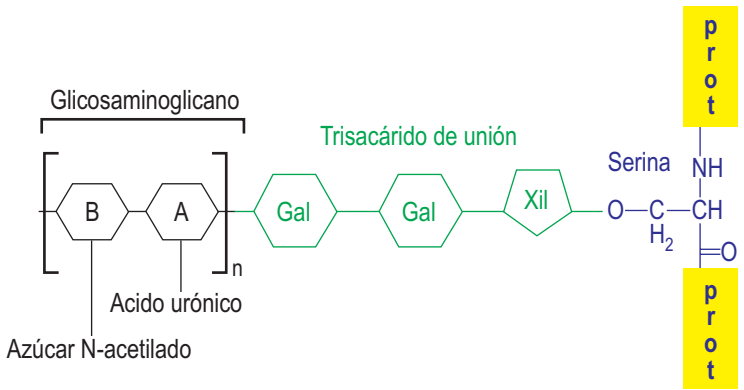
A. un derivado de la N-acetil-D-glucosamina.
B. una molécula de ácido láctico.
C. 11 carbonos.
D. una molécula de acetoacetil-CoA.



Ácido-N-acetilneuramínico

5.20. Las cadenas de los oligosacáridos en los sulfatos de condroitina y los de heparina se unen a las proteínas para formar proteoglicanos por

A. la ribosa.
B. la L-fucosa.
C. la xilosa.
D. el ácido glucorónico.



5.21. La acumulación excesiva de mucopolisacáridos en el tejido conectivo ocasiona las mucopolisacaridosis, que son trastornos hereditarios del metabolismo de los carbohidratos que se manifiestan por la deformación de los huesos y anormalidades faciales. Estas enfermedades se deben a la deficiencia de una o más hidrolasas lisosomales, responsables de la degradación del dermatán sulfato y del heparán sulfato entre otros. Complete la siguiente tabla con la información solicitada.

A. DEFECTOS BIOQUÍMICOS Y PRUEBAS DIAGNÓSTICAS EN LAS MUCOPOLISACARIDOSIS (MPS)

Nombre Mucopolisacaridosis[1]	Designación tradicional	Defecto enzimático	Metabolitos urinarios
Hurler (OMIM 607014), Sheie (OMIM 607016), Hurler-Sheie (OMIM 607015)	MPS I		Dermatán sulfato, heparín sulfato.

Nombre Mucopolisacaridosis[1]	Designación tradicional	Defecto enzimático	Metabolitos urinarios
Hunter (OMIM 309900)	MPS II		Dermatán sulfato, heparín sulfato.
Sanfilippo A (OMIM 252900)		Heparán sulfato N-sulfatasa (sulfaminidasa)	Heparán sulfato.
Sanfilippo B (OMIM 252920)	MPS IIIB		
Sanfilippo C (OMIM 252930)	MPS IIIC		
Sanfilippo D (OMIM 252940)		N-acetilglucosamina-6-sulfatasa	
Morquio A (OMIM 253000)	MPS IVA		Queratán sulfato, Condroitín-6-sulfato
Morquio B (OMIM 253010)	MPS IVB		
Maroteaux –Lamy (OMIM 253200)		N-acetilgalactosamina-4-sulfatasa (arilsulfatasaB)	Dermatán sulfato.
Sly (OMIM 253220)	MPS VII	β-glucuronidasa	Dermatán sulfato, heparán sulfato, condroitín-4-sulfato, condroitín-6-sulfato.

Fuente: MURRAY, Robert. *et al*. Harper Bioquímica Ilustrada. 28 ed. México: McGraw-Hill, 2009. p.537.

1. OMIM: proyecto Mendelian Inheritance in man. Base de datos que cataloga todas las enfermedades conocidas con un componente genético, y cuando es posible, la asociación a los genes en el genoma humano.

B. COMPLETE EL SIGUIENTE CUADRO DE SÍNTOMAS DE ALGUNAS MUCOPOLISACARIDOSIS.

Mucopolisacaridosis	Síntomas
Sanfilippo A (OMIM 252900)	
Morquio A (OMIM 253000)	
Sly (OMIM 253220)	

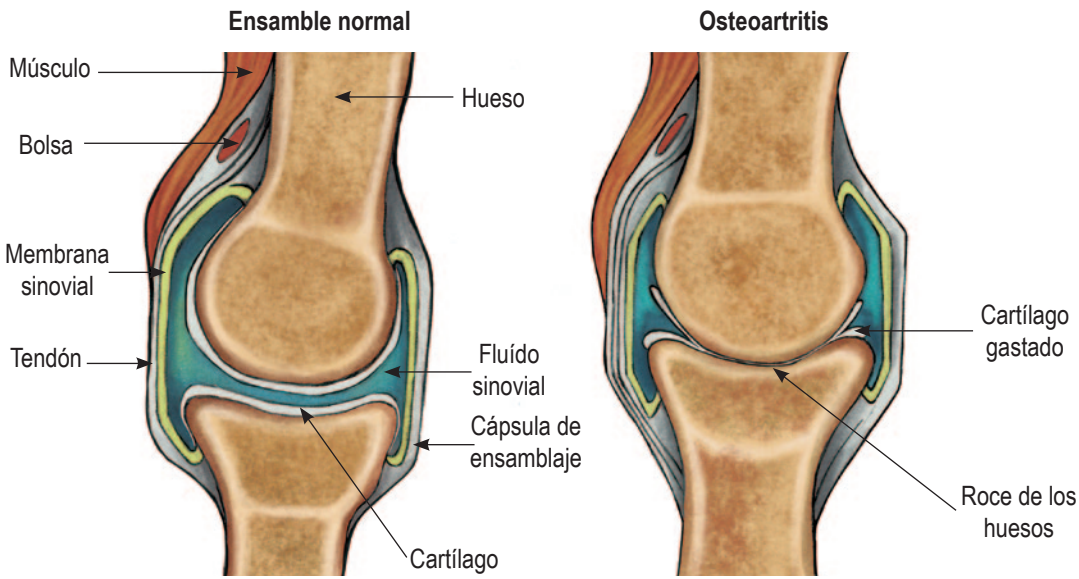
5.22. En la enfermedad de Sly, uno de los glucosaminoglucanos que los pacientes eliminan anormalmente en orina es el que se ilustra. Esta patología de debe a la deficiencia de la enzima

A. galactosidasa.
B. glucosidasa.
C. sulfatasa.
D. manosidasa.

GalNAC: N-acetilgalactosamina.
GlucUA: ácido glucurónico.

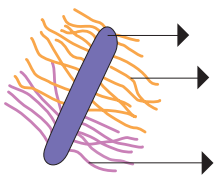
5.23. Consulte la vía metabólica que en el organismo humano permite la síntesis de los aminoazúcares y elabore un diagrama con la secuencia de las reacciones, enzimas y coenzimas que participan.

5.24. Los proteoglicanos forman parte de la matriz extracelular. Constan de un núcleo proteico al que se unen covalentemente largas cadenas de polisacáridos no ramificados, conformados por unidades repetidas de disacáridos de un aminoazúcar (N-acetilglucosamina o N-acetilgalactosamina). Por su composición los proteoglicanos le confieren al cartílago de la rodilla una considerable resistencia a las fuerzas de compresión.

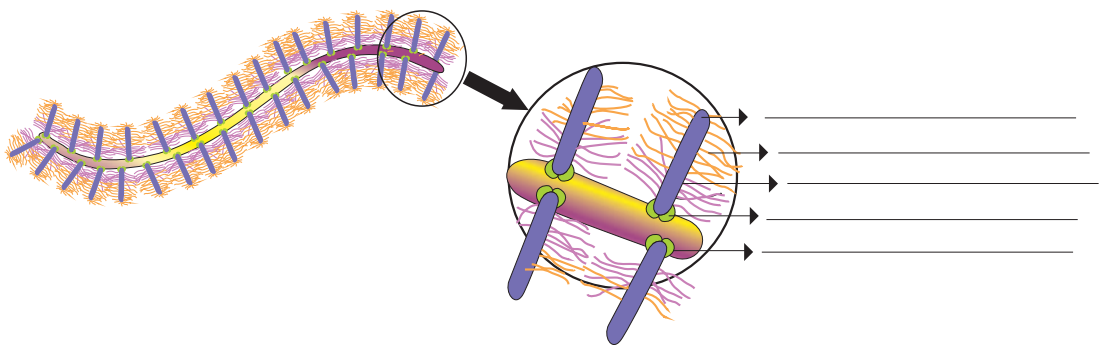


Escriba la fórmula estructural de la α-D-N-acetilgalactosaminopiranosa y de la α-D-N-acetilglucosaminopiranosa.

5.25. La siguiente figura ilustra al agrecano (aggrecan), un proteoglicano que se encuentra en la matriz extracelular del cartílago. Consulte los heteropolisacáridos que lo conforman, características de la proteína asociada y señálelos sobre la figura.



5.26. La figura representa un fragmento de uno de los proteoglicanos de cartílago. Teniendo en cuenta la siguiente lista de palabras identifique sus componentes: keratansulfato, proteínas de unión, ácido hialurónico, condroitínsulfato, proteína central (nuclear).



5.27. Relacione el tipo de compuesto en la columna A con la frase que lo describe en la columna B.

COLUMNA A TIPO DE COMPUESTO	COLUMNA B DESCRIPCIÓN
Glicolípido _____	1. Polímero que contiene un solo tipo de monosacárido.
Homopolisacárido _____	2. Oligosacárido unido a ácido graso por medio de la glucosamina.
Lipopolisacárido _____	3. Heteropolisacárido lineal presente en la matriz extracelular formado por la polimerización de unidades de disacáridos.
Glicoproteína _____	4. Polímero que contiene dos o más tipos de monosacáridos.
Proteoglicano _____	5. Oligosacárido unido a proteína. El mayor componente es proteico.
Heteropolisacárido _____	6. Gangliósido, lípido de membrana formado por un esfingolípido y un oligosacárido rico en ácido siálico.
Glicosaminoglicano _____	7. Glicosaminoglicano unido a proteína. El mayor componente es glicosílico.

5.28. Las lectinas son

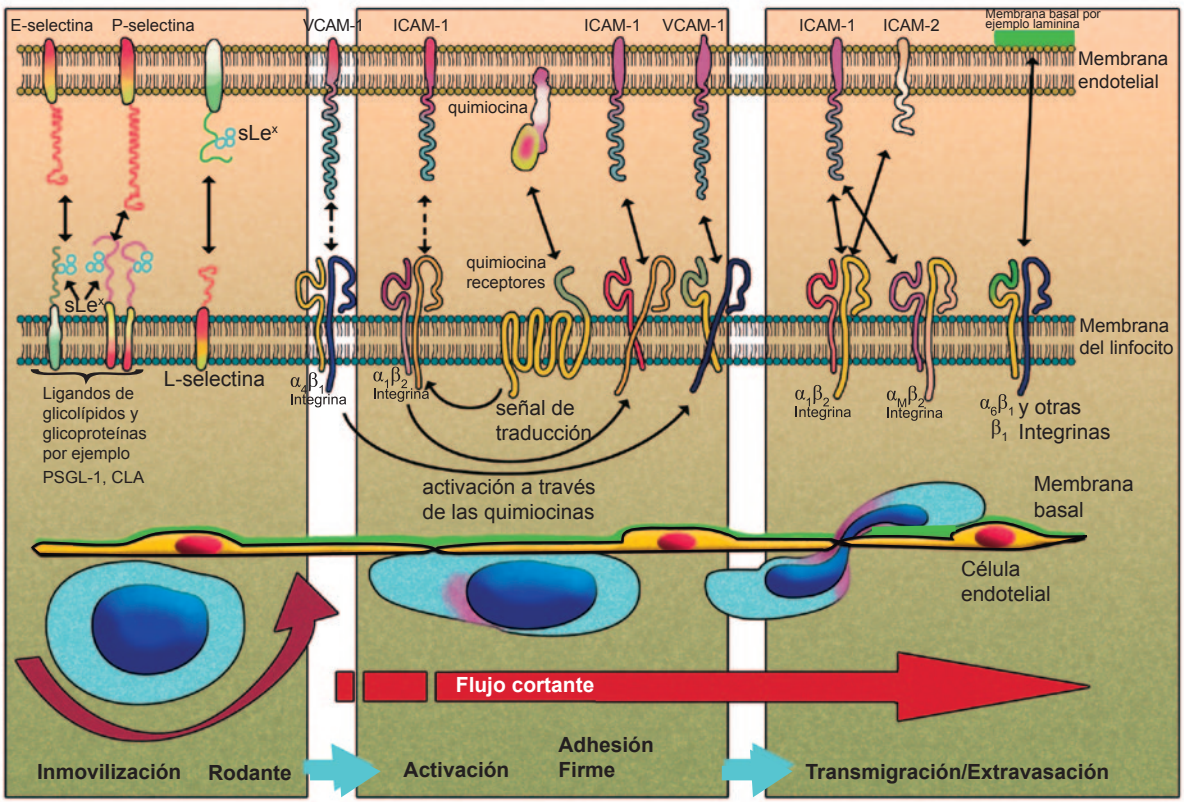
A. proteínas que participan en la adhesión celular y en el reconocimiento entre células porque se unen a carbohidratos con una alta afinidad y especificidad.
B. fosfoglicéridos glicosilados presentes en la membrana celular para dar resistencia.
C. polisacáridos de reserva energética en plantas.
D. proteoglicanos vegetales que los animales usan como principal fuente de energía.

5.29. La concanavalina A (Con A) es

A. un oligosacárido de reserva energética en los animales.
B. una lectina presente en frijol (*Phaseolus vulgaris*).
C. una lecitina de la membrana celular del sistema nervioso.
D. un heteropolisacárido extraído de plantas para uso cosmético.

Para desarrollar los puntos 5.30. al 5.32. tenga en cuenta el siguiente texto.

Un tipo de respuesta inflamatoria se debe a la activación de los macrófagos cuando reconocen toxinas y liberan citokinas, que promueven en las células del endotelio de los vasos sanguíneos, la expresión de la selectina-P y horas después, de la selectina-E. Estas dos sustancias interactúan con ligandos (glicoproteínas) expresados en la membrana del linfocito y detienen su paso por la sangre haciéndolo rodar por la pared del capilar hasta que se adhiere firmemente para luego ingresar al tejido (extravasación). La adhesión del linfocito también se favorece por la presencia de la selectina L, que reconoce glicoproteínas del endotelio. A continuación se muestra un esquema del proceso.



5.30. Las glicoproteínas reconocidas por las selectinas tiene un oligosacárido denominado sLe^x (sialil Lewis X). Consulte cuáles son los monosacáridos que las conforman.

5.31. Relaciones el tipo de selectica en la columna A con la procedencia en la columna B.

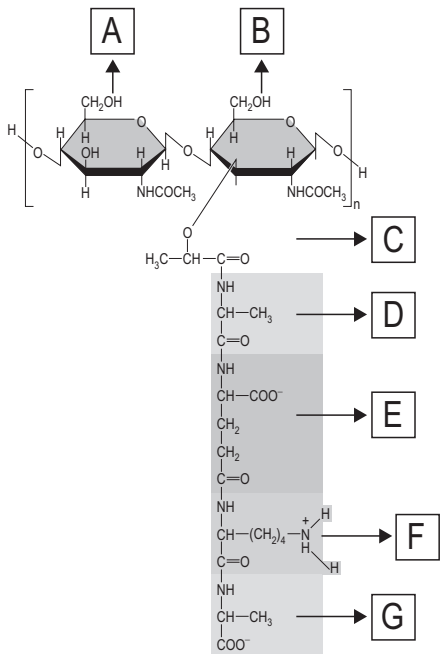
COLUMNA A TIPO SELECTINA	COLUMNA B PROCEDENCIA
Selectina P_____	1. Leucocitos.
Selectina L _____	2. Células del endotelio.
Selectina E _____	3. Células del endotelio y plaquetas.

5.32. Consulte el significado de las siguientes siglas o términos relacionados con la respuesta inflamatoria.

A. ICAM 1	
B. VCAM 1	
C. PSGL 1	
D. CLA	
E. Integrina	

5.33. Consulte la función del ácido siálico (Neu5Ac) que se encuentra en el extremo oligosacárido de las glicoproteínas plasmáticas, en el proceso de recambio de las mismas en el hígado.

5.34. La pared celular de bacterias Gram positivas tiene un espesor aproximado de 250 Å y las Gram negativas alrededor de 30 Å, está compuesta principalmente por polisacáridos y oligopéptidos unidos covalentemente formando una red, la cual se denomina peptidoglicano o mureina. A continuación se muestra su estructura general en *Staphylococcus aureus*. Relacione sus componentes en la tabla.



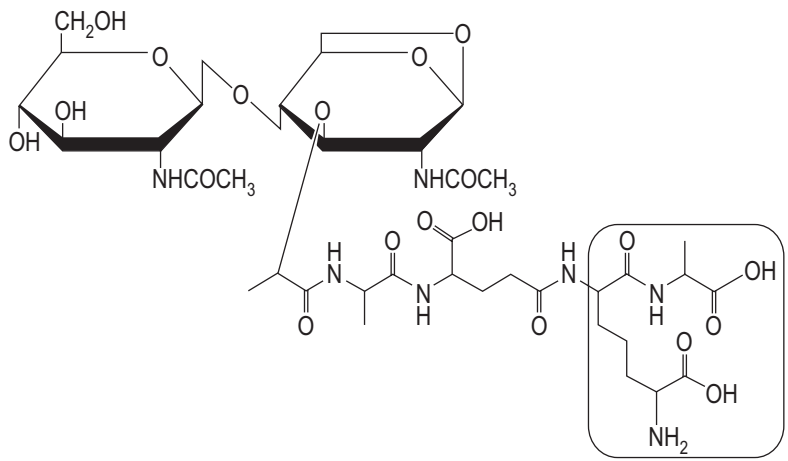
LETRA	COMPONENTE
A. _____	1. L-lisina
B. _____	2. ácido N-acetilmurámico (NAM)
C. _____	3. D-alanina
D. _____	4. lactato
E. _____	5. L-alanina
F. _____	6. N-acetilglucosamina (NAG)
G. _____	7. isoglutamato

5.35. El isoglutamato presente en los peptidoglicanos se denomina así porque

A. son dos moléculas de glutamato unidas por un enlace peptídico.
B. forma un enlace peptídico por el grupo γ-carboxílico.
C. hace parte de un tetrapéptido y no de un polipéptido.
D. es un D-isómero.

5.36. En algunas bacterias el residuo de L-lisina tiene un grupo carboxilo en su carbono épsilon y toma el nombre de ácido

A. aspártico.
B. lisínico.
C. meso-diaminopimélico.
D. ϵ-carboxilisínico.



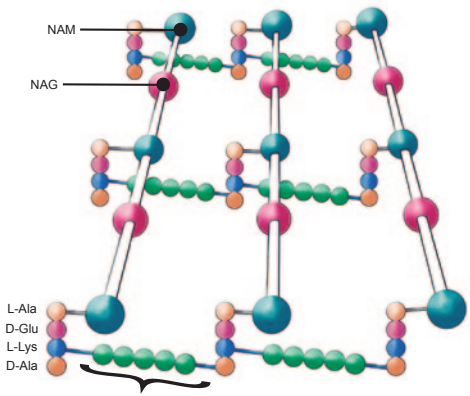
5.37. El enlace entre el ácido N-acetilmurámico (NAM) y la N-acetilglucosamina (NAG), para formar el componente glicosídico de los peptidoglicanos es

A. α-1,4
B. α-2,4
C. β-1,4
D. β-1,3

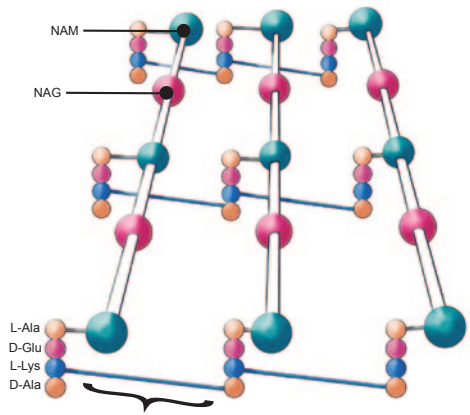
Teniendo en cuenta la siguiente información desarrolle los puntos 5.38. y 5.39.

Una de las diferencias entre las bacterias Gram positivas y las Gram negativas radica en la conformación de la pared celular, como se ilustra en las figuras. Los peptidoglicanos se unen formando redes entrecruzadas a través de oligopéptidos que son distintos en cada uno de los grupos de bacterias.

Gram positivas



Gram negativas



5.38. El entrecruzamiento de los peptidoglicanos en las bacterias Gram positivas ocurre a través de

A. puentes de hidrógeno entre los aminoácidos de los oligopéptidos.
B. enlaces glicosídicos entre cinco glucosas.
C. oligopéptidos aromáticos.
D. pentapéptidos de glicina.

5.39. El entrecruzamiento de los peptidoglicanos de las bacterias Gram negativas ocurre a través de

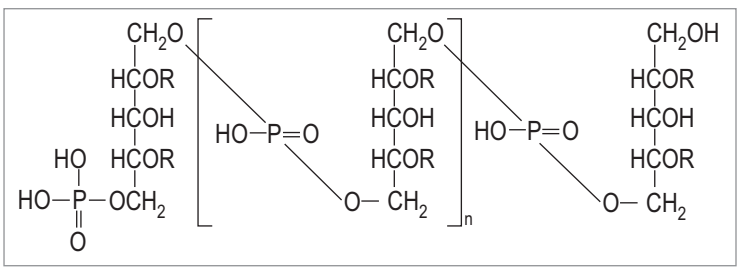
A. pentapéptidos de glicina.
B. enlaces directos entre los tetrapéptidos.
C. puentes de hidrógeno entre los peptidoglicanos.
D. enlaces fosfodiéster entre los monosacáridos fosforilados.

Teniendo en cuenta la siguiente información desarrolle los puntos 5.40. a 5.43. en el formato de selección múltiple con múltiple respuesta.

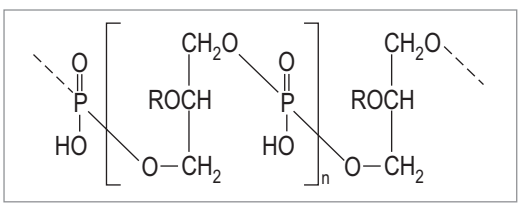
Conteste A si 1, 2 y 3 son ciertas. Conteste B si 1 y 3 son ciertas. Conteste C si 2 y 4 son ciertas. Conteste D si todas son ciertas.

Los ácidos teicoicos corresponden a aproximadamente un 50% en peso de la pared celular de las bacterias Gram positivas. Como se muestra en las figuras A y B, están formados por polímeros de un poliol de tres o de cinco carbonos unidos por grupos fosfato, y los hidroxilos libres se esterifican con un aminoácido y/o un azúcar.

A.



B.



5.40. Los polioles que hacen parte de los ácidos teicoicos son

1. sorbitol.
2. glicerol.
3. manitol.
4. ribitol.

Respuesta: _____

5.41. Las sustancias que se unen a los grupos hidroxilo libres de los polioles, identificados en la figura con una R, pueden ser

1. D-alanina.
2. glucosa.
3. N-acetilglucosamina.
4. galactosa.

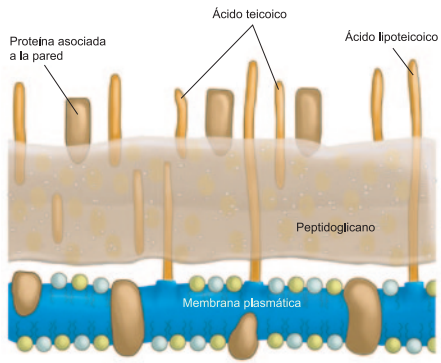
Respuesta: _____

5.42. El enlace entre los monómeros de poliol que forman los ácidos teicoicos es _____ , mientras que los hidroxilos libres forman con los aminoácidos _____ y con los azúcares _____.

1. fosfodiéster.
2. ésteres.
3. O-glicósidos.
4. peptídicos.

Respuesta: _____

5.43. La diferencia entre el ácido teicoico y el lipoteicoico, con respecto de su ubicación en la pared celular de las bacterias Gram positivas está en que el ácido

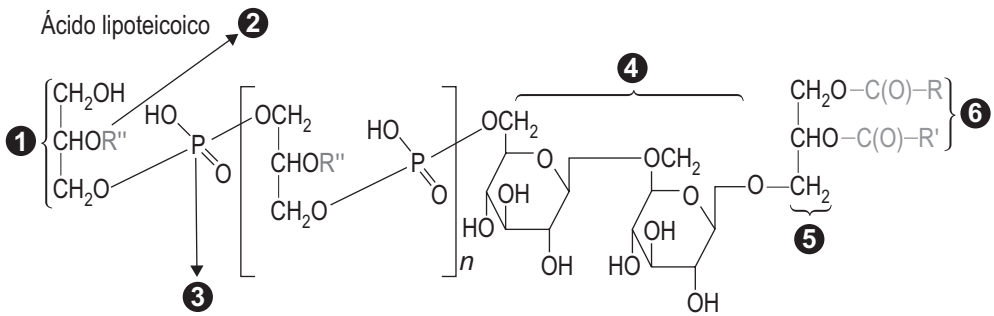


1. teicoico atraviesa el peptidoglicano hasta anclarse en la membrana celular.
2. lipoteicoico atraviesa el peptidoglicano hasta anclarse en la membrana celular.
3. lipoteicoico ingresa parcialmente al peptidoglicano.
4. teicoico ingresa parcialmente al peptidoglicano.

Respuesta: _____

5.44. Dibuje un fragmento de un ácido teicoico en el que se vea claramente la estructura de todos sus componentes.

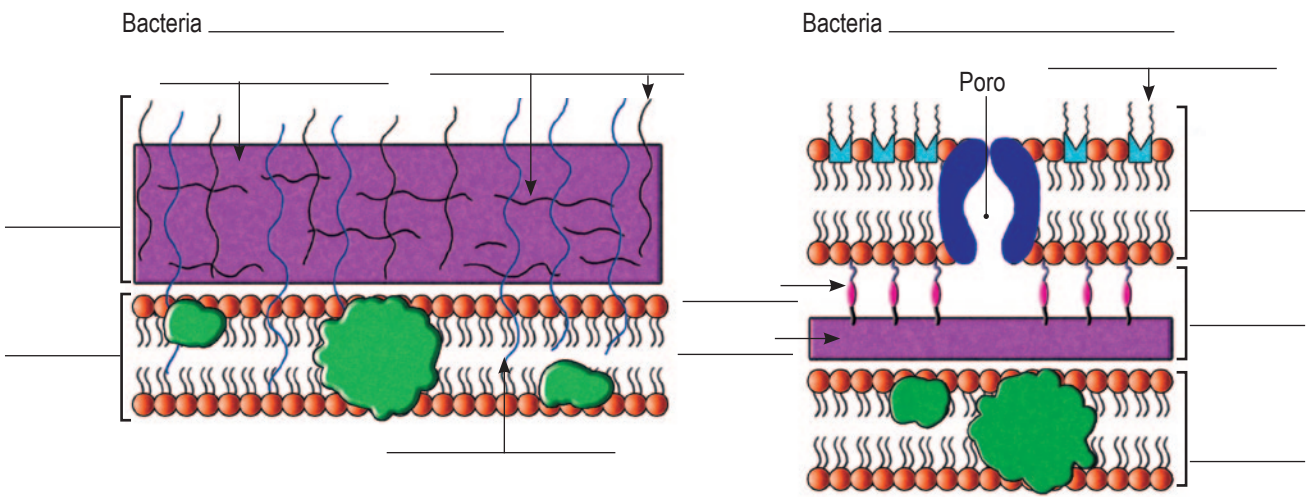
5.45. Complete la tabla con los nombres de las estructuras que componen el ácido lipoteicoico.



Número	Compuesto (s)
1	
2	
3	
4	
5	
6	

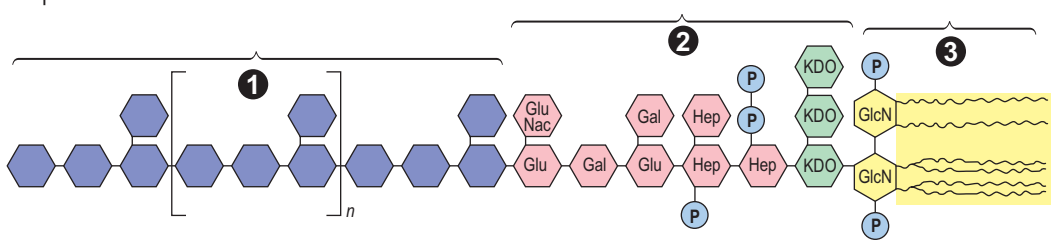
5.46. Complete los espacios en blanco con los nombres de los diferentes componentes que aparecen en la siguiente lista.

Lista: ácido lipoteicoico, peptidoglicano, espacio periplásmico, pared celular, lipoproteína, ácido teicoico, Gram negativa, membrana externa, Gram positiva, lipopolisacárido, membrana citoplasmática.



5.47. Los lipopolisacáridos también conocidos como endotoxinas, son tóxicos para el hombre. Junto con los peptidoglicanos forman parte de la pared celular de las bacterias Gram negativas, tienen carácter anfipático, carga negativa y son hidrofílicos.

Consulte la naturaleza química de las tres regiones que los constituyen, identifíquelas y complete la tabla.



KDO = cetodesoxioctonato
Hep = heptosa
Glu = glucosa

Gal = galactosa
GluNac = N-acetilglucosamina
GlcN = glucosamina

Región	Componente
1	
2	
3	

5.48. Consulte cuál de las tres regiones de los lipopolisacáridos actúa como antígeno generando la respuesta inmune e indique su composición química.

Teniendo en cuenta la siguiente información desarrolle los puntos 5.49. a 5.51. en el formato de selección múltiple con múltiple respuesta.

Conteste A si 1, 2 y 3 son ciertas.
Conteste B si 1 y 3 son ciertas.
Conteste C si 2 y 4 son ciertas.
Conteste D si todas son ciertas.

5.49. Las dextrinas se usan ampliamente en la industria de alimentos debido a que

1. no son tóxicas.
2. se producen a bajo costo.
3. se obtienen principalmente a partir de maíz o papa.
4. todas sus posibles formas son insolubles en agua.

Respuesta: _____

5.50. Las dextrinas se utilizan como

1. agentes espesantes y aglutinantes en la industria farmacéutica y de alimentos.
2. materia prima en la elaboración de pegantes solubles en agua.
3. soporte en pirotécnia.
4. agente antibacteriano en productos médicos.

Respuesta: _____

5.51. Las dextrinas se pueden obtener industrialmente a partir de los almidones de

1. yuca (*Manihot esculenta*).
2. cebada (*Hordeum vulgare*).
3. trigo (*Triticum aestivum*).
4. frijol (*Phaseolus vulgaris*).

Respuesta: _____

Desarrolle los puntos 5.52. a 5.56. con el formato de selección múltiple con única respuesta.

5.52. Las dextrinas son

A. proteínas que intervienen en la adhesión celular.
B. oligosacáridos de bajo peso molecular procedentes de la hidrólisis del almidón.
C. heteropolisacáridos presentes en la pared celular de hongos y bacterias.
D. polisacáridos de reserva energética en plantas.

5.53. La pectina es un polisacárido de

A. glucosa con enlaces α-1,4.
B. glucosa con enlaces β-1,4.
C. N-acetilglucosamina con enlaces β-1,3.
D. ácido galacturónico parcialmente metilado con enlaces α-1,4.

5.54. La pectina es un carbohidrato estructural presente en la

A. matriz del tejido muscular.
B. membrana citoplasmática de los hepatocitos.
C. pared celular de las plantas.
D. membrana citoplasmática de las bacterias.

5.55. La pectina se extrae comercialmente de

A. la carne de vacuno.
B. la pulpa de manzana y cáscaras de limón.
C. las gramíneas (pastos y forrajes).
D. los árboles maderables.

5.56. El principal uso de la pectina en la industria de los alimentos es en

A. panadería, para dar volumen y textura.
B. lácteos para fermentarlos.
C. cárnicos como ablandador.
D. salsas y mermeladas como agente espesante y gelificante.

5.57. Consulte sobre las modificaciones estructurales que ocurren en la pectina durante la maduración de los frutos carnosos. Dibuje cómo sería el polisacárido en el fruto verde y en el maduro, y escriba por lo menos una de las enzimas que interviene en el proceso.

5.58. Complete la siguiente tabla.

Polímero	Organismo del que se obtiene	Monómeros y enlaces	Estructura	Aplicaciones
Goma arábiga				
Goma güar				

Polímero	Organismo del que se obtiene	Monómeros y enlaces	Estructura	Aplicaciones
Goma tragacanto				
Goma algarrobo				
Agar				
Kappa carragenina				
Alginato				

ANEXO 5.1.

ALGUNAS FUNCIONES DE LAS GLICOPROTEÍNAS

FUNCIÓN	GLICOPROTEÍNA
Moléculas estructurales	Colágenos
Agente lubricante y protector	Mucinas
Molécula de transporte	Transferrina y ceruloplasmina.
Molécula imnunológica	Immunoglobulinas y antígenos de histocompatibilidad.
Hormonas	Gonadotropina coriónica y hormona estimulante de la tiroides (TSH).
Enzima	Varias como por ejemplo la fosfatasa alcalina.
Sitio de reconocimiento de unión celular	Varias proteínas que participan en la interacciones célula – célula por ejemplo: espermatozoide – ovocito, virus – célula y bacteria – célula. Lectinas y selectinas (interactúan con carbohidratos específicos).
Receptor	Varias proteínas que reconocen hormonas y fármacos.
Afecta el plegamiento de ciertas proteínas	Calnexina, calreticulina.

MURRAY, Robert. *et al*. Harper. 17 ed. Bioquímica Ilustrada. México: Manual Moderno, 2007

ANEXO 5.2.

INFORMACION SOBRE LA ESTRUCTURA DE LA MEMBRANA Y DE LA PARED CELULAR DE DIFERENTES ORGANISMOS

MEMBRANA EUBACTERIANA

Estructura	Constituyentes químicos
Membrana plasmática	Fosfolípidos, proteínas y enzimas que participan en los mecanismos de producción de energía, creación de un potencial de membrana y transporte.

PARED CELULAR EUBACTERIAS GRAM POSITIVAS

Estructura	Constituyentes químicos
Peptidoglucano	Cadenas tipo glucano de N-acetiglucosamina y ácido N-acetimurámico, unidas mediante un puente peptídico.
Acido teicoico	Fosfato de polirribitol o glicerol-fosfato unidos al peptidoglucano.
Acido lipoteicoico	Acido teicoico unido a lípidos.

PARED CELULAR EUBACTERIAS GRAM NEGATIVAS

Estructura	Constituyentes químicos
Peptidoglucano	Versión más delgada del que se encuentra en las bacterias Gram positivas.
Espacio periplásmico	Enzimas que participan en los mecanismos de transporte, degradación y síntesis.
Membrana externa	Fosfolípidos con ácidos grasos saturados.
Proteínas	Porinas, lipoproteínas y proteínas de transporte.
Lipopolisacárido	Lípido A, polisacárido central (core) y antígeno O.

OTRAS ESTRUCTURAS

Estructura	Constituyentes químicos
Cápsula	Oligosacáridos (disacáridos y trisacáridos) y polipéptidos.
Pili	Pilinas y adhesinas.
Flagelos	Dineína y flagelina.
Proteínas	Proteína M de los *Streptococos*.

MURRAY, Patrick R. *et al*. Microbiología Médica. 5 ed. España: Elsevier imprint, 2008. p. 15.

CAPÍTULO

6

Catabolismo de lípidos

Desarrolle los puntos 6.1. a 6.16. con el formato de selección múltiple con única respuesta.

Consulte la siguiente bibliografía:

NELSON, David L. y COX, Michael M. Lehninger. Principios de Bioquímica. 5 ed. Barcelona: Omega, 2009.
BERG, Jeremy M; TYMOZCO, Jhon L. y STRYER, Lubert. Bioquímica. 6 ed. España: Reverté, 2008.

6.1. Los triglicéridos que se consumen en la dieta no se pueden disolver fácilmente en agua porque son sustancias no-polares, la disolución es indispensable para que sean degradados por las enzimas digestivas y luego puedan ser absorbidos en el intestino delgado. Los triglicéridos se solubilizan porque

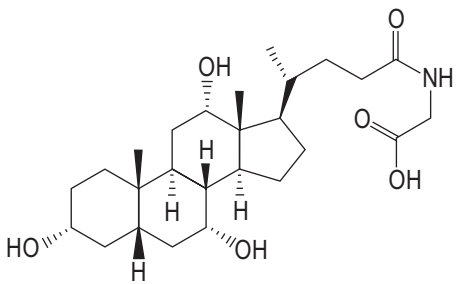
A. la lipasa pancreática poco a poco los emulsiona actuando como un detergente.
B. forman micelas en el lumen del intestino delgado (se forma una emulsión) debido a la bilis.
C. la lipasa lingual ya ha iniciado el proceso de degradación y cuando la grasa llega al intestino ya está lista para que la lipasa pancreática actúe.
D. los jugos gástricos, principalmente el ácido clorhídrico, los solubiliza en el estómago antes de llegar al intestino delgado.

6.2. Las sales biliares se sintetizan en el

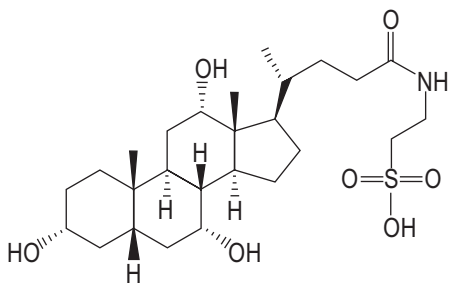
A. páncreas.
B. estómago.
C. intestino delgado.
D. hígado.

6.3. El glicocolato y el taurocolato son

A. derivados del colesterol y hacen parte de las sales biliares.
B. lipasas pancreáticas.
C. polisacáridos secretados por las células mucosas del intestino delgado.
D. enzimas de los jugos gástricos.



Ácido glicocólico



Ácido taurocólico

6.4. La esteatorrea (steatorrhea) se caracteriza por la eliminación de altas cantidades de grasa en las heces (30 g/día); esta enfermedad se debe principalmente a la baja concentración de

A. lipasas en el intestino delgado por daño en el hígado.
B. lipasas pancreáticas y de bicarbonato en las secreciones que llegan al intestino delgado.
C. sales biliares debido a una enfermedad en el páncreas.
D. sales biliares debido a una enfermedad en el estómago.

6.5. Los productos de la hidrólisis de los triglicéridos de hasta 12 carbonos por la lipasa lingual (abundante en niños y adolescentes) son

A. tres ácidos grasos y glicerol.
B. dos ácidos grasos y monoacilglicerol.
C. un ácido graso y diacilglicerol.
D. ácidos grasos, diacilglicerol y glicerol.

6.6. Los productos de la hidrólisis de los triglicéridos por la lipasa gástrica (abundante en niños y adolescentes) son

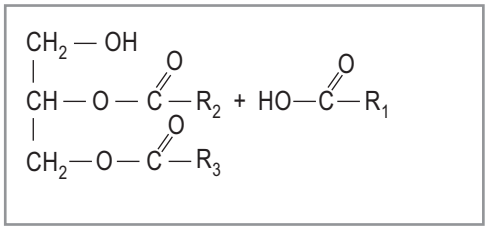
A. tres ácidos grasos y glicerol.
B. dos ácidos grasos y monoacilglicerol.
C. un ácido graso y diacilglicerol.
D. ácidos grasos, diacilglicerol y glicerol.

6.7. Los productos de la hidrólisis de los triacilgliceroles de cadena larga por la lipasa pancreática son

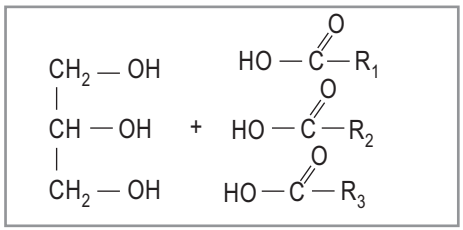
A. tres ácidos grasos y glicerol.
B. dos ácidos grasos y monoacilglicerol.
C. un ácido graso y diacilglicerol.
D. ácidos grasos, diacilglicerol y glicerol.

6.8. Los productos de la hidrólisis de los triglicéridos por la lipasa pancreática se presentan en la figura

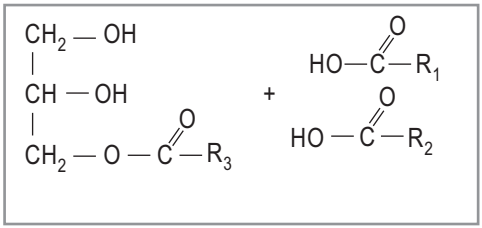
A.



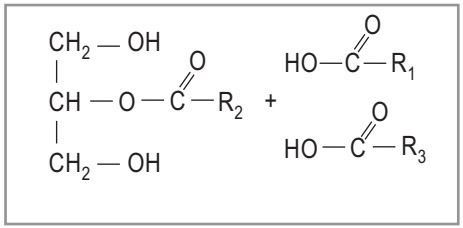
C.



B.



D.



6.9. El principal mecanismo de absorción de los ácidos grasos en el enterocito se basa en

A. la unión directa de estos a la membrana celular y luego su paso por difusión al interior del enterocito.

B. que la micela formada en el lumen del intestino delgado se fusiona con la membrana celular del enterocito y así los ácidos grasos, el colesterol y los monoacilglicéridos pasan al interior por endocitosis.

C. que una proteína transmembranal permite el paso de los ácidos grasos hacia el interior del enterocito.

D. la presencia de varias proteínas transportadoras dependientes de ATP que permiten el paso de los ácidos grasos debido al grupo polar (carboxilato) que tienen.

6.10. El transporte de los ácidos grasos desde el interior del enterocito a la sangre varía dependiendo de la longitud de la cadena carbonada de estos, los que tienen entre 4 y 12 átomos de carbono (C_4-C_{12})

A. atraviesan directamente la membrana basolateral del enterocito y al llegar a la sangre, se acoplan a las lipoproteínas de alta densidad para su transporte.

B. se re-esterifican en triglicéridos y forman parte de los quilomicrones que se fusionan con la pared basolateral para pasar a la linfa y luego a la sangre.

C. atraviesan directamente la membrana basolateral del enterocito y al llegar a la sangre de capilares, se acoplan a las lipoproteínas de baja densidad para su transporte.

D. pasan libremente la membrana basolateral del enterocito hacia la vena porta donde se unen a la albúmina sérica en la sangre y se transportan al hígado.

6.11. El transporte de los ácidos grasos desde el interior del enterocito a la sangre varía según la longitud de la cadena carbonada, los que tienen más de 18 átomos de carbono (C_{18})

A. atraviesan directamente la membrana basolateral del enterocito y al llegar a la sangre de los vasos sanguíneos, se acoplan a las lipoproteínas de alta densidad para su transporte.

B. se re-esterifican en triglicéridos y forman parte de los quilomicrones que se fusionan con la membrana basolateral para pasar a la linfa y luego a la sangre.
C. atraviesan directamente la membrana basolateral del enterocito y al llegar a la sangre de los capilares, se acoplan a las lipoproteínas de alta densidad para su transporte.
D. pasan libremente la membrana basolateral del enterocito hacia la vena porta donde se unen a la albúmina sérica en la sangre y transportan al hígado.

6.12. Al interior de las células mucosas del intestino delgado los ácidos grasos de cadena larga se re-esterifican con los monoacilgliceroles hasta triglicéridos, en el

A. retículo endoplasmático liso.
B. retículo endoplasmático rugoso.
C. lisosoma.
D. núcleo.

6.13. Los triglicéridos, ésteres de colesterol y fosfolípidos se reorganizan en el enterocito formando glóbulos en los que la parte polar corresponde a una monocapa de fosfolípidos en la superficie y los no polares están en el interior. Estos glóbulos se denominan _____ y se forman en el _____.

A. quilomicrones / aparato de Golgi.
B. quilomicrones / retículo endoplasmático liso.
C. lipoproteínas de alta densidad (HDL) / núcleo.
D. lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL) / aparato de Golgi.

6.14. Para que los quilomicrones puedan transportar por exocitosis desde el lado basolateral del enterocito hacia la linfa, se requiere

A. una capa adicional de fosfolípidos para que se pueda fusionar con la membrana.
B. una proteína de transporte que permita el paso del quilomicrón.
C. el acople al quilomicrón de una proteína hidrofílica.
D. envolver al quilomicrón en una vesícula que se adhiere a la membrana.

6.15. La apolipoproteína B-48 se sintetiza en el

A. retículo endoplasmático liso.
B. retículo endoplasmático rugoso.
C. aparato de Golgi.
D. núcleo.

6.16. Los lípidos adquiridos en la alimentación (dieta) se transportan por la sangre principalmente en forma de

A. lipoproteínas de alta densidad (HDL).
B. lipoproteínas de baja densidad (LDL).
C. lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL).
D. quilomicrones.

Desarrolle los puntos 6.17. a 6.19. 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.

6.17. Los ácidos grasos de cadena corta se absorben directamente desde el lumen del intestino delgado hasta el hígado vía vena porta debido a que

1. son más solubles en agua.
2. no necesitan solubilizarse en las micelas.
3. no necesitan ninguna transformación al interior del enterocito.
4. se absorben por los espacios intercelulares.

Respuesta: _____

6.18. Los ácidos grasos de cadena larga se deben transportar al interior del enterocito por medio de las micelas puesto que

1. se esterifican con el colesterol.
2. son poco solubles en agua.
3. se fosforilan para hacer parte de los fosfolípidos de membrana.
4. necesitan solubilizarse en estas.

Respuesta: _____

6.19. Los quilomicrones pueden descargar parte de su contenido, principalmente los triglicéridos, a los tejidos diana debido a que

1. contienen la apolipoproteína C-II (ApoC-II) la cual reconoce a una enzima de la membrana del endotelio de los capilares del tejido específico.
2. se activa una lipoproteínlipasa presente en el endotelio de los capilares.
3. los ácidos grasos liberados se difunden hacia el tejido blanco.
4. la apolipoproteína E (ApoE) reconoce unos receptores especiales del tejido endotelial de los vasos sanguíneos.

Respuesta: _____

Desarrolle los puntos 6.20. a 6.23. con el formato de selección múltiple con única respuesta.

6.20. Las apolipoproteínas presentes en los quilomicrones son

A. ApoE, ApoB-48, ApoC-II, ApoC-III y ApoA-IV.
B. ApoB-48, ApoB-100 y ApoC-II.
C. ApoB-100, ApoA-II, ApoE y ApoD.
D. ApoA-I, ApoB-100, ApoB-48, ApoC-I, ApoE y ApoD.

6.21. Los triglicéridos transportados por los quilomicrones se descargan y utilizan principalmente en

A. hígado y músculo.
B. cerebro, riñón y músculo.
C. músculo y tejido adiposo.
D. tejido adiposo y cerebro.

6.22. Las vitaminas liposolubles (D, E, K y A) se transportan desde el enterocito al interior del organismo

A. por los quilomicrones.
B. libremente en la sangre.
C. por la albúmina sanguínea.
D. por las lipoproteínas de alta densidad.

6.23. Después que los quilomicrones liberan ácidos grasos a los tejidos que los requieren, los remanentes de estas lipoproteínas

A. pasan de nuevo al interior de los enterocitos para volverse a "llenar" de triglicéridos.
B. migran hacia el hígado donde un receptor reconoce la ApoE y los ingresa por endocitosis.
C. se unen a otras apolipoproteínas para convertirse en HDL y llevar el colesterol a otros tejidos.
D. se fusionan con el tejido adiposo para descargar los triglicéridos y el colesterol que no fue dispuesto inicialmente.

6.24. Complete la siguiente tabla con la información que corresponde a los diferentes tipos de lipoproteínas (LDL, quilomicrón, VLDL y HDL).

Tipo Lipoproteína	Proteína (%)	Fosfolípido (%)	Colesterol libre (%)	Ésteres de colesterol (%)	Triglicéridos (%)	Origen	Destino
	10	18	7	12	50		
	55	24	2	15	4		
	23	20	8	37	10		
	2	9	1	3	85		

6.25. Consulte, a nivel metabólico, por qué las aves migratorias pueden volar largas distancias sin alimentarse constantemente.

6.26. En relación con la bilis consulte en dónde se produce, concentra y almacena. ¿Cuál es su composición y función? ¿Qué factores predisponen la formación de cálculos biliares?

6.27. Brevemente describa qué es la colipasa y su importancia en la digestión de los triglicéridos.

6.28. Describa y haga un esquema de la estructura de la micela que se forma en la luz intestinal en el proceso de digestión y absorción.

6.29. Las lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL) llevan triglicéridos hacia los tejidos (principalmente tejido adiposo y músculo), estas se sintetizan en el

A. intestino delgado.

B. tejido adiposo.

C. músculo esquelético.

D. hígado.

Desarrolle los puntos 6.30. a 6.32. 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.

6.30. Las lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL) se caracterizan por

1. transportar ácidos grasos endógenos que se re-esterifican a triglicéridos en el hígado.
2. contener entre sus apolipoproteínas la ApoC-II, que les permite unirse a los tejidos y activar la lipoproteínlipasa, para dejar allí su carga de ácidos grasos.
3. convertirse en proteínas de baja densidad (LDL) que son ricas en colesterol y ésteres de colesterilo para transportarlos a tejidos extrahepáticos.
4. contener la apoliproteína B-48, que le permite interactuar con el hepatocito para ser reciclada y devuelta a la sangre como HDL (lipoproteínas de alta densidad).

Respuesta: _____

6.31. Las lipoproteínas de baja densidad (LDL) se caracterizan por

1. llevar el colesterol y los ésteres de colesterilo principalmente a tejidos diferentes del hepático.
2. reciclarse en el hígado gracias a los receptores de la ApoC-II.
3. tener la apolipoproteína B-100, que se une a los receptores de la membrana plasmática (LDL receptores) en los tejidos que internalizan colesterol por medio de la endocitosis.
4. contener apolipoproteína A-I, indispensable en la unión al lado basolateral del intestino delgado y recolectar más triglicéridos.

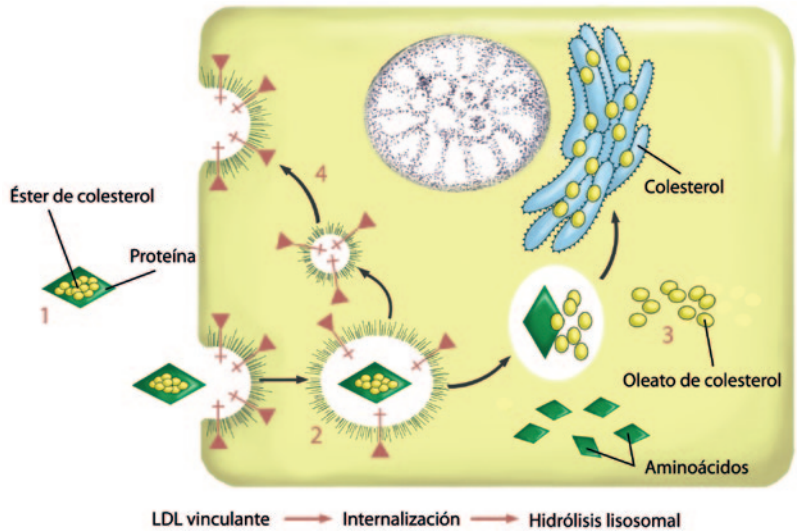
Respuesta: _____

6.32. La lipoproteína de alta densidad (HDL) se caracteriza porque

1. se sintetiza principalmente en el hígado.
2. es un conjugado macromolecular con alto contenido proteico.
3. recién se sintetiza contiene poco colesterol libre.
4. recién se sintetiza no contiene ésteres de colesterol.

Respuesta: _____

Desarrolle los puntos 6.33. a 6.37. teniendo en cuenta la siguiente figura.



6.33. Las palabras que identifican los números 1, 2, 3 y 4 en el diagrama, son respectivamente

A. lipoproteína de baja densidad (LDL), vacuola interna, fusión núcleo-vacuola y exocitosis.
B. quilomicrón, endocitosis, retículo endoplasmático y exocitosis.
C. quilomicrón, vacuola, núcleo y vesícula.
D. lipoproteína de baja densidad (LDL), vesícula interna, fusión vesícula-lisosoma y retorno de los receptores a la membrana plasmática.

6.34. La lipoproteína de baja densidad ingresa al interior de las células de los tejidos por medio de un mecanismo de

A. transporte activo, mediado por proteínas transmembranales y con cotransporte de iones sodio.
B. endocitosis mediado por receptores.
C. fagocitosis por extensión de la membrana celular por activación hormonal.
D. difusión facilitada.

6.35. La lipoproteína se fusiona con los lisosomas y se

A. transporta al retículo endoplasmático liso donde interviene en la síntesis de la grasa endógena.
B. transporta al interior del núcleo para activar la síntesis del colesterol endógeno.
C. degrada por enzimas liberando aminoácidos, ácidos grasos y colesterol.
D. convierte en una lipoproteína de alta densidad (HDL) que sale al exterior de la célula por medio de una vesícula.

6.36. Cuando la LDL ingresa a los tejidos, las apolipoproteínas que la conforman se

A. hidrolizan por las enzimas lisosomales en sus aminoácidos constituyentes.
B. separan de los lípidos y por medio de una vesícula vuelven al exterior de las células para conformar nuevas LDL.
C. separan para unirse a los triglicéridos y el colesterol endógenos y hacer parte de las HDL.
D. quedan unidas a los receptores y vuelven al exterior de la célula.

6.37. Los receptores de membrana que detectan e ingresan las LDL, son viables por un día y retornan a la membrana en ciclos que tienen una duración promedio de 10 minutos puesto que

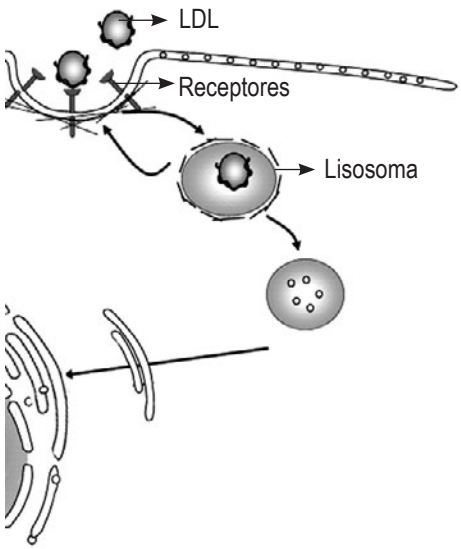
A. se hidrolizan por las enzimas lisosomales, los aminoácidos se transportan al retículo endoplasmático y allí se resintetizan las proteínas que vuelven a la superficie celular.

B. no se hidrolizan por las enzimas lisosomales y llegan al retículo endoplasmático, para regresar nuevamente a la superficie de la célula.

C. se unen a lipoproteinas que los transportan al interior de la célula donde los receptores se fusionan con la membrana citoplasmática.

D. se separan de la lipoproteína y retornan intactos a la membrana citoplasmática en una vesícula.

6.38. La figura muestra la endocitosis de las lipoproteínas de baja densidad (LDL) mediada por receptores, que se debe a la presencia en la lipoproteína de _____ y en la superficie de las células no hepáticas de _____. (Complete el párrafo con el ítem apropiado).



A. ApoB-100 / clatrina.

B. ApoE / Apo C-II.

C. ApoC-II / lipoproteínlipasa.

D. ApoB-48 / lipoproteínlipasa.

6.39. Las apolipoproteínas que conforman las HDL son

A. ApoA-1, ApoA-II, ApoC-I, ApoB-100, ApoD y ApoE.

B. ApoC-II, ApoB-48, ApoB-100, ApoD y ApoE.

C. ApoA-1, ApoA-II, ApoA-IV, ApoC-I, ApoC-II, ApoC-III, ApoD y ApoE.

D. ApoB-48, ApoB-100, ApoC-II y ApoE.

6.40. Una de las particularidades de estructura y función que diferencia la HDL de las otras lipoproteínas es que

A. no contiene ésteres de colesterol y por ello es más pequeña y poco soluble en agua.

B. contiene la lecitín colesterol aciltransferasa (LCAT), una enzima que cataliza la formación de ésteres de colesterol, a partir del colesterol de los remanentes de quilomicrones y VLDL.

C. es tan pequeña que se puede fusionar con la membrana plasmática y liberar los triglicéridos que transporta.

D. contiene la ApoB-100 que le permite unirse a la cara basolateral del intestino delgado y al hígado para recolectar colesterol.

6.41. Las HDL llevan colesterol al hígado y a las glándula adrenales para

A. acumularlo en sus células y luego utilizarlo en la obtención de energía.

B. integrarlo en la membrana citoplasmática.

C. transportarlo al tejido adiposo vía albúmina sérica.

D. utilizarlo como intermediario en la síntesis de sales biliares y corticoesteroides.

6.42. El transporte de colesterol por la lipoproteína de alta densidad (HDL) se considera un mecanismo reverso porque

A. extrae lípidos de los remanentes de quilomicrones, VLDL y algunos tejidos extrahepáticos y los lleva al hígado.

B. lleva colesterol, ésteres de colesterol y triglicéridos al intestino delgado.

C. mantiene los niveles normales de colesterol y triglicéridos en la sangre, y lleva el exceso al tejido adiposo.

D. solubiliza el exceso de esteroides y vía sanguínea los transporta hacia el intestino grueso donde los desecha.

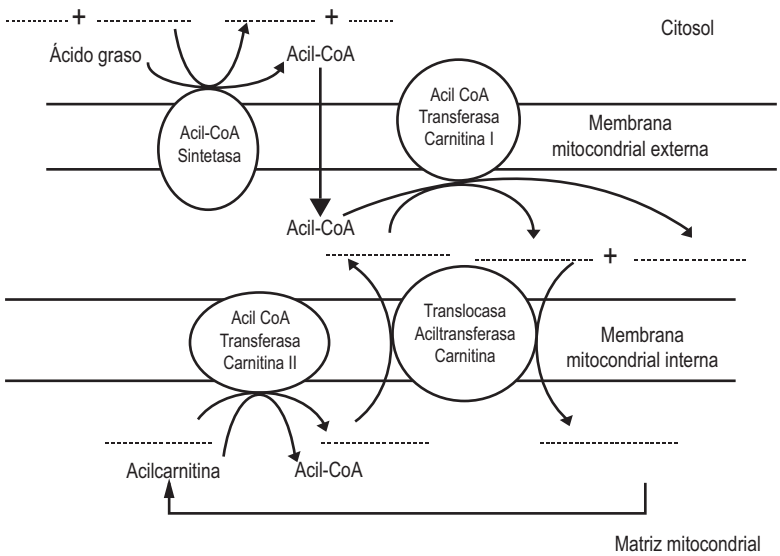
6.43. Los ácidos grasos se oxidan en casi todos los tejidos o células de los vertebrados excepto en

A. cerebro y eritrocitos.
B. cerebro e hígado.
C. hígado y riñón.
D. eritrocitos, alvéolos y nefronas.

6.44. En condiciones de ayuno prolongado los ácidos grasos que se oxidan para producir energía, provienen principalmente _____ y se transportan por la sangre hacia el tejido que los necesita por medio de la _____. (Complete el párrafo con el ítem apropiado).

A. de la hidrólisis de los triglicéridos del tejido adiposo / HDL.
B. de los triglicéridos libres en sangre / glutenina.
C. del hígado, donde se sintetizan / lipoproteín lipasa.
D. de la hidrólisis de los triglicéridos en los adipocitos / seroalbúmina.

6.45. Los ácidos grasos transportados por la sangre a las diferentes células, difunden al citoplasma e ingresan a la mitocondria como se muestra en la figura. Sobre las líneas complete el diagrama con las expresiones correctas (alguna se puede repetir): carnitina, AMP + PP_i, CoA, acilcarnitina y ATP.



6.46. La activación de los ácidos grasos citoplasmáticos para ingresar a la mitocondria ocurre mediante un mecanismo que

A. utiliza la energía de la hidrólisis del enlace tioéster de la coenzima A.
B. necesita de proteínas transportadoras de membrana.
C. promueve la hidrólisis de ATP para esterificar el ácido graso con la coenzima A.
D. usa las enzimas embebidas en las membranas del organelo.

6.47. Se han aislado y caracterizado isoenzimas de la acil-CoA-sintetasa, la diferencia entre ellas radica principalmente en que

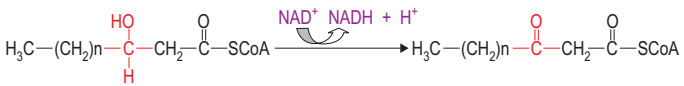
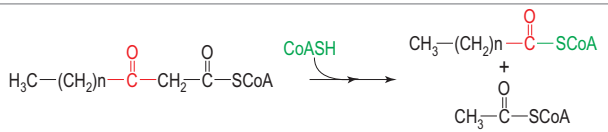
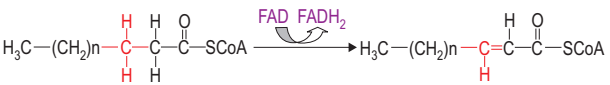
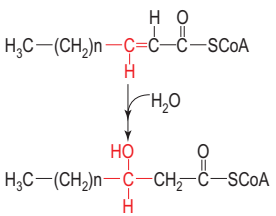
A. unas son dependientes de ATP y otras no.
B. su actividad catalítica depende de la longitud del ácido graso.
C. se encuentran en las mitocondrias de diferentes tejidos como el hepático, muscular y adiposo.
D. unas permiten la unión a la carnitina por el lado citoplasmático de la mitocondria, y las otras se encuentran en la membrana interna del organelo.

6.48. La activación del ácido graso y el transporte al interior de la mitocondria, para iniciar la oxidación hasta acetil-CoA, ocurre

A. una sola vez.
B. cada vez que se disminuye las cadena del ácido graso en dos carbonos.
C. al inicio, para el ingreso a la mitocondria, y al final cuando salen las moléculas de acetil-CoA hacia el citoplasma.
D. dos veces, ya que se están atravesando las dos membranas mitocondriales.

6.49. Dibuje la estructura de la carnitina y describa brevemente sus propiedades y función(es) biológica(s).

6.50. Relacione la descripción escrita de los cuatro tipos de reacciones que suceden en la β-oxidación (columna A) con la ecuación química respectiva (columna B).

Columna A	Columna B
1. Deshidrogenación del *acil-CoA que genera un doble enlace trans-Δ^2- enoil-CoA, entre los carbonos α y β.	
2. Hidratación del doble enlace trans-Δ^2- enoil-CoA, para formar el isómero L-β-hidroxiacil-CoA	
3. Deshidrogenación del L-β-hidroxiacil-CoA para formar el β-cetoacil-CoA.	
4. Reacción de tiólisis que produce acetil-CoA y un nuevo *acil-CoA con dos átomos de carbono menos que el original.	

*Acil-CoA se refiere en forma genérica a una molécula de ácido graso saturado y de cadena par, unida a la coenzima A.

6.51. Relacione la descripción escrita de los cuatro tipos de reacciones que suceden en la β-oxidación (columna A) con la enzima que interviene (columna B) y complete con el número correspondiente a la Comisión Internacional de Enzimología E.C. (Columna C).

Columna A	Columna B	Columna C
1. Deshidrogenación del acil-CoA que genera un doble enlace trans-Δ^2- enoil-CoA, entre los carbonos α y β.	_____ 3-L-hidroxiacil-CoA deshidrogenasa.	
2. Hidratación del doble enlace trans-Δ^2- enoil-CoA, para formar el isómero L-β-hidroxiacil-CoA.	_____ Acil-CoA deshidrogenasa.	
3. Deshidrogenación del L-β-hidroxiacil-CoA para formar el β-cetoacil-CoA.	_____ Beta-cetoacil-CoA tiolasa.	
4. Reacción de tiólisis que produce acetil-CoA y un nuevo acil-CoA con dos átomos de carbono menos que el original.	_____ Enoil-CoA hidratasa.	

6.52. Para la oxidación completa de un mol de ácido araquídico y oleico calcule:

a. Las moles de $FADH_2$ y NADH $+H^+$ que se producen por la β-oxidación.
b. Las moles de acetil-CoA que ingresan al ciclo de Krebs.
c. Las moléculas de ATP que se forman por la oxidación completa del ácido graso.

6.53. Una secuencia (conjunto de 4 reacciones) a través de la β-oxidación, disminuye en dos átomos de carbono la molécula de acil-CoA. Para que todo el estearil-CoA se convierta en acetil-CoA se necesita que el proceso de oxidación se repita

A. 8 veces.
B. 9 veces.
C. 18 veces.
D. 10 veces.

6.54. Muchos animales acumulan energía y ajustan el metabolismo para sobrevivir en los periodos migratorios o de hibernación. Por ejemplo los osos grizzly pueden reabsorber la urea producida en la degradación de proteínas para sintetizar de nuevo aminoácidos; estos osos también acumulan grandes cantidades de grasa corporal para mantenerse durante

el largo periodo de tiempo que permanecen dormidos, sin comer, sin beber, ni eliminar desechos sólidos y líquidos. Explique cómo estos vertebrados pueden usar los triglicéridos en la hibernación, para mantener los niveles de agua, glucosa, y la temperatura corporal entre 32 y 35°C.

6.55. La oxidación de los ácidos grasos insaturados más comunes en la naturaleza requiere de una o dos reacciones adicionales debido a que los dobles enlaces son

A. trans y no siempre están en la posición α, β adecuada para que se hidraten.
B. ω-3 y ω-6 y no siempre están en la posición adecuada para que se deshidraten.
C. cis y en la oxidación se requiere que la insaturación quede en posición α, β.
D. cis y en la oxidación se forma el isómero D-hidroxilado y se requiere del isómero L.

6.56. Las enzimas adicionales que se requieren para catalizar la oxidación de ácidos grasos insaturados y poliinsaturados son

A. acil-CoA hidratasa I y acil-CoA hidratasa II.
B. enoil-CoA isomerasa y 2,4-dienoil-CoA-reductasa.
C. acil-CoA deshidrogenasa y acil-CoA epimerasa.
D. acil-CoA deshidrogenasa y enoil-CoA isomerasa.

6.57. La mayoría de los ácidos grasos presentes en la naturaleza son pares, pero una pequeña cantidad de lípidos vegetales y de organismos marinos contienen ácidos grasos de cadena impar. Estos lípidos también se activan para ingresar a la mitocondria y

A. en el último proceso de oxidación se produce pentenil-CoA, una molécula de cinco carbonos.
B. la acil-CoA deshidrogenasa detiene su acción cuando se produce el acil-CoA de 7 carbonos.
C. se produce 3-hidroxibutirato en la última oxidación.
D. en el último proceso de oxidación se produce una molécula de acetil-CoA y una de propionil-CoA.

6.58. Se ha encontrado que la β-oxidación de ácidos grasos también puede ocurrir en

A. el núcleo.
B. el retículo endoplasmático rugoso.
C. los peroxisomas y glioxisomas.
D. la superficie del citoesqueleto.

Desarrolle los puntos 6.59. a 6.61. 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.

6.59. La oxidación de ácidos grasos de 20 o más átomos de carbono también se puede realizar en un organelo que contiene altas concentraciones de catalasa debido a que

1. la acil-CoA-deshidrogenasa es dependiente de FAD, y el $FADH_2$ transfiere los electrones a O_2.
2. a la hidratación del doble enlace formado entre los carbonos 2 y 3 del acil-CoA requiere de H_2O_2.
3. los electrones que se transfieren al O_2 no están acoplados a la formación de ATP sino a la formación de H_2O_2.
4. la ruptura del enlace tioéster necesita de esa enzima.

Respuesta: _____

6.60. En el glioxisoma no se realiza el ciclo de Krebs, porque no contiene las enzimas necesarias, así que el acetil-CoA que allí se produce

1. se puede exportar a las mitocondrias para su oxidación.
2. ingresa al ciclo del glioxilato.
3. se convierte en un precursor de 4 carbonos para la síntesis de otras sustancias.
4. se acumula en el retículo endoplasmático para utilizarlo en la síntesis de hormonas.

Respuesta: _____

6.61. Las manifestaciones clínicas de la enfermedad de Refsum son (consulte DEVLIN, Thomas M. Bioquímica. Libro de Texto con Aplicaciones Clínicas. 3 ed. España: Reverté, 1999)

1. retinitis pigmentosa.
2. neuropatía periférica.
3. ataxia cerebélica.
4. sordera nerviosa.

Respuesta: _____

6.62. En algunos organismos se ha encontrado que los ácidos grasos se pueden degradar por medio de un mecanismo denominado ω-oxidación (omega es el carbono más lejano al grupo carboxilo). Esta oxidación se realiza en

A. la mitocondria.
B. el núcleo.
C. el glioxisoma.
D. el retículo endoplasmático.

6.63. Los principales sustratos para la ω-oxidación son los ácidos grasos de

A. cadena media (10 a 12 carbonos).
B. cadena impar.
C. cadena muy larga (más de 20 carbonos).
D. tres o más dobles enlaces.

6.64. Los productos finales de la ω-oxidación son ácidos

A. monocarboxílicos.
B. ramificados.
C. insaturados.
D. dicarboxílicos.

6.65. La oxidación de acetil-CoA en el ciclo de Krebs depende de la presencia de oxalacetato para la formación del citrato y el primero se sintetiza a partir de piruvato por la acción de la piruvato carboxilasa. En condiciones de ayuno o en la diabetes la concentración de piruvato disminuye y en consecuencia la de oxalacetato, que se utiliza preferiblemente en la gluconeogénesis; bajo estas condiciones el acetil-CoA se utiliza en la formación de los "cuerpos cetónicos". Consulte cuáles son estos compuestos, dibuje su estructura y haga un esquema de la cetogénesis.

6.66. En los mamíferos la mayor cantidad de cuerpos cetónicos se produce en

A. cerebro.
B. hígado.
C. riñón.
D. músculo esquelético y cardiaco.

6.67. Los órganos que pueden hacer cetólisis para obtener energía son

A. músculo cardiaco, corteza renal y cerebro.
B. hígado, músculo esquelético y glóbulos rojos.
C. pulmones, hígado y tejido adiposo.
D. tejido adiposo, hígado, músculo esquelético y cardiaco.

6.68. Consulte sobre la relación entre los cuerpos cetónicos y los problemas de acidosis metabólica en las personas con diabetes.

6.69. Explique brevemente cómo se puede extraer energía de los cuerpos cetónicos.

6.70. Indique cuáles son los síntomas generados en humanos por la deficiencia de carnitina y cómo se trata esta enfermedad.

6.71. Consulte cuáles son los síntomas en humanos de la deficiencia de la acil-CoA deshidrogenasa de cadena media (MCAD) y cómo se maneja esta enfermedad.

6.72. Las hormonas que regulan la degradación de los triglicéridos por la lipasa de los adipocitos son

A. glucagón e insulina.
B. insulina y adrenalina.
C. adrenalina y glucagón.
D. adrenalina, epinefrina e insulina.

6.73. La acetil-CoA carboxilasa, enzima que interviene en la síntesis de los ácidos grasos, cataliza la reacción que tiene como producto

A. butiril-CoA.
B. malonil-CoA.
C. acetoacetil-CoA.
D. propionil-CoA.

6.74. El malonil-CoA que se genera durante la síntesis de ácidos grasos, modula la vía degradativa debido a que inhibe la

A. acil-CoA deshidrogenasa.
B. β-cetoacil-CoA-tiolasa.
C. carnitín aciltransferasa I.
D. acil-CoA sintasa.

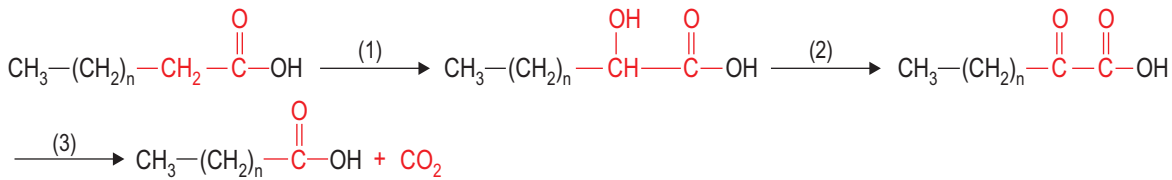
6.75. Altas concentraciones de NADH y acetil-CoA, inhiben la β-oxidación respectivamente en la

A. 3- hidroxiacil-CoA deshidrogenasa y beta-cetoacil-CoA tiolasa.
b. beta-cetoacil-CoA tiolasa y enoil-CoA hidratasa.
c. carnitín acil-CoA transferasa II y acil-CoA deshidrogenasa.
d. enoilCoA- hidratasa y beta-cetoacil-CoA tiolasa.

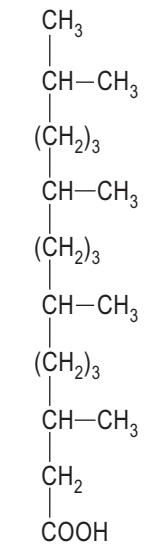
6.76. La acetilCoA carboxilasa es una enzima que interviene en la síntesis de ácidos grasos y que presenta regulación por modificación covalente mediada por hormonas. Consulte cómo se activa o se inhibe por medio de ese mecanismo, y su relación con la β-oxidación.

6.77. Las siguientes 3 reacciones corresponden a la

A. α-oxidación. B. ω-oxidación. C. β-oxidación. D. μ-oxidación.



6.78. Siguiendo el modelo de la α-oxidación demuestre que la degradación completa del ácido fitánico produce 3 moléculas de propionil-CoA, tres moléculas de acetil-CoA y una de isobutiril-CoA.



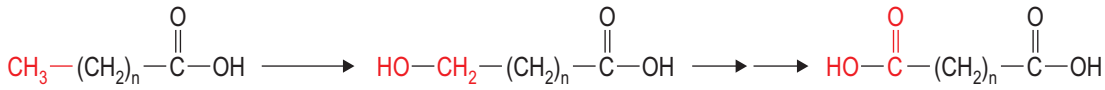
Ácido fitánico

6.79. Las personas que están afectadas por la enfermedad de Refsum, de origen genético, carecen de la enzima

A. α-hidroxilante. B. ω-hidroxilante. C. β-hidroxilante. D. μ-hidroxilante.

6.80. La siguiente secuencia de reacciones corresponde a la

A. α -oxidación. B. ω-oxidación. C. β-oxidación. D. μ-oxidación.



6.81. A continuación se muestra la secuencia de síntesis (novo) de ácidos grasos, complete en el recuadro posterior con el segundo ciclo de elongación.

Carboxilación del acetil CoA para formar malonil-CoA (donador activo)

a. $H_3C-C(=O)-S\text{-}CoA$ (Acetil-CoA) + ATP + HCO_3^- $\xrightarrow[\textbf{Biotinilproteína}]{\text{Acetil-CoA carboxilasa}}$ $^-O-C(=O)-CH_2-C(=O)-S\text{-}CoA$ (Malonil-CoA) + ADP + Pi

Primer ciclo de elongación

b. $H_3C-CO\sim S\text{-}CoA$ (Acetil-CoA) + ACP $\xrightarrow{\text{Acetil-CoA:ACP transacilasa}}$ $H_3C-CO-ACP$ (Acetil-ACP) + CoASH

c. $^-O-C(=O)-CH_2-C(=O)\sim SCoA$ (Malonil-CoA) + ACP $\xrightarrow{\text{Malonil-CoA:ACP transacilasa}}$ $^-O-C(=O)-CH_2-C(=O)-ACP$ (Malonil-ACP)

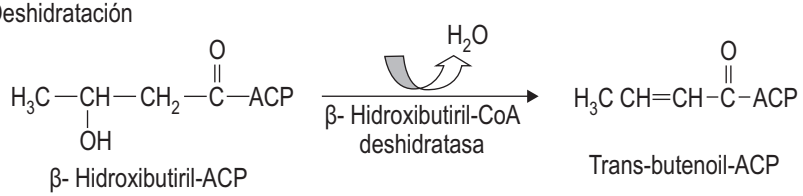
d. $H_3C-CO-ACP$ (Acetil-ACP) + $^-O-C(=O)-CH_2-C(=O)-ACP$ (Malonil-ACP) $\xrightarrow{\text{Cetoacil-ACP sintasa}}$ $H_3C-C(=O)-CH_2-C(=O)-ACP$ (Acetoacetil-ACP) + CO_2

(reacción de condensación)

e. Reducción

$H_3C-C(=O)-CH_2-C(=O)-ACP$ (Acetoacetil-ACP) $\xrightarrow[\text{Cetoacil-ACP-reductasa}]{NADPH + H^+ \;\; NADP^+}$ $H_3C-CH(OH)-CH_2-C(=O)-ACP$ (β- Hidroxibutiril-ACP)

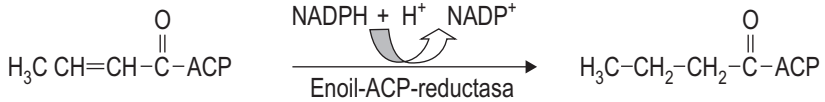
f. Deshidratación



β- Hidroxibutiril-ACP

Trans-butenoil-ACP

g. Reducción



Trans-butenoil-ACP

Butiril-ACP

6.82. Complete la tabla para la biosíntesis y la β-oxidación del octadecanoato. Consulte la información del anexo 6.1.

Parámetro	Biosíntesis	β-oxidación
Compartimento celular		
Portador activo que tiene fosfopanteteína		
Naturaleza del fragmento carbonado pequeño añadido o sustraído		
Naturaleza de la coenzima de oxidación-reducción		
Configuración estereoquímica de los intermediarios β-hidroxi		
Equivalentes de energía producidos o utilizados en la interconversión estearato y aceti-CoA y octadecanoato		

DEVLIN, Thomas M. Bioquímica. Libro de Texto con Aplicaciones Clínicas. 3 ed. España: Reverté, 1999. p. 385.

ANEXO 6.1.

CARACTERIZACIÓN DE LAS PRINCIPALES LIPOPROTEÍNAS

Lipoproteína	Fuente	Diámetro (nm)	*D (g/mL)	Proteína (%)	Lípido (%)	Principales componentes	Apolipoproteinas
Quilomicrones (QM)	Intestino	90 a 100	<1,006	1 a 2	98 a 99	Triacilglicerol	A-IV*, B-48, C-II, C-III, E
VLDL o Pre β-LP	Hígado	30 a 90	0,95 a 1,006	7 a 10	90 a 93	Triacilglicerol	B-100, C-I, CII, C-III
IDL	VLDL	25 a 35	1,006 a 1,019	11	89	Triacilglicerol y colesterol	B-100, E
LDL o β-LP	VLDL	20 a 25	1,006 a 1,063	23	79	Colesterol	B-100
HDL o α-LP	Hígado	20 a 25	1,063 a 1,210	55	68	Fosfolípidos, colesterol	A-I, A-II, A-IV C-I, C-II, C-III, D, E
Albúmina/ ácidos grasos libres	Tejido adiposo		>1,281	99	1	Acidos grasos libres	

Abreviaturas: D= densidad, HDL = lipoproteínas de alta densidad, IDL = lipoproteínas de densidad intermedia; LDL = lipoproteínas de baja densidad; VLDL = lipoproteínas de muy baja densidad.

***** Secretada con quilomicrones pero se transfiere a HDL.

NELSON, David L y COX, Michael M. Lehninger. Principios de Bioquímica. 5 ed. Barcelona: Omega, 2009. p. 836 – 840.

ANEXO 6.2.

COMPARACIÓN ENTRE LAS DISTINTAS VÍAS DE DEGRADACIÓN Y LA BIOSÍNTESIS DE ÁCIDOS GRASOS

A. VÍAS DE DEGRADACIÓN

PARÁMETRO DE COMPARACIÓN	VIA		
	α-oxidación	β-oxidación	ω-oxidación
Compartimento celular	Tejido encefálico, retículo endoplasmático y mitocondrias	Matriz mitocondrial	Retículo endoplasmático liso y peroxisomas
Intermediario activo	H_3C-R-CH_2- CO~CoA	H_3C-R- CH_2CO~CoA	HOOC-R-CH_2- CO~CoA *
Coenzima	FAD/$FADH_2$; NAD^+/NADH + H^+	FAD/$FADH_2$; NAD^+/NADH + H^+	FAD/$FADH_2$; NAD^+/NADH + H^+
Configuración estereoquímica de los intermediarios β-hidroxi	L-β-hidroxiacil-CoA	L-β-hidroxiacil-CoA	L-β-hidroxiacil-CoA
Producto	Acetil-CoA; Propionil-CoA; Isobutiril-CoA	Acetil-CoA en pares; Propionil CoA en impares	Ácido adípico y succínico
Sistema enzimático	Oxidasa de función mixta	Enzimas no asociadas: deshidrogenasas, hidratasas y tiolasas en saturados. Adicionalmente isomerasas y reductasas en insaturados	Oxidasa de función mixta

*El intermediario dicarboxílico se puede activar por cualquier extremo.

B. BIOSÍNTESIS

PARÁMETRO DE COMPARACIÓN	De novo	Elongación	
Compartimento celular	Citoplasma	Mitocondria	Microsomas
Intermediario activo	Malonil-ACP	Acetil-CoA	Malonil-CoA
Coenzima	NADPH(H^+)	NADPH(H^+)	NADPH(H^+); NADH(H^+)
Insaturación	No	No	Sí Monooxigenasas
Producto	C_{16}	C_{18} o más	Insaturados
Configuración estereoquímica de los intermediarios β-hidroxi	D-β-hidroxi-acil-ACP		
Sistema enzimático	Enzimas asociadas en organismos superiores (ácido graso sintetasa)	Deshidrogenasas	Monooxigenasas

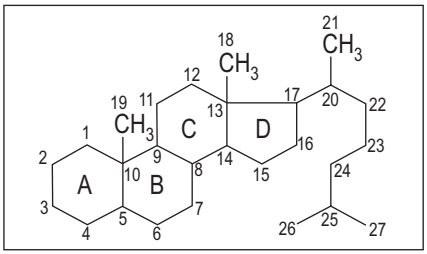
CAPÍTULO

7

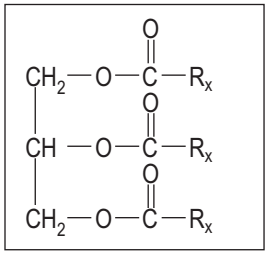
Otras funciones de los lípidos

7.1. Las ceras de origen vegetal y animal son lípidos formados por la esterificación de un ácido graso de cadena larga con un alcohol lineal monohidroxilado de alto peso molecular. La estructura que representa una cera es

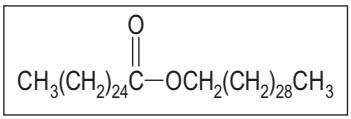
A.



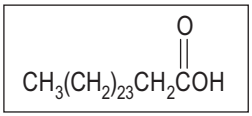
C.



B.



D.



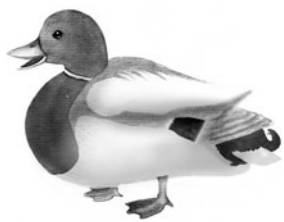
Desarrolle los puntos 7.2. a 7.4. con el formato de selección múltiple con múltiple respuesta.

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.

7.2. Las ceras son insolubles en agua y por lo general son sólidas a temperatura ambiente; en los animales se encuentran en la piel y las plumas, y en los vegetales en diferentes órganos. Sus principales funciones en los vertebrados son

1. proteger y lubricar.
2. impermeabilizar.
3. evitar la evaporación excesiva del agua.
4. actuar como reserva energética.

Respuesta: _____



7.3. Las ceras naturales tienen diversas aplicaciones industriales como

1. la farmacéutica.
2. la cosmética.
3. en la producción de combustibles y lubricantes.
4. la alimentaria.

Respuesta: _____

7.4. Las ceras minerales se diferencian de las biológicas en que

1. únicamente están formadas por ácido palmítico y triacontanol.
2. se extraen de lignito o carbón sub-bituminoso y del petróleo.
3. las primeras son más polares.
4. son una mezcla de ésteres, ácidos grasos, alcoholes, cetonas e hidrocarburos de cadena larga.

Respuesta: _____

7.5. Las abejas secretan la cera producida por las glándulas céreas ubicadas en el sexto y noveno segmento abdominal de los insectos de 12 a 18 días de edad. La composición es muy variable, depende de la alimentación y está constituida por al menos 284 compuestos no todos identificados, pero las sustancias mayoritarias (35-80%) son monoésteres saturados e insaturados. El palmitato de triacontilo (16:30) es la cera mayoritaria, dibuje su estructura.

Fotografía: Don jon

Palmitato de triacontilo

7.6. Complete la siguiente tabla.

Cera	Procedencia	Composición	Aplicación industrial
Cera carnauba			
Cera de jojoba			
Aceite spermaceti			
Lanolina			

Desarrolle los puntos 7.7. a 7.14. teniendo en cuenta el siguiente texto.

La producción de ceras en los animales está asociada principalmente con las glándulas sebáceas de la piel cuya secreción es rica en lípidos (sebo). Su composición química varía según el animal y se han detectado diferencias entre especies. En la siguiente tabla se muestra la composición del sebo de varios animales.

Composición relativa en %p/p del sebo de la superficie de la piel de diferentes animales.

	Escualeno	Esteroles	Ésteres de colesterol	Ceras	Triglicéridos	Ácidos grasos libres	Alcoholes libres	Diésteres
Humano	12	1	3	25	41	16		
Oveja		12	46	10			11	21
Rata	1	6	27	17		1		21
Ratón		13	10	5	6			65

Adaptado de Downing, D.T. Mammalian waxes. In: Chemistry and Biochemistry of Natural Waxes. Amsterdam: Kolattukudy, Elsevier,1976. Disponible en Internet: http://lipidlibrarn.aocs.org/Lipids/waxes/index.htm

El sebo humano es el único que contiene ácido sapienico, que es el ácido graso libre más abundante y tiene propiedades antibacteriales. En la piel humana también se encuentra el ácido sebaleico.

7.7. La principal diferencia entre el sebo de oveja y el humano es que

A. en la oveja hay mayor cantidad de triglicéridos, alcoholes libres y ácidos grasos libres que en la grasa humana.

B. la concentración de los diésteres es menor en ovejas que en humanos.

C. en la grasa humana hay un alto contenido de colesterol y ésteres de colesterol, y en la oveja predominan los alcoholes de alto peso molecular.

D. en la grasa humana hay un alto contenido de escualeno, ácidos grasos libres y triglicéridos, y en la oveja predominan los ésteres de colesterol y los diésteres.

7.8. Teniendo en cuenta que los jabones son sales de ácidos grasos que se obtienen por saponificación, la grasa dérmica (según la tabla) más apropiada para la fabricación de jabones es la de

A. ratón.

B. oveja.

C. rata.

D. humano.

7.9. El escualeno es el compuesto que hace diferente la grasa de la dermis humana de la de otros mamíferos. Consulte su estructura y dibújela.

7.10. Consulte qué otros seres vivos sintetizan escualeno y si tiene algún uso comercial.

7.11. Dibuje la estructura del ácido sapiénico.

7.12. Dibuje la estructura del ácido sebaleico.

7.13. El ácido sapiénico (sapienic acid) tiene como característica estructural que

A. es saturado.
B. tiene un doble enlace con isomería cis en la posición 6.
C. es un tipo de grasa ω-6.
D. tiene ramificaciones y grupos hidroxilo a lo largo de su cadena.

7.14. El ácido sebaleico (sebaleic acid) tiene como característica estructural que

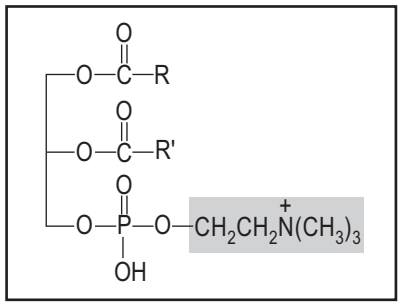
A. tiene dos insaturaciones con isomería cis.
B. tiene dos insaturaciones, una con isomería trans y la otra cis.
C. es una grasa saturada.
D. está compuesto por 18 carbonos y una insaturación cis en el carbono 9.

7.15. Consulte las principales funciones biológicas del spermaceti en los cachalotes.

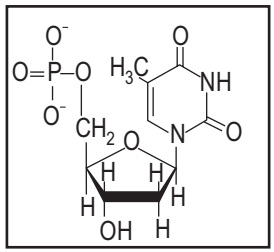
7.16. Las ceras no son comunes en los procariotas pero las micobacterias tienen en la pared celular unos compuestos denominados micoserosatos. Estos se sintetizan a partir del ftiocerol (phthiocerol) que es un alcohol dihidroxilado de 34 o 36 carbonos y ramificado, que se esterifica con ácidos grasos de 18 a 25 carbonos, principalmente el ácido micocerósico, para formar los diésteres llamados dimicocerosatos (DIM). Esta sustancia se considera como el principal factor de virulencia y patogenicidad de las micobacterias como *Mycobacterium tuberculosis* y *M. leprae*. Consulte la estructura del fticerol y del ácido micocerósico, luego dibuje la estructura del DIM.

7.17. Los fosfoglicéridos son lípidos de membrana constituidos por dos ácidos grasos esterificados con los grupos hidroxilo de los carbono 1 y 2 del glicerol y un fosfodiéster en el tercer carbono (esterificado con otro alcohol). Un ejemplo de este tipo de compuesto es

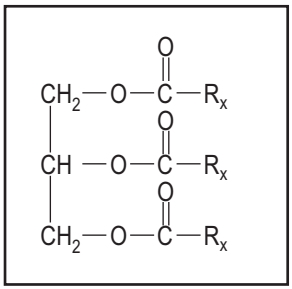
A.



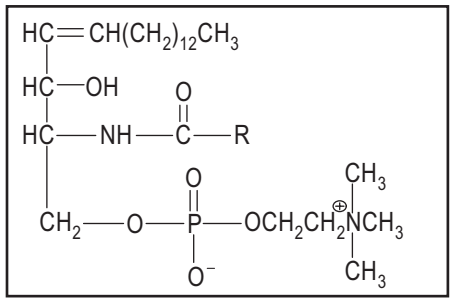
C.



B.



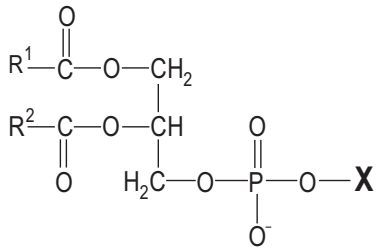
D.



7.18. El carbono número dos de los fosfoglicéridos es quiral y predomina el isómero

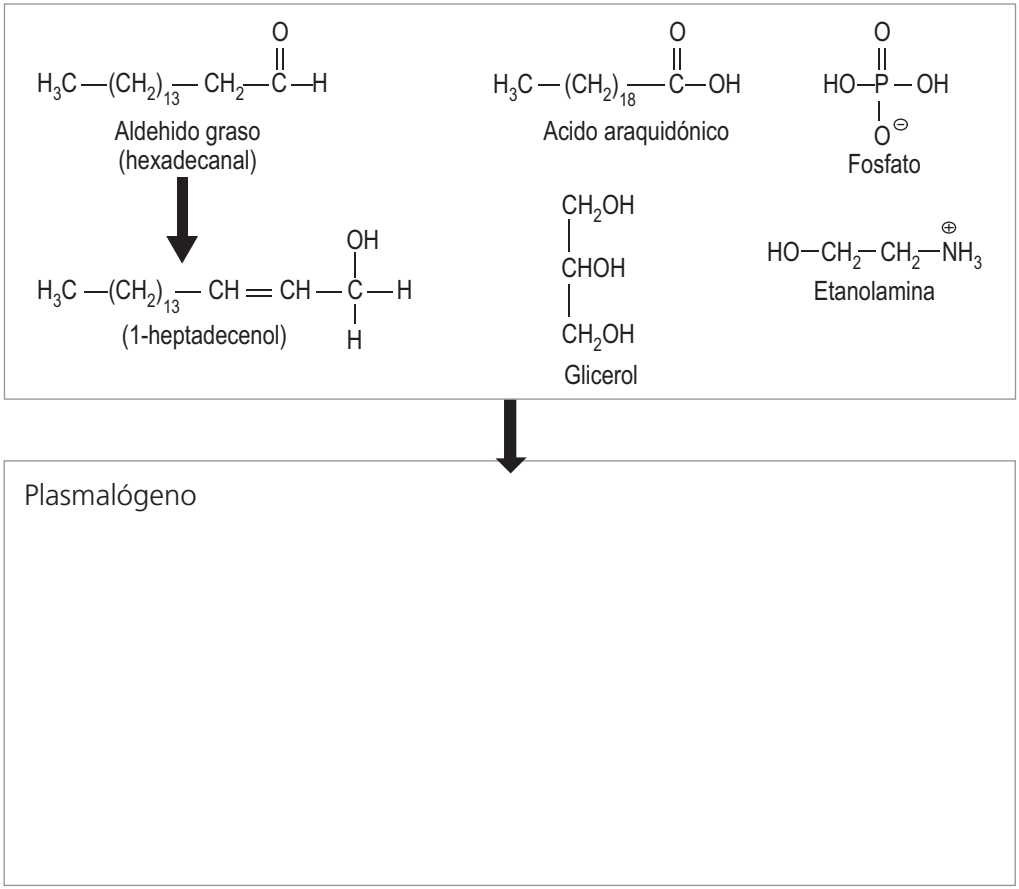
A. cis-fosfodiéster.
B. L-glicerol-3-fosfato.
C. D-glicerol-3-fosfato.
D. trans-fosfodiéster.

7.19. Complete la siguiente tabla teniendo en cuenta la estructura general de un fosfoglicérido.



Glicerofosfolípido	Nombre del grupo X	Estructura del grupo X
Ácido fosfatídico		
Fosfatidiletanolamina		
Fosfatidilserina		
Fosfatidilglicerol		
Fosfatidilinositol		
Fosfatidilcolina		
Cardiolipina		

7.20. Un 50% de los fosfolípidos presentes en el corazón y en otros órganos de los vertebrados, invertebrados y en organismos unicelulares como bacterias halófilas y protistos ciliados, tienen un grupo éter en su estructura, y aunque su función todavía es un misterio se ha encontrado que este tipo de lípidos es resistente a la hidrólisis por fosfolipasas. Consulte y dibuje la estructura de un plasmalógeno con los siguientes componentes:



Desarrolle los puntos 7.21. y 7.22. 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.

7.21. El factor activador de plaquetas (PAF)

1. estimula su agregación y la liberación de serotonina.
2. actúa en el hígado, músculo liso, corazón, útero y tejido pulmonar.
3. participa en la respuesta inmune a las alergias.
4. participa en la respuesta inflamatoria.

Respuesta: _____

7.22. Las principales sustancias que se unen al grupo fosfato para formar los plasmalógenos son

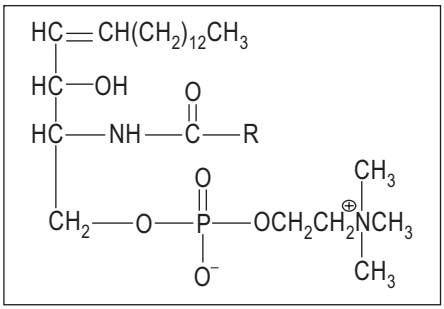
1. colina.
2. glucosa.
3. etanolamina.
4. inositol.

Respuesta: _____

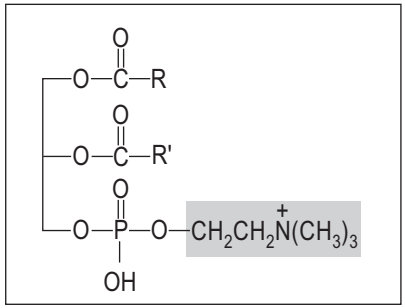
7.23. El factor activador de plaquetas se libera por los basófilos, dibuje su estructura.

7.24. Los esfingolípidos hacen parte de la membrana celular y están compuestos por un aminoalcohol de cadena larga, un ácido graso y una molécula polar. La estructura del aminoalcohol es

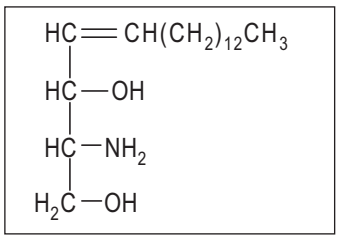
A.



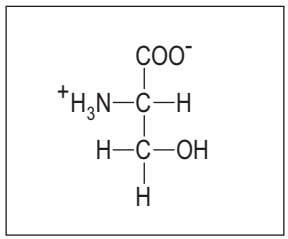
B.



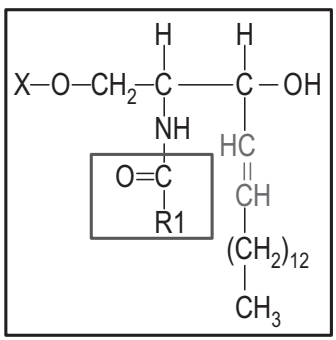
C.



D.



7.25. Complete la siguiente tabla teniendo en cuenta la estructura general de un esfingolípido.



Nombre del esfingolípido	Nombre del grupo X	Estructura grupo X
Ceramida		
Esfingomielina		
Glucosilcerebrósido		
Lactocilceramida (globósido)		
Ganglósido		

7.26. El fisicoquímico Johann Thudichum (1829-1901) descubrió los esfingolípidos, a la fecha se han identificado aproximadamente 60 de estos lípidos en humanos. La mayoría de ellos hacen parte principalmente de la membrana plasmática de neuronas y participan en el reconocimiento celular. Los grupos sanguíneos se determinan según el tipo de carbohidrato que esté unido a los esfingolípidos. Dibuje la estructura o haga un diagrama en el cual muestre las diferencias entre los glicoesfingolípidos de los grupos sanguíneos A, B y O.

7.27. Complete el siguiente cuadro sobre las enfermedades asociadas con el almacenamiento de esfingolípidos en humanos.

Enfermedad	Principales signos y síntomas	Sustancia principal de almacenamiento	Deficiencia enzimática
1.	Retraso mental, ceguera, mancha rojo cereza sobre la mácula.	Ganglósido GM_2	
2.Enfermedad de Gaucher	Aumento del hígado y de bazo, erosión de los huesos largos y de la pelvis, retraso mental sólo en la forma infantil.		
3. Enfermedad de Fabry	Erupción cutánea, fallo renal, dolor en las extremidades inferiores.	Ceramida trihexósido	
4. Enfermedad de Niemann-Pick	Aumento del hígado y del bazo, retraso mental.	Esfingomielina	Esfingomielinasa
5.Leucodistrofia globoide (enfermeda de Krabbe)	Retraso mental, ausencia de mielina.		
6.Leucodistrofia metacromática	Retraso mental, los nervios se tiñen de marrón amarillento con el colorante violeta de cresilo (metacromasia).	Sulfátido	
7.	Retraso mental, aumento del hígado, esqueleto afectado.	Ganglósido GM_1	Ganglósido GM_1, β-galactosidasa
8.Enfermedad de Sandhoff-Jatzkewitz	Lo mismo que la 1. La enfermedad tiene un progreso más rápido.		Hexosaminidasa A y B
9.	Degeneración cerebral, parálisis muscular, piel gruesa.		α-L-Fucosidasa

BERG, Jeremy; TYMOCZKO, Jhon y STRYER, Lubert. Bioquímica. 8 ed. España: Reverté, 2008.

7.28. Las lecitinas hacen parte del tejido animal y vegetal, se utilizan como complemento alimenticio, emulsificantes y tienen aplicación médica. Comercialmente se usan las de soya y está ingresando al mercado las de girasol. Se conoce comúnmente como lecitina a

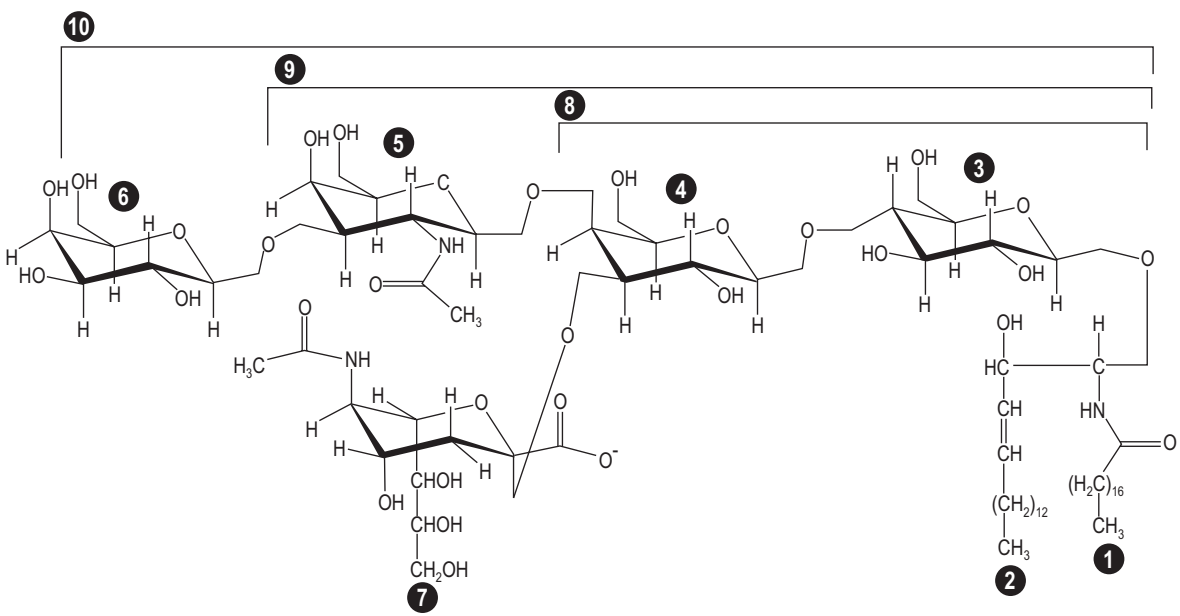
A. la fofatidiletanolamina.

B. la fosfatidilcolina.

C. los triglicéridos con ácidos grasos insaturados.

D. la esfingosina glicosilada.

7.29. Los gangliósidos están presentes en el cerebro en un 6%, son ceramidas glicosiladas que hacen parte de la membrana celular. La siguiente figura representa la estructura de los principales gangliósidos; indique cuáles son las sustancias que los conforman (marcadas con los números del 1 al 7) e identifique el tipo de gangliósido (8 al 10). Escoja entre el siguiente banco de palabras: D-galactosa, esfingosina, GM_1, N-acetil-D-galactosamina, GM_3, ácido esteárico, D-glucosa, GM_2 y ácido siálico.



Número	Nombre	Número	Nombre
1		6	
2		7	
3		8	
4		9	
5		10	

7.30. Los gangliósidos se encuentran en la membrana celular y por estar glicosilados pueden participar en el reconocimiento de toxinas, virus, células y en el crecimiento y diferenciación celular. Se conoce que la infección por el *Vibrio cholerae* se debe a la interacción entre la toxina proteica que libera la bacteria y un ganglósido presente en la membrana del enterocito (ver figura), el ganglósido que permite la interacción y desencadena la enfermedad es

Bibliografía sugerida:

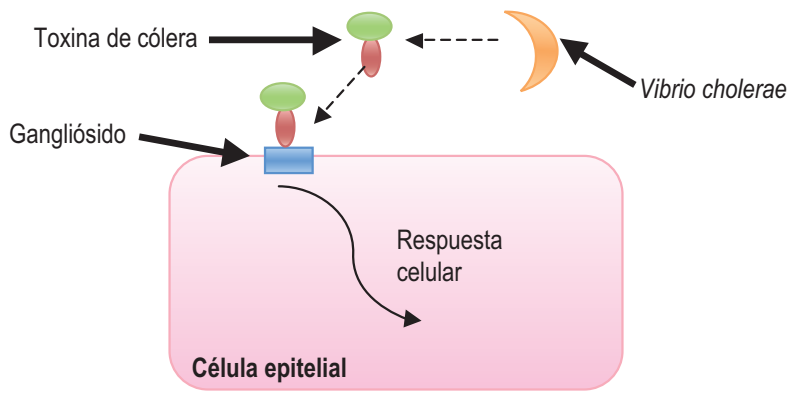
http://www.ebi.ac.uk/interpro/potm/2005_9/Page2.html [citado 30 de mayo de 2011].

MASCO, Daniel; VAN DE WALLE and SPIEGEL, Sarah. Interaction of Ganglioside GM_1 with the B Subunit of Cholera

Cholera Toxin Modulates Growth and Differentiation of Neuroblastoma N18 Cells. [citado 30 de mayo de 2011].

Disponible en Internet: http://www.jneurosci.org/cqi/reprint/11/8/2443.pdf

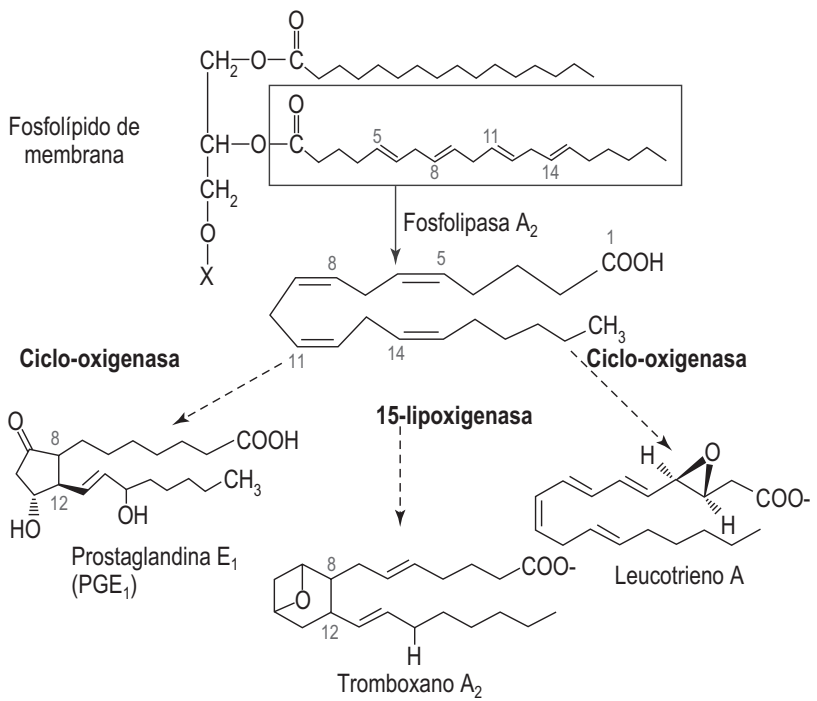
A. GM_1 B. GM_3 C. GM_2 D. plasmalógeno.



7.31. Las cefalinas son fosfoglicéridos presentes en la membrana celular, formados principalmente por ácidos grasos como el palmítico, esteárico y ácidos mono y poliinsaturados de cadena larga, esterificados en los carbonos 1 y 2 del glicerol. Una de sus funciones es su participación en el proceso de coagulación. El nombre con el que se conoce este tipo de sustancia es

A. fosfatidiletanolamina.
B. fosfatidilcolina.
C. triglicérido con ácidos grasos insaturados.
D. esfingosina glicosilada.

7.32. Los eicosanoides son lípidos derivados del ácido araquidónico (20:4$\Delta^{5,8,11,14}$) son hormonas de vida corta y acción local con función biológica variada. Se incluyen en este grupo las prostaglandinas, prostaciclinas, tromboxanos, leucotrienos y lipoxinas que se producen por la acción de diferentes enzimas sobre el ácido graso insaturado de 20 carbonos. En la siguiente figura se muestra la síntesis de estos lípidos. Describa brevemente las diferencias a nivel estructural entre tromboxanos, prostaglandinas y leucotrienos.



7.33. Complete la siguiente tabla relacionando el tipo de eicosanoide con sus funciones biológicas.

Función	Eicosanoide
Contracción del músculo liso del útero. _____	1. Tromboxanos
Mediador de la respuesta alérgica. _____	2. Prostaglandinas
Disminuye la producción de HCl en el estómago y aumenta la producción de la mucosidad gástrica. _____	3. Lipoxina A
Vasoconstrictor. _____	4. PGI_2 (prostaciclina)
Inhibe la agregación plaquetaria. _____	5. Leucotrienos
Interviene en la formación del coágulo sanguíneo. _____	
Vasodilatador. _____	
Promueve la inflamación. _____	
Disminuye la respuesta inflamatoria. _____	
Produce fiebre. _____	

7.34. Los medicamentos denominados AINES (antiinflamatorios no esteroidales) como el ibuprofeno, paracetamol, aspirina y naproxeno entre otros, disminuyen la inflamación; son antipiréticos y analgésicos. Consulte y explique cómo el uso médico de estos se relaciona con la síntesis de los eicosanoides.

7.35. Los corticoides como la metilprednisolona inhiben el proceso inflamatorio. Consulte y explique cómo el uso médico de este tipo de sustancias se relaciona con la síntesis de los eicosanoides.

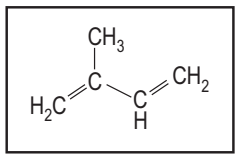
7.36. El uso indiscriminado de algunos medicamentos AINES (antiinflamatorios no esteroidales) puede producir úlceras estomacales, sangrado, hipertensión pulmonar y riesgo de aborto espontáneo. Relacione la aparición de estos efectos secundarios con la síntesis de los eicosanoides.

7.37. Los aromas de las plantas son en su mayoría sustancias volátiles entre las cuales están los terpenos de 10 a 15 carbonos. Estos compuestos se derivan del isopreno (2-metil-

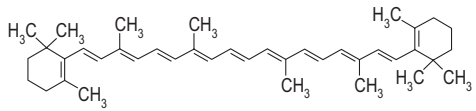
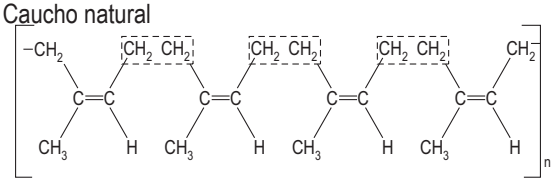
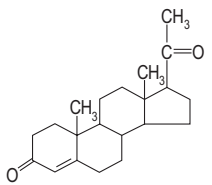
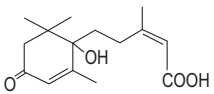
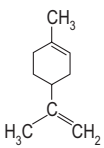
1,3-butadieno), un hidrocarburo de 5 carbonos que se polimeriza entre sí, se cicla y se pueden encontrar grupos hidroxilo, aldehído y cetona para generar los diferentes tipos de terpenoides. Las esencias o aceites esenciales de las plantas tienen un alto contenido de terpenos, estos se utilizan principalmente como aromatizantes, aditivos en alimentos, en perfumería y en la industria farmacéutica. Complete la siguiente tabla.

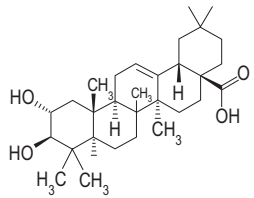
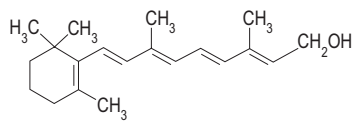
Nombre	Estructura	Origen principal
Mirceno		
Limoneno		
Zingibereno		
Geraniol		
Citronela		
Mentol		
Alcanfor		

7.38. Los terpenos se clasifican según el número de unidades de isopreno que los componen, relacione los tipos de isoprenoides que se muestran en la columna A, con el compuesto nombrado en la columna B.



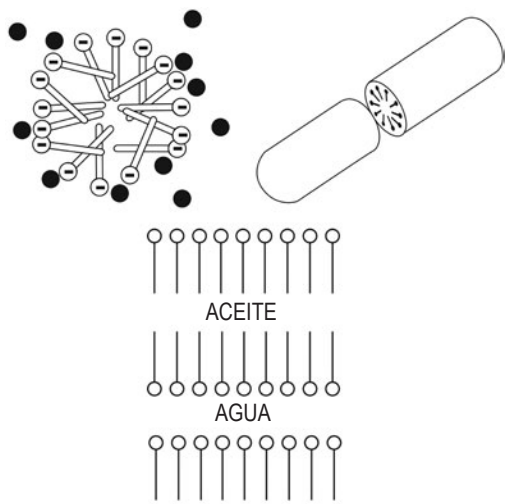
ISOPRENO

COLUMNA A **Tipo de terpeno**	**COLUMNA B** **Estructura**
Monoterpeno: C_{10} _____	1. β-caroteno 
Sesquiterpenos: C_{15} _____	2. Caucho natural 
Diterpenos: C_{20} _____	3. Progesterona 
Triterpenos: C_{30} _____	4. Ácido abscísico 
Tetraterpenos: C_{40} _____	5. Limoneno 

COLUMNA A Tipo de terpeno	COLUMNA B Estructura
Politerpenos más de C_{40} _____	6. Ácido maslínico 
Esteroides: triterpenos que forman anillos (ciclopentanoperhidrofenantreno) _____	7. Vitamina A 

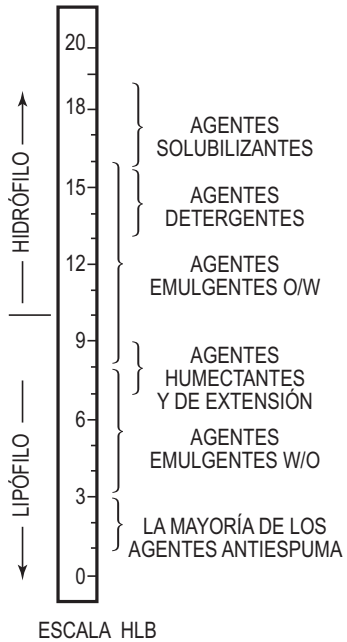
De acuerdo con la siguiente información desarrolle los puntos 7.39. a 7.45. los seis primeros con el formato de selección múltiple con única respuesta.

Los agentes tensoactivos o superficialmente activos son compuestos químicos de naturaleza estructural anfipática o anfifílica, es decir que están formados por una parte hidrofílica y otra lipofílica equilibradas de tal manera que cuando se dispersa inicialmente en la fase oleosa o en la acuosa, emigra a la interfase y se orienta con el grupo hidrofílico hacia el agua y el grupo lipofílico hacia la fase oleosa, como se muestra en la figura.



El balance hidrofílico-lipofílico (HLB) de las moléculas anfipáticas es un valor, establecido con base en una escala arbitraria, que oscila entre 0 y 20 como se muestra en el esquema.

Los emulsificantes permiten que sustancias inmiscibles formen mezclas estables denominadas emulsiones o dispersiones. En el mercado se conoce una gran variedad de emulsificantes, también denominados emulgentes, que tienen muchas aplicaciones en diversas industrias, así por ejemplo, en la de alimentos para la producción de pan se emplean dos tipos de emulgentes: los agentes que dan cuerpo a la masa haciéndola firme y dando un pan con mejor textura y más volumen como el ácido monoacetil tartárico y el diacetil tartárico (E 472e), también pertenecen a este grupo el estearoil-2-lactilato de sodio y el de calcio (E 481 y E 482 respectivamente). También están los suavizantes que permiten obtener una miga más suave y dan una mayor duración al pan por ejemplo los monoglicéridos y diglicéridos de ácidos grasos como el oleico (E 471).



Consultas sugeridas:

Agentes tensoactivos. [citado 3 de octubre de 2010]. Disponible en Internet: http://www.google.com.co/search?hl=es&lr=lang_es&rlz=1W1ADRA_es&tbs=lr%3Alang_1es&q=tensoactivos+hlb&btnG=Buscar&aq=f&aqi=&aql=&oq=&gs_rfau

Food-Info.¿Qué son los emulsificantes?.[citado 3 de octubre de 2010]. Disponible en Internet: http://www.food-info.net/es/qa/qa-fi63.htm

Foof-Info- E322.Lecitina.[citado 3 de octubre de 2010]. Disponible en Internet: http://www.food-info.net/es/e/e322.htm

Aditivos alimentarios.322-Lecitinas.[citado 3 de octubre de 2010]. Disponible en Internet: http://www.aditivosalimentarios.com/index.php/codigo/322/lecitinas

7.39. Un agente emulsificante W/O es aquel que permite solubilizar sustancias

A. lipofílicas en agua.
B. hidrofílicas en lipofílicas.
C. oleosas en agua.
D. hidrofílicas en agua.

7.40. Un agente emulsificante O/W es aquel que permite solubilizar sustancias

A. lipofílicas en agua.
B. hidrofílicas en lipofílicas.
C. oleosas en agua.
D. hidrofílicas en agua.

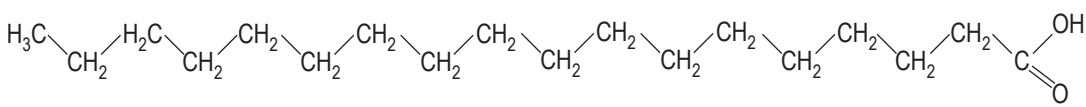
7.41. El ácido oleico tiene un valor HLB = 1, el oleato de trietanolamina de 12,0 y el oleato de sodio de 18,0, esto significa que respectivamente son agentes

A. W/O, O/W y detergente.
B. antiespumante, O/W y solubilizante.
C. O/W, W/O y antiespumante.
D. humectante, detergente y solubilizante.

7.42. De todos los compuestos citados en el texto el que no tiene naturaleza lipídica derivada de la presencia de ácidos grasos de alto peso molar es el

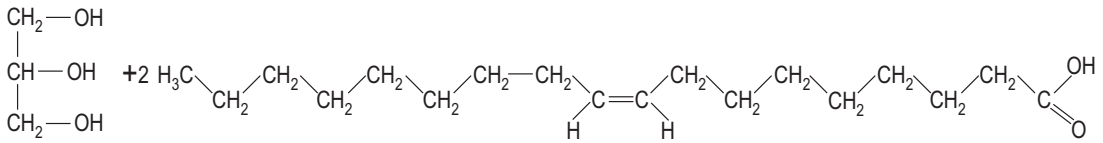
A. E 481.
B. E 471.
C. E 472e.
D. E 482.

7.43. El compuesto cuya fórmula estructural se representa a continuación se puede usar como materia prima, junto con el alcohol adecuado y una base inorgánica dihidroxilada, en la síntesis del



A. E 481.
B. E 471.
C. E 472e.
D. E 482.

7.44. Mediante la reacción que se ilustra a continuación el emulsificante que se obtiene puede ser el

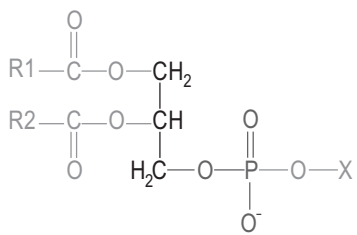


A. E 481. B. E 471. C. E 472e. D. E 482.

7.45. Represente la fórmula estructural del compuesto E 481.

Con base en la lectura, la fórmula estructural que se ilustra a continuación y la consulta bibliográfica, desarrolle las preguntas 7.46. y 7.47.

Los productos de chocolate contienen normalmente alrededor de 0,5% de lecitinas (E 322) o fosfatidatos de amonio (E 442) los cuales permiten alcanzar la consistencia adecuada para el moldeo como pastillas (tabletas) o chocolatinas. Si el chocolate se guarda a temperaturas demasiado elevadas, su superficie puede aparecer mate o blanquecina, esto se denomina "velo" y reduce el atractivo del producto para el cliente; para retrasar la aparición del velo se usa el triestearato de sorbitán (E 492).



7.46. La estructura de la lecitina E 322 es aquella en donde el residuo de los ácidos con los radicales R1 y R2, y el grupo X son respectivamente

A. C8:0 / C20:4$\Delta^{5,8,11,14}_{\text{todo cis}}$ y serina.

B. C22:0 / C12:0 y etanolamina.

C. C2:0 / C18:3$\Delta^{9,12,15}_{\text{todo cis}}$ y carnosina.

D. C16:0 / C18:1Δ^{9}_{cis} y colina.

7.47. El triestearato de sorbitán (E 492) que se utiliza para retrasar el efecto "velo" en los chocolates, se produce por reacción del ácido esteárico con sorbitol. Represente una posible estructura para este compuesto y con base en ella formule una explicación sobre su forma de acción en la disminución del efecto mencionado.

7.48. Actualmente es un reto para la industria de alimentos la producción de helados con bajo contenido de grasa sin desmejorar su textura, sabor y cuerpo, frente a los mantecados o helados con crema; igualmente en la producción de quesos bajos en grasa se deben cuidar especialmente las propiedades fundentes, en tal sentido el uso de emulsificantes es de gran importancia. Consulte sobre este tema y complete la siguiente tabla con el nombre de cuatro de los principales emulsificantes que se están utilizando, describa sus beneficios y posibles efectos adversos.

Consulta sugerida:

BEAR, R.J; WOLKOW, M.D. y KASPERSON, K.M. Efecto de Emulsificantes en el Cuerpo y Textura del Helado Bajo en Grasa. En: Tecnología. Mundo Lácteo y Cárnico. Septiembre/octubre 2007. p. 20-30. [citado 3 de octubre de 2010].Disponible en Internet: http://www.alimentariaonline.com/apadmin/img/upload/MLC020_HELADO.pdf

Emulsificante	Dosificaciones	Beneficios		Efectos adversos
		En helados	En quesos	

7.49. Las lipasas microbianas son un grupo de enzimas de gran interés debido a su aplicación en biotecnología. En la actualidad muchas industrias como las de alimentos, la farmacéutica, las de producción de grasas y aceites, de esencias, de sabores, de aromas así como también las productoras de biodiesel, han centrado su interés en estos catalizadores.

Consulte de qué manera se producen los triacilgliceroles modificados y el biodiesel a partir de aceite vegetal o animal utilizando estas enzimas y complete la tabla con la información que se solicita.

Consultas sugeridas:

RIVERA PÉREZ, Crisalejandra y GARCÍA CARREÑO, Fernando. Enzimas Lipolíticas y su Aplicación en la Industria del Aceite. En: BioTecnología, 2007. Vol. 11 No. 2. [Citado: 3 de octubre de 2010]. Disponible en Internet: http://www.smbb.com.mx/revista/Revista_2007_2/Enzimas_Aceite.pdf

GÓMEZ HERRERA, Carlos. Importancia actual de la oleoquímica en el sector industrial de tensoactivos. En: Grasas y aceites. 60 (4). Julio-septiembre 2009. p. 413-419. [citado 3 de octubre de 2010]. Disponible en Internet: http://grasasyaceites.revistas.csic.es/index.php/grasasyaceites/article/viewArticle/5933

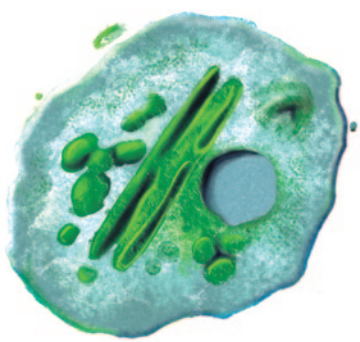
	Productos	
Consulta	**Triacilgliceroles modificados**	**Biodiesel**
Nombre de la reacción química fundamental.		
Fuente microbiana de la(s) enzimas.		
Ventajas frente al proceso químico.		
Características de los productos obtenidos.		
Aplicaciones de los productos que se obtienen.		

De acuerdo con la lectura y las consultas necesarias desarrolle los puntos 7.50. a 7.53.

En 1970 Pier Luigi Luisi, Institute of Polymers, ETH-Zürich, Switzerland, planteó la posibilidad de construir células mínimas semisintéticas, es decir vivas pero con menor complejidad.

Esta "célula mínima", dice Luigi, presentaría interés tanto desde el punto de vista conceptual como biotecnológico.

http://www.hispaseti.org/celulas_semisinteticas.php [consulta: 3 de octubre de 2010]

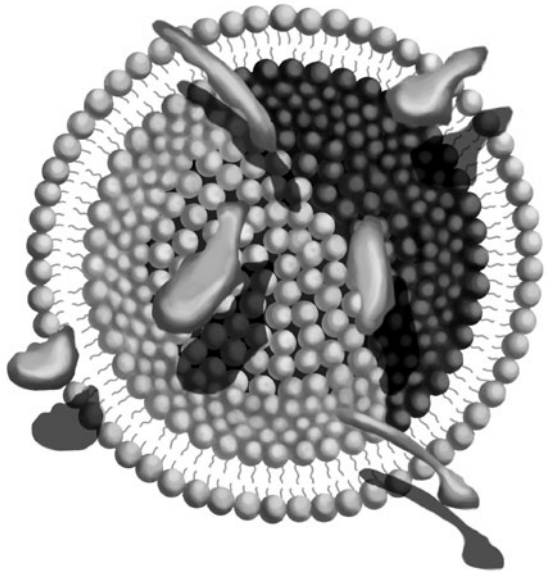


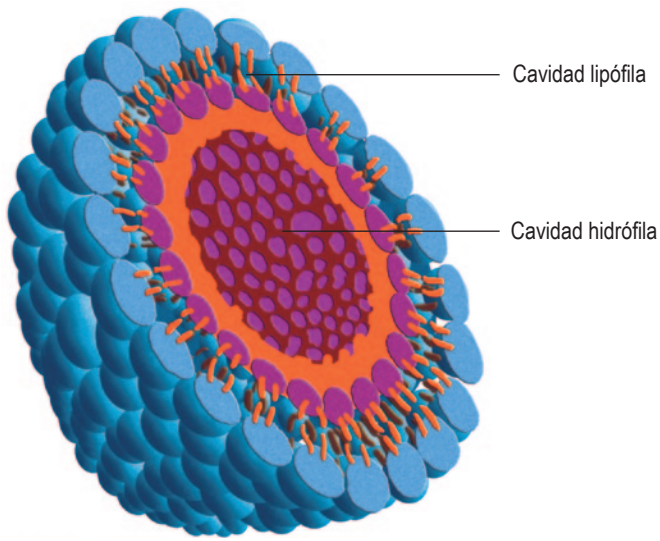
El enfoque experimental se centró en la construcción de tales células mínimas utilizando **liposomas** como estructura soporte para los modelos de membrana. La incorporación de enzimas y ácidos nucleicos en liposomas se realizó sin pérdida de su actividad. Este hecho proporcionó la base para los primeros modelos primitivos de la construcción de células funcionales.

El procedimiento se denominó "semisintético", ya que las enzimas y los ácidos nucleicos se tomaron de células vivas existentes y se introdujeron en compartimentos sintéticos.

El primer objetivo de un modelo experimental más complejo de una célula contempla la construcción de un aparato semisintético compartimentado para la biosíntesis de proteínas con ribosomas, ARNm y demás organelos y biomoléculas.

Si bien, justamente en el momento de la redacción de este documento, octubre 5 de 2010, se anuncia en el periódico El País de España la creación de la primera "célula sintética" por los laboratorios de Craig Venter, en Estados Unidos, llamada *Mycoplasma mycoides* JCVI-syn1.0, para distinguirla del *Mycoplasma mycoides*, que es la bacteria natural en la que se inspira y anunciada por Craig el 20 de mayo anterior, genera grandes expectativas científicas, biotecnológicas, económicas, sociales, políticas, religiosas y éticas, lo cierto es que desde Luigi hasta Craig se optimizó el uso de los liposomas en muchas industrias en las que cabe resaltar la farmacéutica y la cosmética.





Consultas sugeridas:

SANPEDRO, Javier. Científicos en EE.UU. anuncian la creación de la primera vida artificial. En: El País.Madrid (20 mayo, 2010).[citado 5 de octubre de 2010]. Disponible en Internet:

http://www.elpais.com/articulo/sociedad/Cientificos/EE/UU/anuncian/creacion/primera/vida/artificial/elpepusoc/20100520elpepusoc_9/Tes

J. Craig Venter. Institute. First Self-Replicating Synthetic bacterial Cell. Funding by Synthetic Genomics. [citado 5 de octubre de 2010]. Disponible en Internet: http://www.jcvi.org/cms/research/projects/first-self-replicating-synthetic-bacterial-cell/overview/

J. Craig Venter. Institute. First Self-Replicating Synthetic bacterial Cell. Funding by Synthetic Genomics. [citado 5 de octubre de 2010]. Disponible en Internet: http://www.jcvi.org/cms/research/projects/first-self-replicating-synthetic-bacterial-cell/video

D´ARCY, Yvonne. Liposomas: una nueva manera de administrar analgésicos. En: Journal Nursing.Vol 24 (07). 2002. [citado 5 de octubre de 2010]. Disponible en Internet:

http://www.google.com.co/imgres?imgurl=http://www.doyma.es/ficheros/images/20/20v24n07/grande/20v24n07-13091815fig01.jpg&imgrefurl=http://www.doyma.es/revistas/ctl_servlet%3F_f%3D7264%26articuloid%3D13091815%26revistaid%3D20&usg=__pqqkxEv5CnJgWkfVDPfW__8L240=&h=536&w=642&sz=76&hl=es&start=261&zoom=1&itbs=1&tbnid=7Z_01fqGDEvuhM:&tbnh=114&tbnw=137&prev=/images%3Fq%3Dliposomas%26start%3D252%26hl%3Des%26sa%3DN%26gbv%3D2%26ndsp%3D18%26tbs%3Disch:1

7.50. Consulte qué tipos de compuestos químicos se utilizan como materia prima en la fabricación de liposomas y represente un fragmento de este en policapa que sea adecuado para la administración de morfina como analgésico. Tenga en cuenta que la morfina es de carácter hidrofílico.

Para resolver las preguntas 7.51. a 7.53. utilice 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.

7.51. El producto comercial de nombre CREMOPHOR GS 32 ®, fabricado por BASF The Chemical Company, se utiliza en productos cosméticos, de acuerdo con la información de la ficha técnica de este producto se puede afirmar que

1. es un emulsificante utilizado para la fabricación de emulsiones O/W.
2. tiene un índice HLB ± 1.
3. por su excelente compatibilidad fisiológica se emplea en cremas para la cara y el cuerpo tanto en pieles secas como grasas.
4. está constituido por poligliceril-3-diestearato.

Respuesta: _____

7.52. Un liposoma usado para la administración de vitamina A y vitamina B5, suministradas simultáneamente en un preparado cosmético

1. estará conformado por lo menos por tres capas de moléculas anfipáticas (o anfifílicas).
2. contendrá la vitamina A entre las colas apolares.
3. contendrá la vitamina B5 entre las cabezas polares.
4. estará conformado por solo dos capas de moléculas anfipáticas (o anfifílicas).

Respuesta: _____

7.53. Algunas de las propiedades especialmente importantes de los liposomas por las que se utilizan como vehículo de principios activos en medicamentos y cosméticos son

1. su fácil metabolismo.
2. su rapidez de entrega de los activos.
3. la liberación controlada de los activos.
4. la estabilidad al calor.

Respuesta: _____

CAPÍTULO

8

Ciclo de Krebs y Fosforilación oxidativa

8.1. Relacione los términos de la columna A con las definiciones de la columna B.

Columna A	Columna B
A. Deshidrogenasa	Forma oxidada del flavín adenín dinucleótido. ( )
B. Ácido cítrico	Aceptor del acetil-CoA en el ciclo de Krebs. ( )
C. Coenzima	Organelo con enzimas oxidativas que se encarga de la respiración celular. ( )
D. ATP	Tipo de enzima que cataliza la transferencia de un par de electrones de un sustrato para oxidarlo. ( )
E. Citocromo	Es la principal fuente de energía utilizada por las células, se origina por el catabolismo de los nutrientes. ( )
F. Mitocondria	Este compuesto se emplea como aditivo en bebidas y alimentos, se forma por la condensación del oxalacetato con el acetil CoA en el ciclo de Krebs. ( )
G. Aconitasa	Bioquímico británico de origen alemán. ( )
H. Krebs	Enzima que cataliza la reacción entre el citrato y el isocitrato. ( )
I. Oxalacetato	Proteína transportadora de electrones. ( )
J. FAD	Son moléculas orgánicas necesarias para el normal funcionamiento de algunas enzimas. ( )

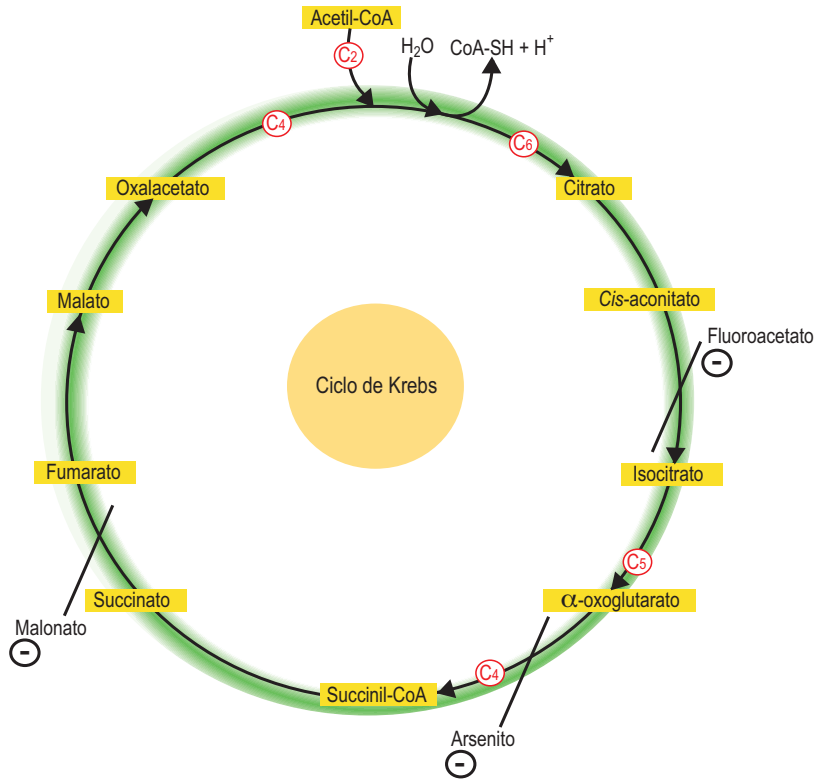
8.2. Relacione los términos de la columna A con las definiciones de la columna B.

Columna A	Columna B
A. Tiene un doble enlace en configuración cis.	Fumarato ( )
B. Se oxida en una reacción que requiere de FAD.	Aconitato ( )
C. Pueden hidratarse para producir derivados de configuración L.	Oxalacetato ( )
D. Se condensa con acetil-CoA para formar un ácido tricarboxílico.	Isocitrato ( )
E. Es el sustrato de una enzima alostérica que se regula por las concentraciones de ATP, ADP y NADH + H^+.	Succinato ( )

8.3. Relacione los inhibidores del ciclo de Krebs, escritos a la izquierda, con los mecanismos de acción escritos a la derecha.

A. Fluoroacetato.	Compite con los centros de fijación del fosfato inorgánico. ( )
B. Arsénico como ion arsenito.	Se convierte en un potente inhibidor de una enzima que requiere de H_2O y de Fe para su actividad. ( )
C. Malonato.	Es un inhibidor competitivo para una oxidorreductasa. ( )

Desarrolle los puntos 8.4. a 8.6. con el formato de selección múltiple con única respuesta, teniendo en cuenta el siguiente texto y figura.



Inihibidores del ciclo de Krebs

El ácido fluoroacético es una sustancia que se utiliza ampliamente en Colombia como rodenticida, se encuentra en la naturaleza en las hojas de *Dichapetalum cymosum*, planta muy venenosa llamada gifblaar que crece en Sudáfrica. Los nativos la usan para envenenar las puntas de sus flechas.

Generalmente es un compuesto inodoro, incoloro e insaboro, y se encuentra en el mercado mezclado con un colorante azul para diferenciarlo de otras sustancias. La dosis letal para humanos está entre 2 y 10 mg/Kg de peso corporal y las características farmacocinéticas de este compuesto se deducen de la investigación en animales.

Además es una sustancia liposoluble con buena absorción cuando se consume por vía oral, los síntomas de intoxicación comienzan generalmente entre 5 y 20 horas después de su ingestión; a nivel celular el ácido fluoroacético se convierte en fluorocitrato y otras sustancias indeterminadas. Debido al tiempo que toma la conversión metabólica, algunas veces se retarda la aparición de los síntomas, los cuales se manifiestan con alucinaciones, convulsiones, depresión del centro respiratorio si de lo que se trata es del sistema nervioso central pero si es a nivel cardiopulmonar, entonces, suele aparecer hipotensión, arritmias, edema pulmonar, fibrilación ventricular y paro cardíaco. La excreción de este veneno se hace vía renal y tarda entre uno y cuatro días.

8.4. El fluoroacetato inhibe al ciclo del ácido cítrico a nivel de la reacción catalizada por la

A. citrato sintasa.
B. malato deshidrogenasa.
C. aconitasa.
D. fumarasa.

8.5. El intermediario del ciclo de Krebs, que aumenta su concentración en todos los órganos después del envenenamiento con fluroacetato es

A. succinato. B. fumarato. C. citrato. D. oxalacetato.

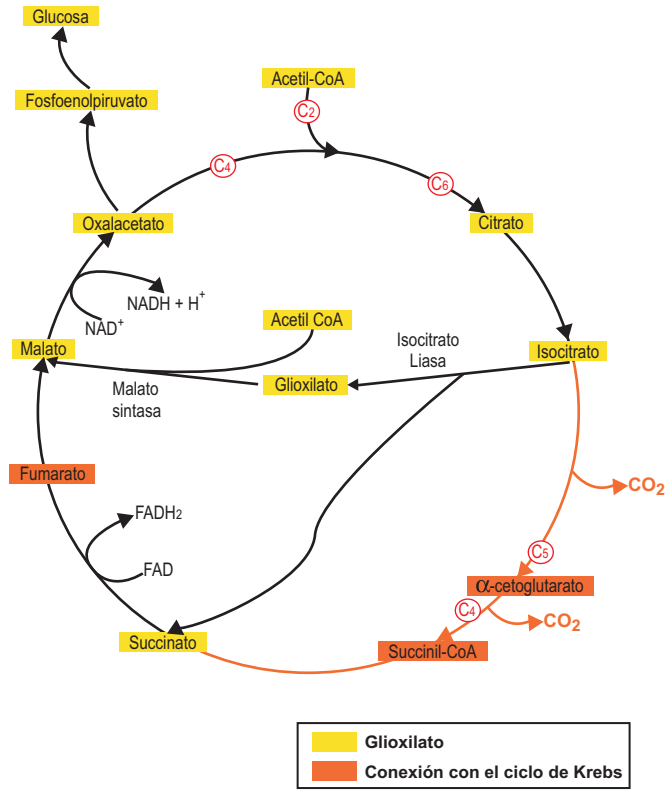
8.6. Una serie de compuestos químicos, relativamente inocuos por sí mismos, se pueden alterar enzimáticamente para originar sustancias altamente tóxicas, tal es el caso de la conversión de fluoroacetato en fluorocitrato, situación que se denomina síntesis

A. de cancerígenos. B. de mutágenos. C. letal. D. de antibióticos.

8.7. Las enzimas de la vía del glioxilato que se expresan principalmente en el genoma de las plantas y bacterias son

A. aconitasa e isocitrato deshidrogenasa.
B. fumarasa y α-cetoglutarato deshidrogenasa.
C. isocitrato liasa y malato sintasa.
D. tioquinasa y aconitasa.

Desarrolle los puntos 8.8. a 8.9. teniendo en cuenta la siguiente figura.



8.8. El propósito de la vía del glioxilato es el de formar

A. aminoácidos a partir de glucosa.

B. glucosa a partir de piruvato.

C. glucosa a partir de ácidos grasos.

D. ácidos grasos a partir de glucosa.

8.9. La cantidad de ATP que se genera por la oxidación completa de las coenzimas reducidas en una vuelta del ciclo de glioxilato es

A. 4,0. B. 2,5. C. 6,5. D. 10,0.

8.10. En el ciclo del ácido cítrico y en la cadena de transporte de electrones asociada, la mayor cantidad de ATP se obtiene en el segmento de la vía metabólica que va del

A. citrato ⟶ isocitrato.
B. α-cetoglutarato ⟶ succinato.
C. isocitrato ⟶ α-cetoglutarato.
D. succinato ⟶ malato.

8.11. El ciclo de los ácidos tricarboxílicos se considera una vía metabólica aeróbica porque

A. el oxígeno es el sustrato de algunas de las reacciones individuales.
B. el CO_2 es un producto.
C. se produce H_2O.
D. las coenzimas oxidadas retornan al ciclo desde la cadena de transporte de electrones.

8.12. La β-oxidación se relaciona con el ciclo de Krebs por

A. las coenzimas reducidas.
B. el piruvato.
C. el acetil CoA.
D. el citrato.

8.13. El compuesto que relaciona al ciclo de Krebs con el de la urea es el

A. oxalacetato. B. fumarato. C. succinato. D. malato.

8.14. Para continuar con la oxidación del piruvato proveniente de la glicólisis e ingresar los átomos de carbono al ciclo de Krebs, este se convierte en

A. etanol. B. lactato. C. acetaldehído. D. acetil CoA.

8.15. De las siguientes reacciones la que ilustra la naturaleza anfibólica del ciclo de Krebs es

A. α-cetoglutarato + NH_3^+ ⟶ glutamato.
B. piruvato ⟶ CO_2 + acetil CoA.
C. piruvato + CO_2 ⟶ oxalacetato.
D. alanina ⟶ piruvato + NH_3^+.

8.16. Las reacciones anapleróticas o de relleno en vertebrados son necesarias en el ciclo de Krebs para

A. utilizar el CO_2 que se produce en el ciclo.

B. mantener disponible el compuesto que se regenera en el ciclo de los ácidos tricarboxílicos.

C. reoxidar las coenzimas ($NADH+H^+$ y $FADH_2$) producidas en el ciclo.

D. mantener la cantidad de CoASH necesaria en el ciclo.

8.17. En el ciclo de Krebs se realiza una reacción de

A. fosforilación oxidativa.

B. racemización L-D.

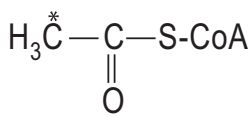
C. carboxilación.

D. fosforilación a nivel de sustrato.

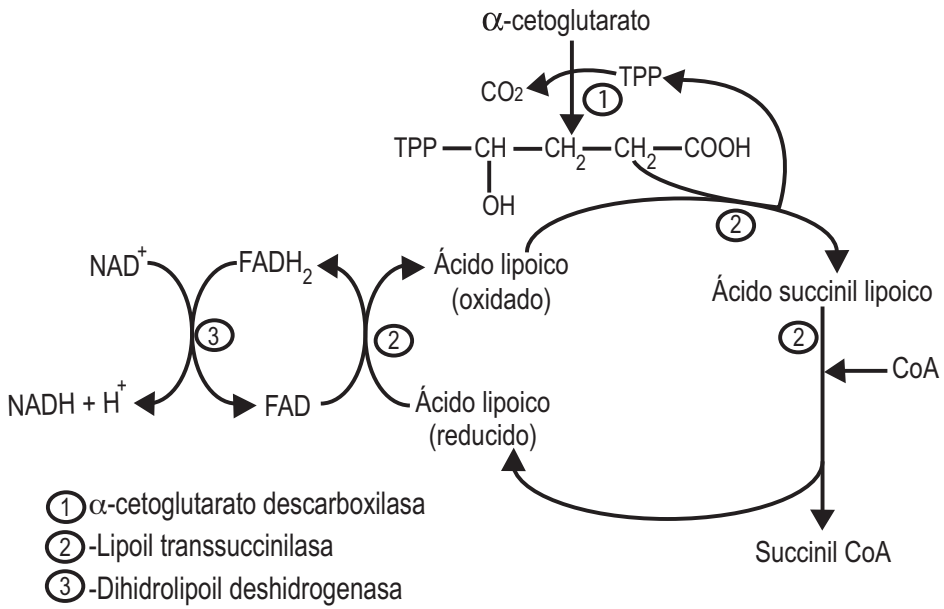
8.18. La incorporación de marcaje radiactivo particularmente con isotópos estables, a las moléculas que participan en las vías metabólicas, se constituye en un recurso valioso en la investigación en biología celular y molecular; bioquímica, genética y otras áreas de las ciencias biológicas.

Cuál es el destino del marcaje radiactivo cuando se añade el siguiente compuesto a un extracto celular que contiene las enzimas, los cofactores y coenzimas del ciclo del ácido cítrico.

(El marcaje con ^{14}C se indica con un asterisco).



Desarrolle los puntos 8.19. a 8.21. con base en la figura del complejo α-cetoglutarato deshidrogenasa.



8.19. La coenzima que asiste a la descarboxilasa en la conversión de α-cetoglutarato a succinil-CoA es

A. la coenzima A.
B. el ácido lipoico.
C. el pirofosfato de tiamina.
D. el FAD.

8.20. Tanto en la reacción de la piruvato deshidrogenasa como en la del α-cetoglutarato deshidrogenasa, los electrones del sustrato se transfieren finalmente al

A. ácido lipoico.
B. pirofosfato de tiamina.
C. NAD^+.
D. FAD.

8.21. En las descarboxilaciones oxidativas que son mediadas por la piruvato deshidrogenasa y la del α-cetoglutarato (de comportamiento similar), la transferencia de electrones se basa en los potenciales de reducción de las coenzimas. Consulte estos valores y justifique el orden de la trasferencia que se muestra en la figura.

Coenzima	Potencial de reducción (voltios)
NAD^+ / $NADH + H^+$	
FAD / $FADH_2$	
Ácido lipoico $_{(ox)}$ / acido lipoico $_{(red)}$	

8.22. En la oxidación de un mol de piruvato hasta CO_2 (excluyendo la cadena de transporte de electrones) no hay una síntesis neta de

A. 4 NADH + $4H^+$.

B. oxalacetato.

C. $FADH_2$.

D. GTP.

8.23. La energía que se libera por la hidrólisis de ATP expresada en calorías, que se obtiene en la oxidación completa del piruvato (ATP $\longrightarrow$ ADP + Pi $\Delta G^{o'}$= -7300 calorías/mol), es de

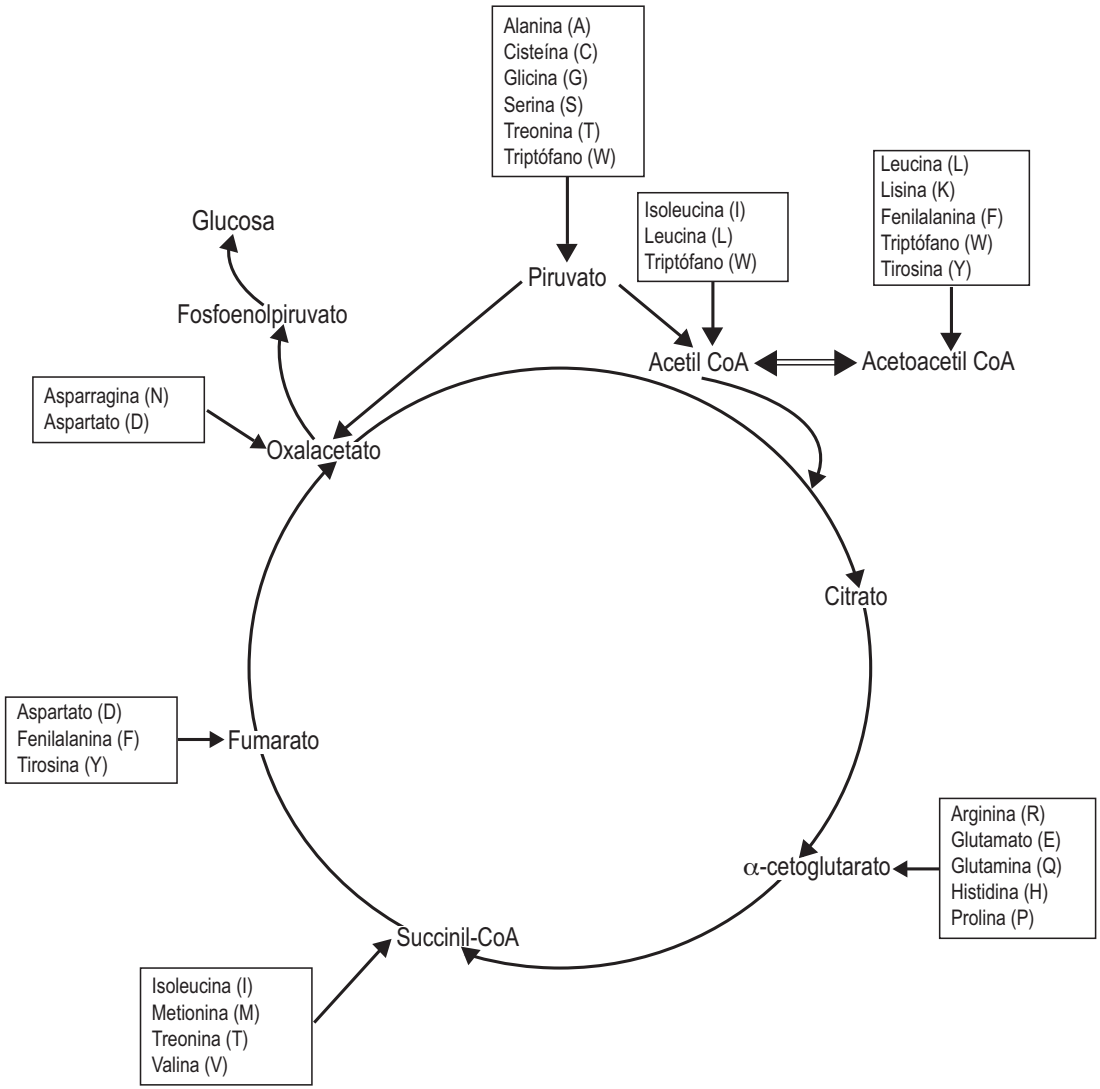
A. 155000

B. 131000

C. 113000

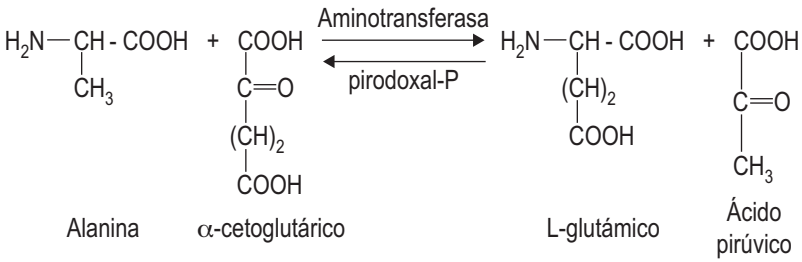
D. 91250

Desarrolle los puntos 8.24. y 8.25. con base en la siguiente figura de entrada de los esqueletos carbonados de los aminoácidos al ciclo de Krebs.



Entrada de los esqueletos carbonados de los aminoácidos al ciclo de Krebs

8.24. Calcule cuánto ATP y Kcal se producen cuando 25 moles de L-alanina se oxidan en la tercera fase del metabolismo (ver la siguiente figura)



8.25. El aporte energético derivado exclusivamente de cincuenta moles del aminoácido M, después de la transaminación y posterior ingreso al ciclo de Krebs y la fosforilación oxidativa es (ver figura e información adicional).

A. 5 ATP B. 50 ATP C. 100 ATP D. 250 ATP

8.26. La deficiencia de una enzima del ciclo del ácido cítrico, tanto en las mitocondrias como en el citosol de algunos tejidos (por ejemplo, los linfocitos en la sangre) origina graves anormalidades neurológicas en los recién nacidos. La enfermedad se caracteriza por la excreción de cantidades anormalmente elevadas de α-cetoglutarato, succinato y fumarato en la orina. La enzima deficiente es la (observe el esquema que representa al ciclo de Krebs)

A. fumarasa. B. citrato liasa.

C. aconitasa. D. isocitrato deshidrogenasa.

8.27. La reacción neta del ciclo del ácido cítrico es

A. $AcetilCoA + 3NAD^+ + FAD + GDP + Pi + 2H_2O \longrightarrow 2\ CO_2 + 3NADH + FADH_2 + GTP + 3H^+ + CoA$

B. $Piruvato + 4NAD^+ + ADP + Pi + 3H_2O + CoA \longrightarrow CO_2 + 3H_2O + 4NADH + 2H^+ + 2CoA$

C. $Oxalacetato + NAD^+ + 2FAD + 2H_2O + 2H^+ \longrightarrow citrato + NADH + 2FADH_2$

D. $Fumarato + 2\ FAD + 3H_2O + GTP + 3H^+ + NAD^+ \longrightarrow oxalacetato + GDP + CO_2 + 2FADH_2 + CO$

8.28. Por cada acetil-coenzima A que ingresa al ciclo y da una vuelta completa, las moléculas con valor energético que se producen son

A. $2NADH + 2H^+$, $1FADH_2$ y 1GTP.

B. $2NADH + 4H^+$, $1FADH_2$ y 1GTP.

C. $3NADH + 3H^+$, $1FADH_2$ y 1GTP.

D. $5NADH + 5H^+$, $5FADH_2$ y 2GTP.

8.29. El número de moléculas de ATP que se generan cuando se convierten dos moléculas de acetil CoA en cuatro moléculas de CO_2 por vía del ciclo del ácido cítrico y posterior fosforilación oxidativa de los nucleótidos energéticos es

A.10

B. 20

C. 40

D. 80

8.30. La célula en la cual **no** se realiza el ciclo de Krebs es

A. el hepatocito.

B. el eritrocito.

C. el miocito.

D. la neurona.

8.31. El beriberi es una enfermedad causada por la deficiencia de la vitamina B1 (tiamina) en la dieta, se caracteriza por presentar síntomas neurológicos, cardíacos y concentraciones altas de piruvato y α-cetoglutarato en la sangre.

a. ¿Por qué la deficiencia de tiamina causa el aumento en la concentración de piruvato y α-cetoglutarato? Haga una breve revisión sobre el tema.

b. Consulte por lo menos 6 alimentos que proporcionan vitamina B1.

1. _____	4. _____
2. _____	5. _____
3. _____	6. _____

8.32. Observe el siguiente esquema y concluya cuál de las siguientes afirmaciones lo describe:

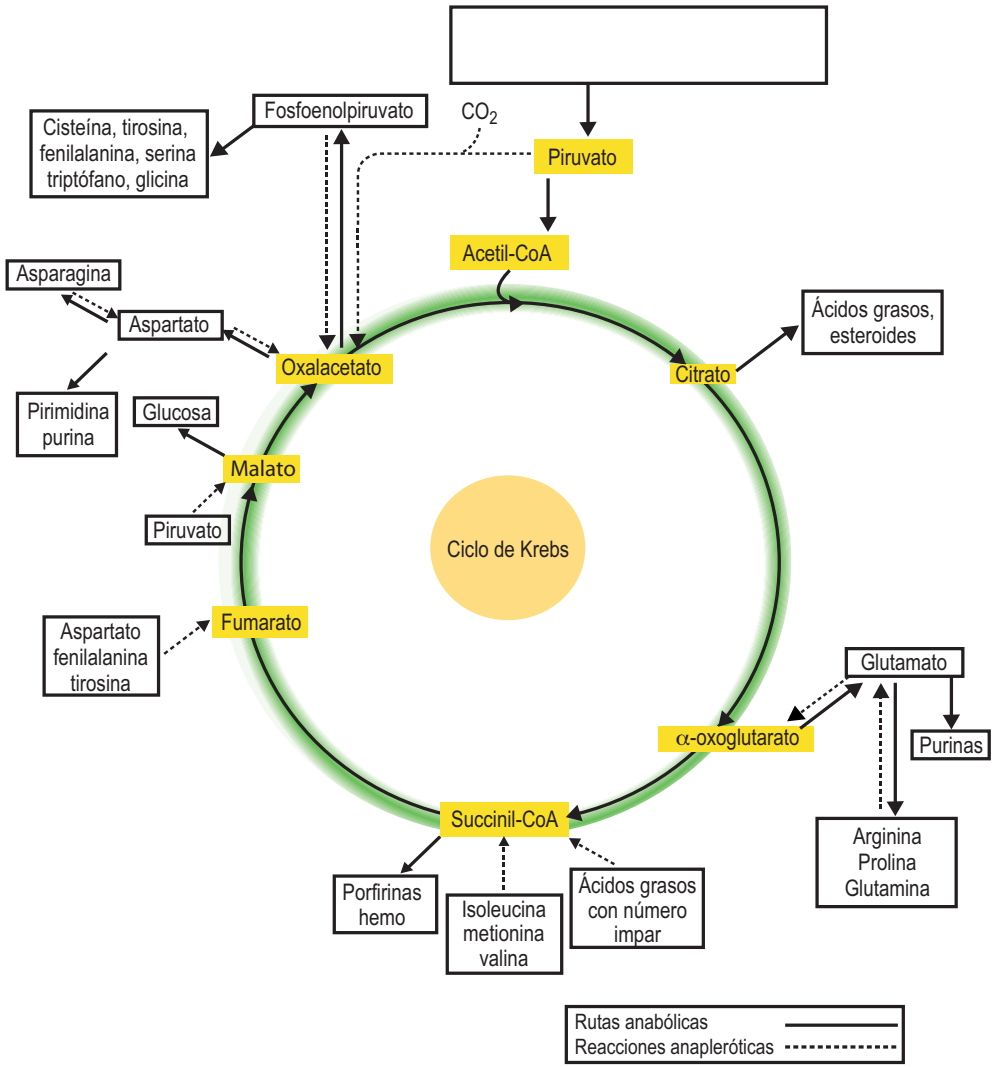
A. Las reacciones anapleróticas o de relleno para mantener la cantidad necesaria del aceptor en el ciclo de Krebs.

B. La naturaleza anfibólica o de doble vía que cumple el ciclo de Krebs como metabolismo aerobio en los seres vivos.

C. La representación clásica del modelo de una vía metabólica cíclica.

D. La representación del ciclo de Krebs como la fase final oxidativa de los átomos de carbono de las moléculas combustibles.

8.33 Complete el esquema con los metabolitos a partir de los cuales se puede formar piruvato.



Importación y exportación de componentes del ciclo de Krebs

Adaptado de MÜLLER-ESTERL WERNER. Bioquímica. Fundamentos para medicina y ciencias de la vida. España: Reverté, 2008. p. 505

Desarrolle los puntos 8.34. a 8.36. 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.

8.34. En el ciclo de Krebs el agua participa en la reacción catalizada por la

1. fumarasa.
2. citrato sintasa.
3. acotinasa.
4. succinil CoA sintetasa.

Respuesta: _____

8.35. La actividad del complejo de la piruvato deshidrogenasa está controlada por

1. inhibición por producto.
2. regulación feedback por nucleótidos.
3. modificación covalente.
4. factores dietarios.

Respuesta: _____

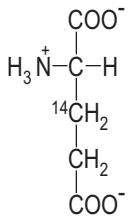
8.36. En la reacción catalizada por la α-cetoglutarato deshidrogenasa el

1. succinato es el producto inmediato de la reacción.
2. complejo enzimático es dependiente de magnesio.
3. ácido lipoico forma un puente disulfuro por transferencia del succinato a la CoA.
4. lipoil tioéster del succinato es el precursor inmediato del succinil CoA.

Respuesta: _____

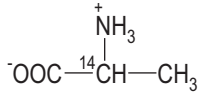
8.37. Los aminoácidos que resultan de la degradación de las proteínas se pueden seguir metabolizando por conversión a productos intermedios del ciclo del ácido cítrico. Escriba la estructura del primer compuesto intermedio en el ciclo de Krebs generado por cada uno de los siguientes aminoácidos marcados con carbono 14 e identifique al carbono radiactivo en el intermediario.

A.



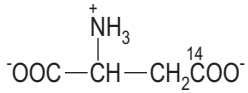
Glutamato

B.



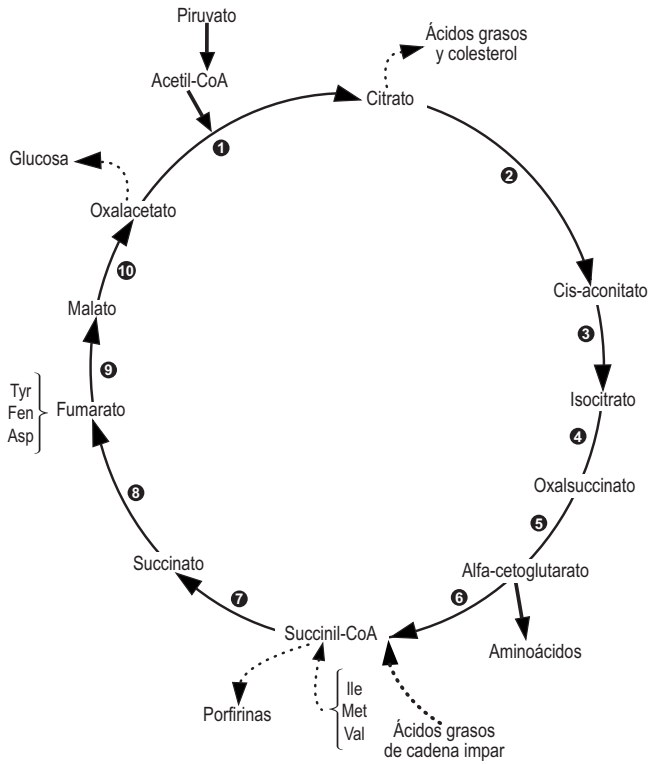
Alanina

C.



Aspartato

Con base en la siguiente figura desarrolle los puntos 8.38. y 8.39.



8.38. Además de la función oxidativa de los intermediarios del ciclo de Krebs, el esquema representa la acción

A. catabólica del ciclo de Krebs, con altas concentraciones de ATP.

B. anabólica del ciclo de Krebs, con altas concentraciones de ATP.

C. catabólica del ciclo de Krebs, con bajas concentraciones de ATP.

D. anabólica del ciclo de Krebs, con bajas concentraciones de ATP.

8.39. Los números de las reacciones en donde se presenta oxidación del sustrato son

A. 2,5, 4 y 10

B. 1,5, 7 y 9

C. 3, 4, 6 y 9

D. 4, 6, 8 y 10

8.40. La producción de ATP en el ciclo del ácido cítrico ocurre por fosforilación

A. a nivel de sustrato.

B. acoplada a transporte de electrones.

C. en señalización.

D. de hexosas.

8.41. La actividad de la piruvato deshidrogenasa se favorece por la influencia de los siguientes factores excepto por una

A. baja concentración de Ca^{2+}.

B. relación acetilCoA/CoA baja.

C. elevada concentración de piruvato.

D. relación NADH/NAD^+ baja.

8.42. El metabolito principal que estimula la actividad catabólica del ciclo de los ácidos tricarboxílicos in vivo es

A. NADH + H^+.

B. ADP.

C. ATP.

D. malonil-CoA.

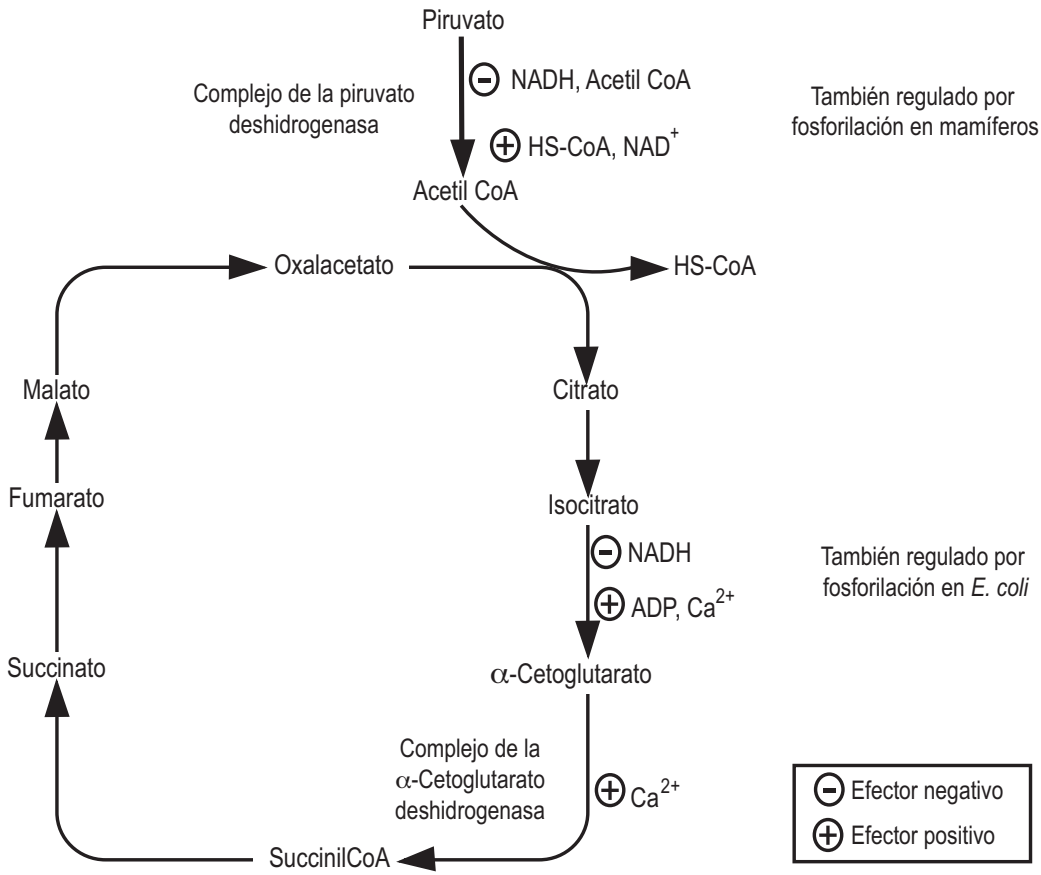
8.43 Teniendo en cuenta la figura se concluye que

A. el incremento de las concentraciones de calcio al interior de la mitocondria acelera la reacción de fumarato a malato.

B. el aumento de la concentración del NADH + H^+ disminuye la velocidad del ciclo de Krebs.

C. las bajas concentraciones de NADH + H^+ disminuye la velocidad del ciclo de Krebs.

D. las altas concentraciones de acetilCoA aceleran la velocidad del ciclo de Krebs.



Regulación del complejo de la alfa piruvato deshidrogenasa y del ciclo de Krebs

8.44. El siguiente cuadro ilustra la energía libre estándar de hidrólisis de algunos fosfatos orgánicos de importancia biológica. Consulte los valores de ΔG_{real} (*in vivo*) y complete la tabla.

Compuesto	$\Delta G^{o'}$ kJ/mol	$\Delta G^{o'}$ kcal/mol	ΔG_{real} kJ/mol
Fosfoenolpiruvato / piruvato + Pi	-61,9	-14,8	
Carbamoilfosfato / carbamoilo + Pi	-51,4	-12,3	
1,3-bifosfoglicerato / 3-fosfoglicerato + ATP	-49,3	-11,8	
Fosfocreatina / creatina + Pi	-43,1	-10,3	
Acetil CoA / acetilo + coenzima A	-31,4	-7,5	
[2]ATP/ADP + Pi[1]	-30,5	-7,3	
ADP/AMP + PPi	-27,6	-6,6	
Pirofosfato / 2 Pi	-27,6	-6,6	
Glucosa-1-fosfato / glucosa + Pi	-20,9	- 5,0	
Fructosa-6-fosfato / fructosa + Pi	-15,9	-3,8	
AMP/adenosina + Pi	-14,2	-3,4	
Glucosa-6-fosfato / glucosa + Pi	-13,8	-3,3	
Glicerol-3-fosfato / glicerol + Pi	- 9,2	-2,2	

[1]Pi = ortofosfato inorgánico.

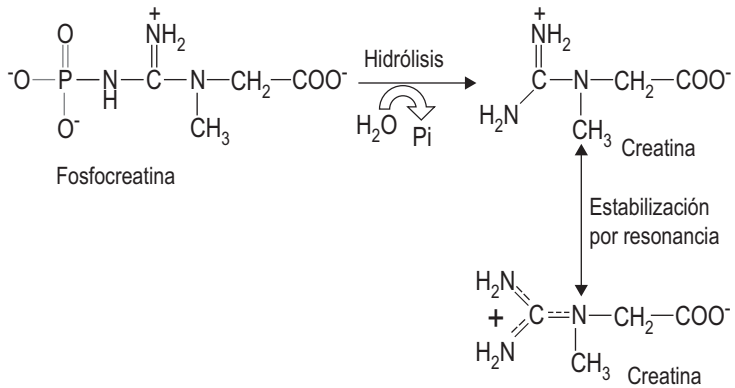
[2]Los valores de $\Delta G^{o'}$ de hidrólisis se tomaron de Krebs y Komberg (1957).

8.45. El fosfato de creatina cuya estructura aparece a continuación se encuentra en el sarcoplasma de las células musculares y constituye la principal reserva de energía en el músculo. El compuesto mencionado previene el rápido agotamiento del ATP al proporcionar fosfatos de alta energía que se utilizan para regenerar ATP a partir de ADP.

a. Señale con una flecha el enlace energético presente en ese compuesto.

b. Escriba junto a la flecha el nombre del enlace.

c. Consulte el valor del $\Delta G^{o'}$ de la hidrólisis.

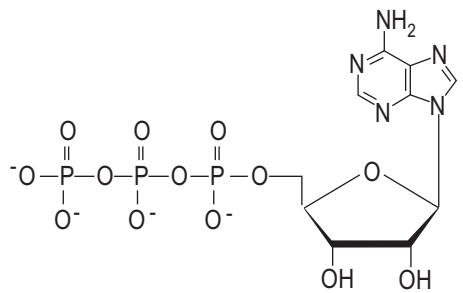


8.46. La siguiente es la estructura del adenosín–trifosfato (ATP) fuente energética para los procesos moleculares de todos los organismos: biosíntesis, contracción, transporte activo a través de membranas, bioluminiscencia, entre otros.

a. Señale con una flecha el(los) enlace(s) rico(s) en energía presentes en ese compuesto.

b. Escriba junto a la flecha el nombre del enlace.

c. Consulte los valores de $\Delta G^{o'}$ para las reacciones de hidrólisis que ocurren *in vivo*.



8.47. De los siguientes pares de compuestos los que generan la menor energía de hidrólisis son (ver Anexo 2.1.)

A. glicerol-3-P y fosfocreatina.

B. fosfoenolpiruvato y 1,3-bifosfoglicerato.

C. carbamoilfosfato y acetil-fosfato.

D. pirofosfato y glucosa-6-P.

8.48. En la siguiente tabla se muestran cuatro pares redox de importancia biológica.

Pares redox	Potencial redox (voltios)	Pares redox	Potencial redox (voltios)
NAD^+ / NADH + H^+		Ubiquinona / Ubiquinol	
Oxalacetato / Malato		Oxígeno / H_2O	

a. Escriba el valor del potencial de reducción estándar para cada par. (Consulte anexo 2.3.).

b. Establezca la secuencia de transferencia de electrones de los pares redox, de mayor a menor poder reductor.

c. En el esquema que se presenta a continuación, organice con estos pares redox una cadena de oxidación-reducción (similar a la cadena respiratoria).

Tenga en cuenta que la dirección de las flechas ilustre correctamente el proceso redox.

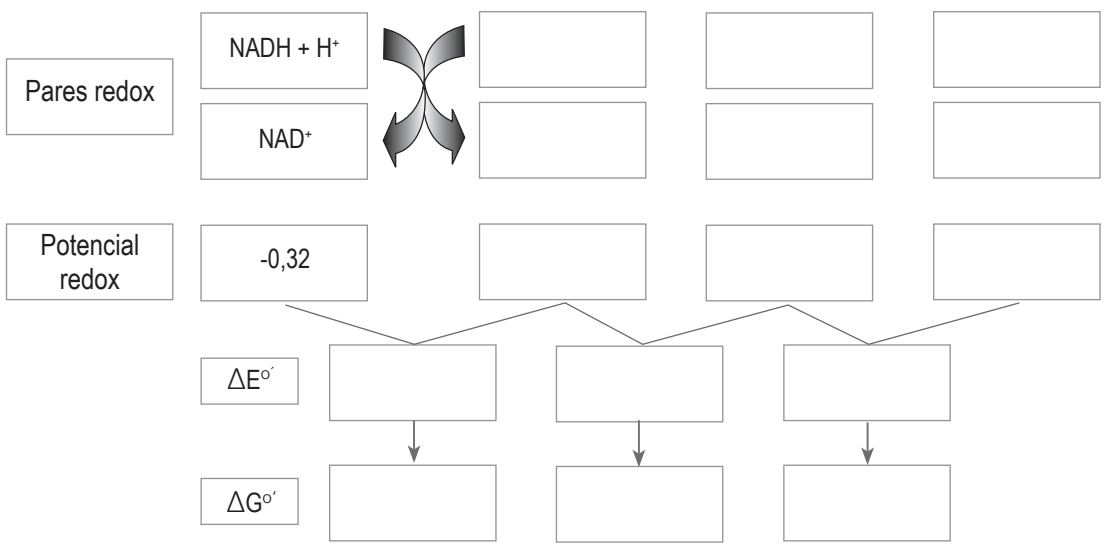
d. Complete las casillas identificadas como potencial redox, $\Delta E^{o'}$ y $\Delta G^{o'}$.

e. Identifique en que sitio(s) de la secuencia redox se forma ATP. (Consulte las condiciones bioenergéticas para la producción de ATP).

Recuerde: $\Delta G^{o'} = - nF\Delta E^{o'}$(en reacciones redox). 1 julio = 1 culombio x voltio.

1cal = 4,184 julios.

La constante de Faraday F = 96.472 culombios / mol.



8.49. En la siguiente tabla se muestran cuatro pares redox hipotéticos.

Pares redox	Potencial redox (voltios)	Pares redox	Potencial redox (voltios)
E / EH_2	-0,25	D / DH_2	-0,40
G / GH_2	+0,60	F / FH_2	+0,80

a. Escriba en orden los pares redox de mayor a menor poder reductor.

1. _____ 4. _____
2. _____ 5. _____

b. En el esquema que se presenta a continuación, organice con estos pares redox una cadena de oxidación-reducción (similar a la cadena respiratoria).

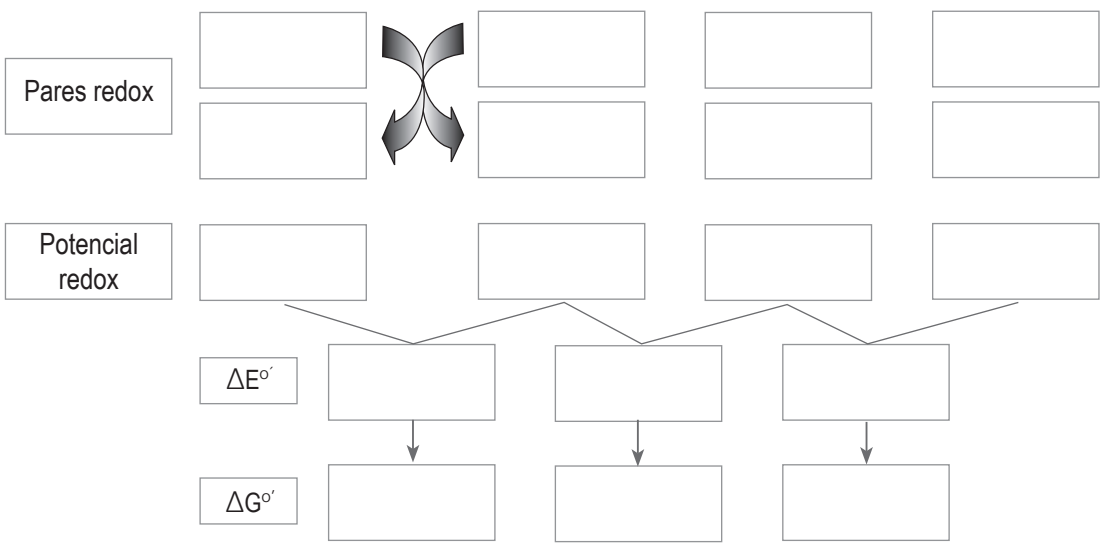
Tenga en cuenta que la dirección de las flechas ilustre correctamente el proceso redox.

c. Complete las casillas identificadas como potencial redox, $\Delta E^{o'}$ y $\Delta G^{o'}$.

d. Calcule las diferencias de potencial estándar.

e. Identifique en que sitio(s) de la secuencia redox se forma ATP.

($\Delta E^{o'} > 0,15$ voltios y $\Delta G^{o'} > [-7,3$ Kcal/mol$]$).



Recuerde: $\Delta G^{o'} = - nF\Delta E^{o'}$(en reacciones redox).

n = número de electrones que se transfieren en las oxidaciones biológicas 2.

F = constante de Faraday = 23.060 calorías / mol x voltio.

$\Delta G^{o'}$ = diferencia de potencial estándar.

8.50. Diseñe una cadena de oxidación-reducción (cadena respiratoria) teniendo en cuenta la tabla y las siguientes características:

A. 5 pares redox.

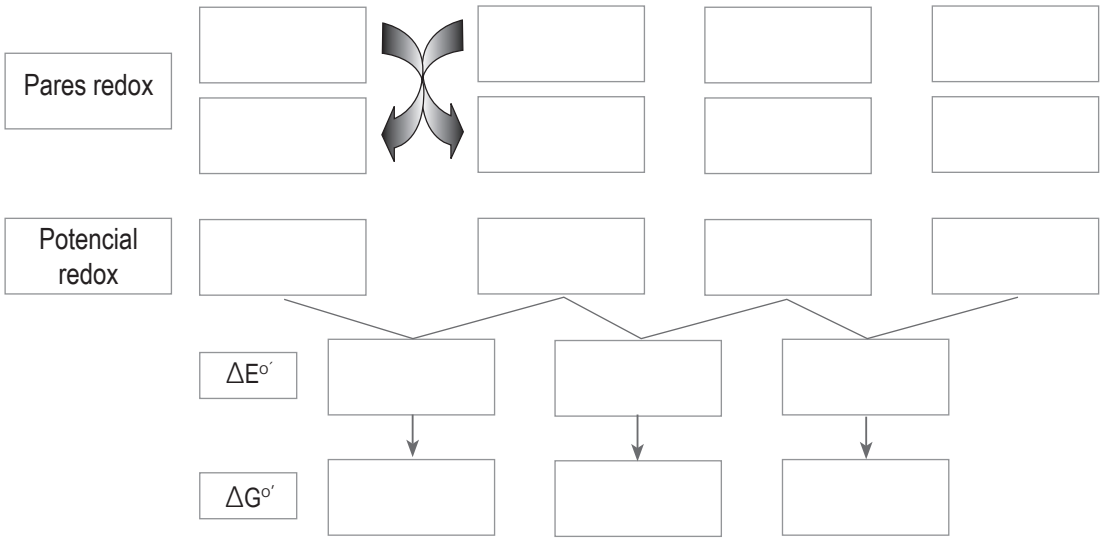
B. inhibida por antimicina.

C. el O_2 como último aceptor.

D. 2 sitios de formación de ATP.

Algunos potenciales redox de importancia especial en sistemas de oxidación en mamíferos

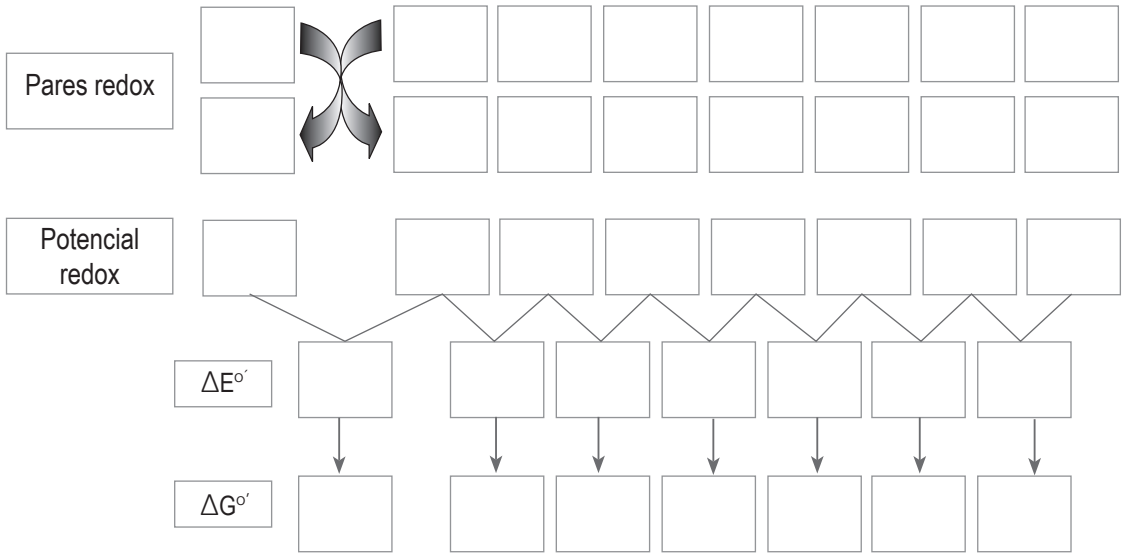
Par redox	E_o voltios
H^+ / H_2	-0,42
NAD^+ / NADH+ H^+	-0,32
Lipoato / lipoico	-0,29
Acetoacetato / 3- hidroxibutirato	-0,27
Piruvato / lactato	-0,19
Oxalacetato / malato	-0,17
Fumarato / succinato	-0,03
Citocromo b-Fe^{3+} / Citocromo b-Fe^{2+}	-0,08
Ubiquinona / ubiquinol	+0,10
Citocromo c_1- Fe^{3+} / Citocromo c_1-Fe^{2+}	+0,22
Citocromo a- Fe^{3+} / Citocromo a-Fe^{2+}	+0,29
Oxígeno / agua	+0,82



8.51. Los componentes de la cadena respiratoria y sus respectivos potenciales redox se consignan en la siguiente tabla.

Par redox	Potencial redox (E.voltios)
Oxígeno / agua	+ 0,82
NAD^+ / NADH + H^+	- 0,32
FMN / $FMNH_2$	- 0,12
Citocromo a Fe^{3+} / Citocromo a Fe^{2+}	+ 0,29
Ubiquinona ox. / Ubiquinona red.	+ 0,10
Citocromo b Fe^{3+} / Citocromo b Fe^{2+}	+ 0,08
Citocromo c Fe^{3+} / Citocromo c Fe^{2+}	+ 0,25
Citocromo c_1 Fe^{3+} / Citocromo c_1 Fe^{2+}	+ 0,22

Organice los pares redox de la tabla anterior en forma de una cadena respiratoria; calcule las diferencias de potencial redox estándar y transforme esas diferencias en energía libren estándar (mediante la ecuación de Faraday). Prediga los sitios en donde es posible la formación de ATP (fosforilación oxidativa). Haga el ejercicio en el siguiente esquema.



8.52. La fosforilación oxidativa también conocida como cadena de transporte de electrones o respiración celular, es la fase final en la extracción de energía por degradación de moléculas combustibles, esta ruta aún en estudio, ocurre en los eucariotas en

A. el citosol celular.
B. la membrana interna mitocondrial.
C. la matriz mitocondrial.
D. la membrana externa mitocondrial.

8.53. En la fosforilación oxidativa los electrones y protones de las oxidaciones que ocurren en las fases 1 y 2 del metabolismo y se almacenan en el NADH + H^+ y el $FADH_2$, se transfieren a través de una serie de transportadores de electrones al último aceptor que es el oxígeno. Relacione los cinco complejos con sus correspondientes nombres.

Complejo I	( )	citocromo c oxidasa
Complejo II	( )	NADH-coenzima Q óxido-reductasa
Complejo III	( )	succinato coenzima Q óxido-reductasa
Complejo IV	( )	CoQ-citocromo c óxido-reductasa
Complejo V	( )	ATP sintasa

8.54. Seleccione de las siguientes palabras las que completan el párrafo coherentemente: NADH + H^+, ATP sintasa, $FADH_2$, oxígeno, citocromo c, pH, coenzima Q, ATP y H_2O.

En la fosforilacion oxidativa el transporte de electrones se hace a través de cuatro complejos por reacciones redox sucesivas, desde el agente reductor más fuerte hasta que finalmente los electrones llegan al _____ que cambia su estado de oxidación y junto con los protones forma _____. A medida que los electrones se movilizan se bombean protones desde la matriz mitocondrial hasta el espacio intermembranal, formando un gradiente de _____ que activa el complejo de la _____, enlazando fosfato inorgánico al ADP para producir ATP.

8.55. En la siguiente tabla se describen algunas de las características de los sistemas de lanzadera. Seleccione la fila en la cual las tres columnas son correctas.

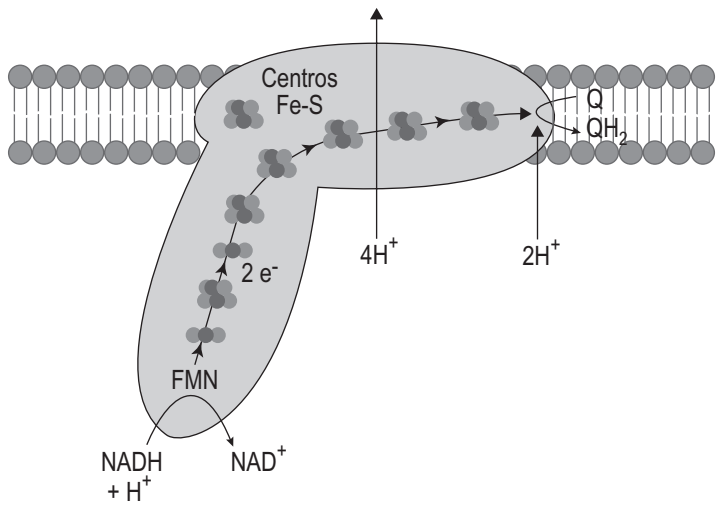
Fila	Característica	Lanzadera de malato	Lanzadera del glicerolfosfato
1	Localización.	Membrana mitocondrial interna	Membrana mitocondrial externa
2	ATP generado por el NADH + H^+ citoplasmático.	2,5	1,5
3	Nombre del transportador.	Malato deshidrogenasa	Glicerolfosfato deshidrogenasa
4	Especies transportadas.	Oxalacetato	Dihidroxiacetona fosfato
5	Aceptor electrónico de la matriz.	Oxalacetato	Citocromo b

8.56. Relacione los términos de la columna A con los de la columna B

Columna A	Columna B
Coenzima Q ( )	A. El grupo prostético de la NADH deshidrogenasa.
NAD^+ ( )	B. El precursor vitamínico es la vitamina B3.
NADPH + H^+ ( )	C. La fuente habitual de equivalentes de reducción en los procesos anabólicos.
FMN ( )	D. El único componente no proteico de la cadena respiratoria.

8.57. Según sus componentes el complejo de la cadena respiratoria involucrado en la cadena de electrones y bombeo de protones, que se representa en el siguiente esquema es el identificado como

A. I B. II C. III D. IV



Con el siguiente texto desarrolle los puntos 8.58. a 8.60.

La progesterona es una hormona secretada por el cuerpo lúteo, mantiene junto con el estradiol, el endometrio uterino para la implantación; es además un factor de diferenciación para las glándulas mamarias.

Consulta sugerida: MENDOZA PATIÑO, Nicandro. Farmacología Médica. México: Médica Panamericana, 2008.

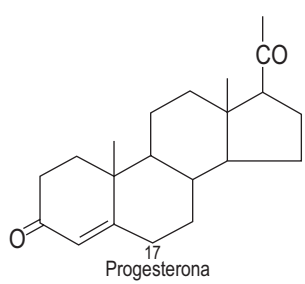
8.58. Desde el punto de vista de la naturaleza química la progesterona se clasifica como una hormona

A. polipeptídica.

B. derivada de aminoácido.

C. peptídica.

D. esteroidea.



Progesterona

8.59. De acuerdo con la respuesta anterior el precursor para la síntesis de esa hormona debe ser el

A. aminoácido Y.
B. colesterol.
C. tripéptido (H_2N – P – M – E – COOH).
D. ergosterol.

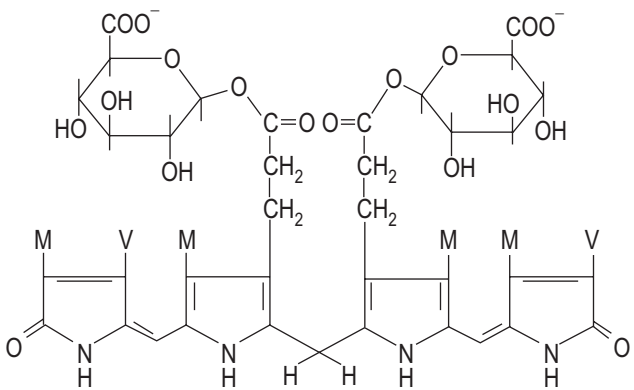
8.60. En la cadena respiratoria la progesterona inhibe el complejo

A. I B. II C. III D. IV

Con el siguiente texto desarrolle los puntos 9.61. a 9.63.

Consulta sugerida: MENDOZA PATIÑO, Nicandro. Farmacología Médica. México: Médica Panamericana, 2008.

El aumento de la bilirrubina plasmática se atribuye a enfermedades hepáticas o biliares.



Bilirrubina (pigmento biliar).
M = metilo ($-CH_3$)
V = vinilo ($-CH = CH_2$)

8.61. La bilirrubina es un lípido

A. tetrapirrólico de cadena cerrada.
B. tetrapirrólico de cadena abierta.
C. dipirrólico.
D. monopirrólico.

8.62. Dibuje la estructura completa de la bilirrubina. Utilice la información de los sustituyentes que están en el recuadro.

8.63. La bilirrubina actúa sobre la fosforilación oxidativa como un

A. inhibidor de la fosforilación a nivel de sustrato.

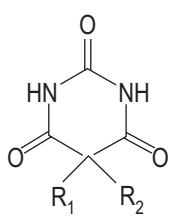
B. inhibidor de la cadena de citocromos.

C. desacoplante.

D. transportador de protones.

Con el siguiente texto desarrolle los puntos 8.64. y 8.65.

Los barbitúricos se utilizan como sedantes e hipnóticos, básicamente son depresores del sistema nervioso central y son derivados del ácido barbitúrico.



8.64. El secobarbital (Seconal) es un barbitúrico cuyos sustituyentes son R_1 ($–CH_2 – CH= CH_2$) y R_2 ($CH_3CH_2CH_2\underset{|}{C}HCH_3$). Dibuje la estructura del secobarbital.

8.65. Consulte dónde y cómo interfiere el secobarbital en la cadena respiratoria.

8.66. El uso indiscriminado de algunos antibióticos afecta el funcionamiento normal de la cadena respiratoria. Consulte cuál familia de estos compuestos tiene esta característica y cite al menos dos ejemplos.

Consulta sugerida: MENDOZA PATIÑO, Nicandro. Farmacología Médica. México: Médica Panamericana, 2008.

8.67. De los siguientes componentes de la cadena respiratoria los que tienen naturaleza química proteica son

A. los citocromos y la NAD-reductasa.

B. el agua y el oxígeno.

C. la ubiquinona y el ubiquinol.

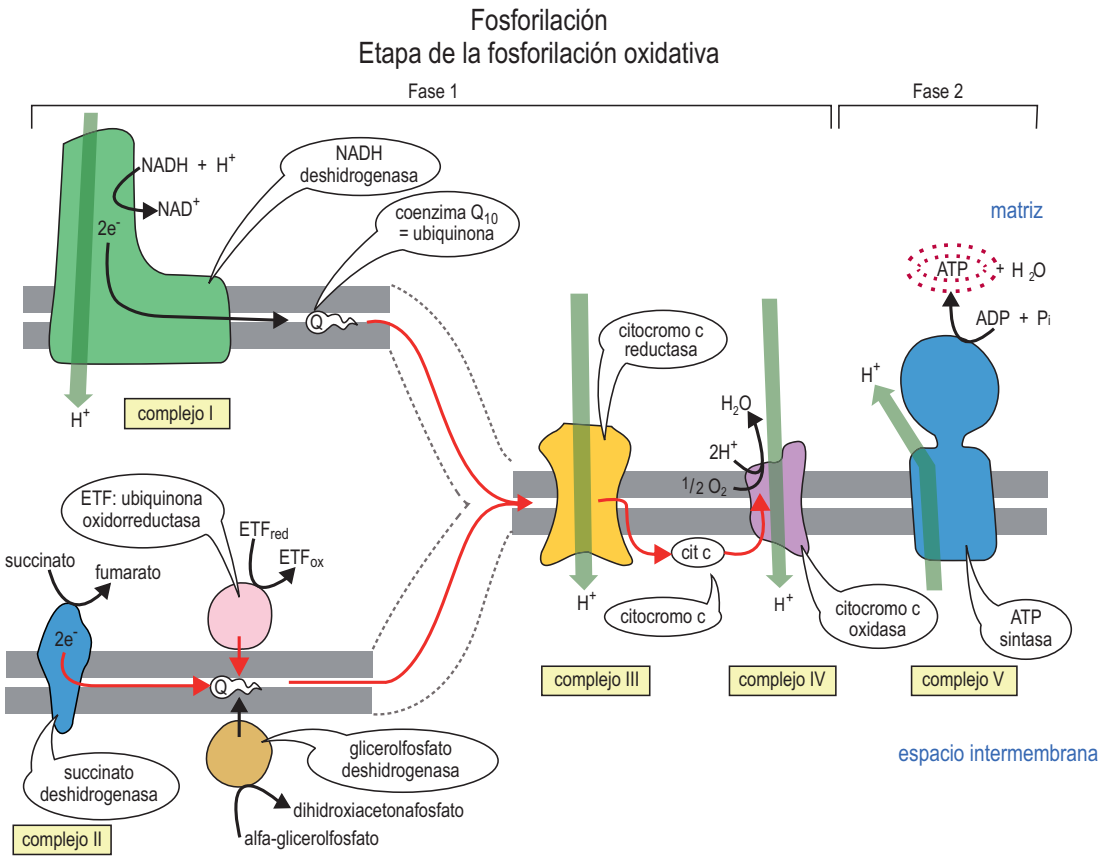
D. el FAD y el NAD^+.

8.68. Sobre un diagrama de la cadena respiratoria identifique los sitios que se inhiben por

A. Monóxido de carbono.

B. Rotenona.

C. Azida de sodio.



Adaptado de: MÜLLER-ESTERL WERNER. Bioquímica. Fundamentos para medicina y ciencias de la vida. España: Reverté, 2008. p. 509

8.69. El último aceptor de los electrones en la cadena respiratoria es el

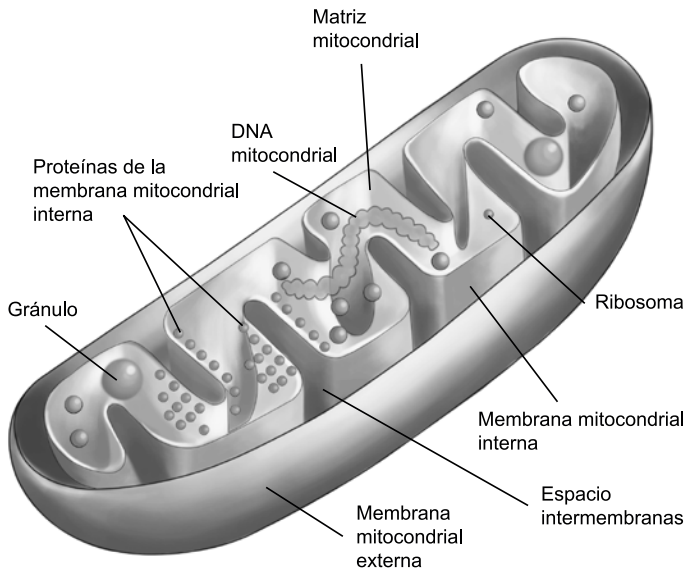
A. agua.

B. oxígeno.

C. peróxido de hidrógeno.

D. CO_2

8.70. La mitocondria tiene una **membrana externa** que es permeable a la mayor parte de los metabolitos, una **intern**a, que posee permeabilidad selectiva y una matriz interna. El sitio donde se encuentran las enzimas y la mayoría de los componentes de la cadena respiratoria es



A. la membrana interna.

B. el espacio intermembranal.

C. la membrana externa.

D. la matriz interna.

8.71. El mecanismo más aceptado que explica la fosforilación oxidativa es el planteado por la teoría de

A. Warburg.

B. Nerst.

C. Mitchell.

D. Kaplan

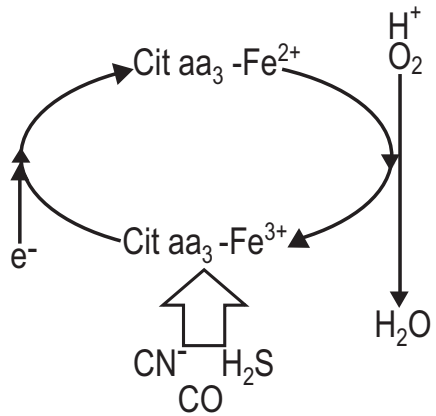
8.72. Observe el siguiente esquema que muestra la inhibición enzimática de la citocromo oxidasa por el ion cianuro, monóxido de carbono y ácido sulfhídrico. Otro compuesto que inhibe ese sitio de la cadena respiratoria es

A. azida de sodio.

B. rotenona.

C. amobarbital.

D. piericidina.



Inhibición de la enzima citocromo aa_3 oxidasa

8.73. Si se añade cianuro a mitocondrias que están funcionando en condiciones normales es decir que oxidan activamente el succinato, es posible afirmar que si se añade 2,4-dinitrofenol después del envenenamiento, esta

A. adición provoca la hidrólisis de ATP.

B. restaura la oxidación de succinato.

C. inhibe el flujo de electrones, pero continúa la síntesis de ATP.

D. inhibe el flujo de electrones y la síntesis de ATP.

Consulta sugerida: MENDOZA PATIÑO, Nicandro. Farmacología Médica. México: Médica Panamericana, 2008.

8.74. En las minas de carbón la acumulación de gases tales como: CH_4, CO, HCN, CO_2 y H_2S altamente tóxicos y potencialmente letales para los humanos, genera diferentes riesgos como explosiones, en el caso del metano, e intoxicaciones por distintos mecanismos por los otros compuestos. La toxicidad del (CN^-), por ejemplo, se debe a su unión a los

átomos de hierro del complejo citocromo aa_3 y a la consecuente inhibición del transporte de electrones mitocondrial. Consulte ¿cómo evita el complejo de cianuro-hierro que el oxígeno acepte e^- de la cadena de transporte de electrones?

8.75. La rotenona es un insecticida de origen vegetal que afecta la cadena de transporte de electrones porque

A. inhibe la oxidación del succinato.

B. bloquea el flujo electrónico en el complejo II.

C. inhibe la transferencia de electrones desde el FMN a la CoQ.

D. la velocidad de oxidación del NADH(H^+) disminuye en 2/3 partes de su valor inicial.

8.76. La enfermedad conocida como **miopatía mitocondrial** se debe a la deficiencia en la cadena respiratoria de la

A. NADH:ubiquinona oxidorreductasa.

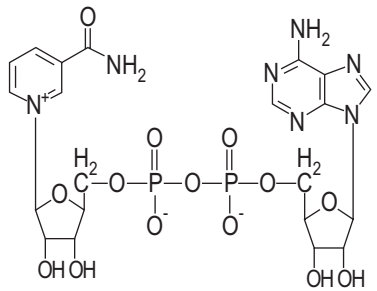
B. citocromo aa_3 oxidasa.

C. citocromo b deshidrogenasa.

D. citocromo c_1 deshidrogenasa.

8.77. Complete el párrafo coherentemente con una de las opciones que se presentan a continuación.

La siguiente es la estructura del NAD^+. Esta coenzima en estado reducido ($NADH + H^+$) se forma en la _____ y se oxida en la _____.



A. glicólisis hasta piruvato / fosforilación oxidativa.
B. fermentación láctica / respiración pulmonar.
C. fermentación alcohólica / fosforilación oxidativa.
D. fermentación acética / ciclo de Krebs.

8.78. La lanzadera del malato aspartato que permite la transferencia de los electrones y protones del $NADH + H^+$ citoplasmático sobre NAD^+ mitocondrial, es activa principalmente en

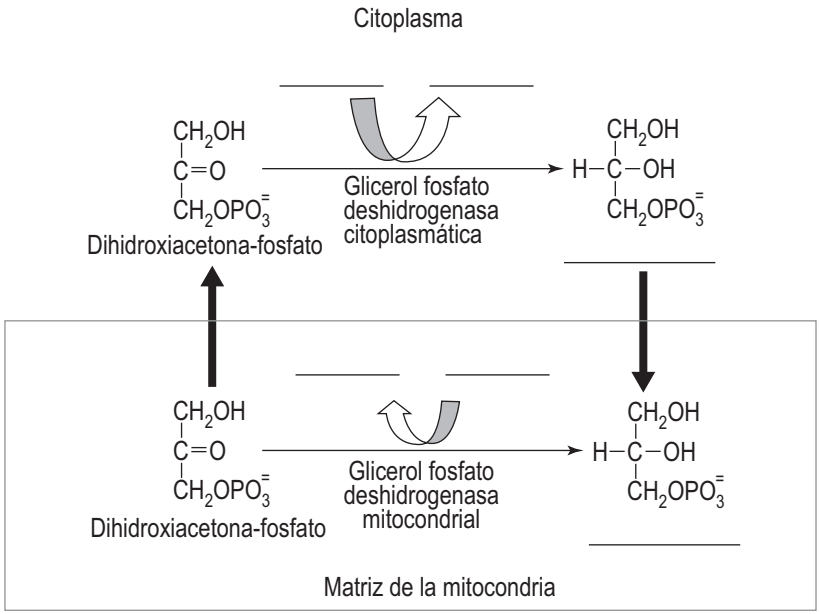
A. miocitos.
B. adipocitos.
C. galactóforos.
D. hepatocitos.

8.79. La lanzadera del glicerol fosfato que permite la transferencia de los electrones y protones del $NADH + H^+$ citoplasmático sobre FAD al interior de la mitocondria es activa principalmente en el

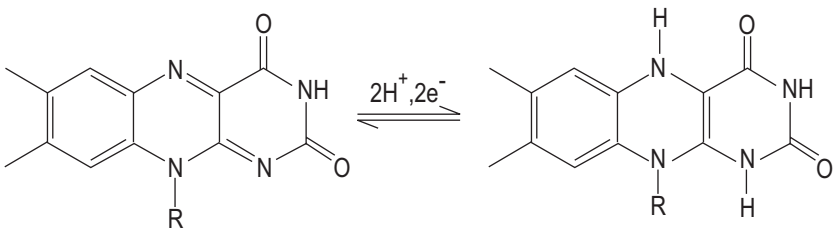
A. músculo cardíaco.
B. músculo esquelético.
C. páncreas.
D. pulmón.

8.80. El siguiente esquema representa una de los sistemas de lanzadera que permite el ingreso del equivalente de reducción a la mitocondria en el músculo esquelético y células nerviosas. Identifique cuál es y complete el dibujo colocando sobre la línea continua el nombre de las sustancias que intervienen.

Lanzadera de _____.



8.81. Dibuje la estructura completa del par redox FAD/$FADH_2$ que participa en la cadena respiratoria, representando el radical (R).



8.82. Los precursores del $FADH_2$ y del NADH + H^+, que se obtienen de la dieta son las vitaminas

A. B3/B5.

B. B2/B3.

C. B5/B8.

D. B6/B9.

8.83. Los sistemas de lanzaderas son mecanismos desarrollados por las células para ingresar equivalentes de reducción a la mitocondria, debido a que la membrana interna es impermeable al

A. NADH + H^+.

B. citrato.

C. GTP.

D. ATP.

8.84. En la fosforilación a nivel de sustrato

A. la liberación de energía por la transformación de un intermediario metabólico altamente energético, permite la síntesis de ATP.

B. la síntesis de ATP está ligada a la formación de un gradiente de protones.

C. no se forman nucleótidos energéticos.

D. la oxidación del sustrato está ligada a la síntesis de ATP.

Desarrolle los puntos 8.85. a 8.90. con el formato de selección múltiple con múltiple respuesta.

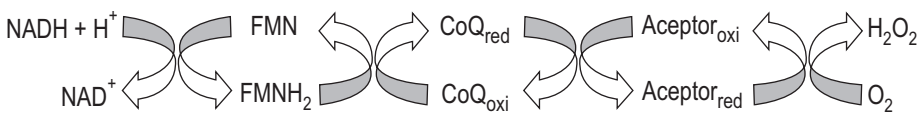
Marque A si 1, 2 y 3 son correctas. Marque B si 1 y 3 son correctas. Marque C si 2 y 4 son correctas. Marque D si todas son correctas.

8.85. La citocromo oxidasa

1. cataliza la oxidación del citocromo c y la reducción del oxígeno molecular.
2. se inhibe por cantidades estequiométricas de cobre.
3. participa en la transferencia de cuatro electrones para reducir por completo una molécula de O_2 a agua.
4. se activa por la presencia del ion cianuro (CN^-).

Respuesta: _____

8.86. Se mezclan mitocondrias con cianuro en un medio con exceso de NADH(H^+) en las condiciones adecuadas para el funcionamiento de estos organelos. Si se agrega al sistema un aceptor de electrones que reaccione con la coenzima Q y reduzca el O_2 a peróxido, como se muestra en la figura, se puede esperar que

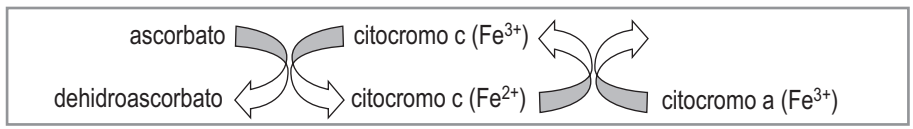


1. el citocromo c esté principalmente en estado oxidado.
2. haya una mezcla de flavoproteína reducida y oxidada.
3. la cantidad de oxígeno que se consume sea aproximadamente igual que en condiciones normales.
4. la reacción se inhiba por la catalasa.

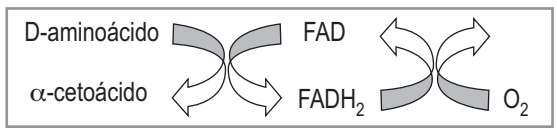
Respuesta: _____

8.87. El NADH(H^+) y el $FADH_2$ no son los únicos dadores de protones y electrones a la cadena respiratoria. En los siguientes diagramas se muestran otros posibles sustratos, de estos los que se acoplan a la formación de ATP son

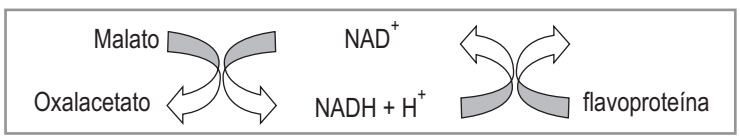
1.



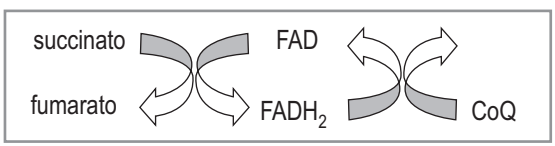
2.



3.



4.



Respuesta: _____

8.88. En la mitocondria

1. el transporte de electrones está acoplado a la captación de Ca^{2+} contra un gradiente.
2. el intercambio de ATP por ADP se inhibe por atractilósido.
3. la captación del citrato por las mitocondrias puede estar acoplada a la liberación de malato.
4. el transporte de protones no está acoplado a la captación de calcio.

Respuesta: _____

Consulta sugerida: LAGUNA, José y PIÑA, Enrique. Bioquímica de Laguna. 5 ed. México: Manual Moderno, 2002.

8.89. Los iones hidronio que se transfieren forman parte de la estructura reducida de

1. la coenzima Q. 2. el FMN. 3. el NAD^+. 4. el citocromo c.

Respuesta: _____

8.90. Las flavoproteínas pueden

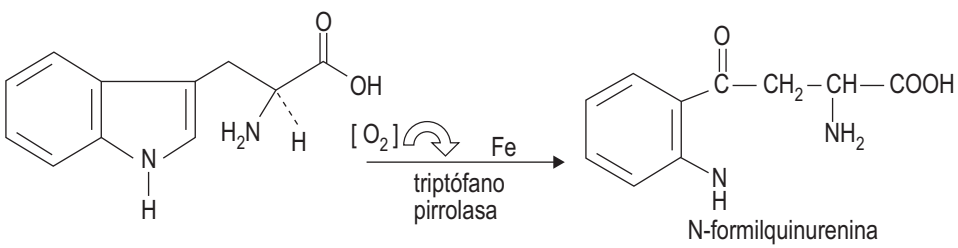
1. estar asociadas con hierro no hémico y azufre.
2. ser deshidrogenasas del NADH + H^+.
3. ser oxidadas por la coenzima Q en la cadena de transporte de electrones.
4. constituir una fuente de hidrógeno en las células por reducción directa con O_2.

Respuesta: _____

8.91. Teniendo en cuenta la siguiente tabla, relacione las reacciones numeradas con las enzimas correctas indicadas con letras y complete la tabla.

Enzima	Tipo de oxidasa
A. Flavoproteína oxidasa	
B. Catalasa	
C. Dioxigenasa	
D. Oxidasa de función mixta	

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

1. fenilalanina + coenzima reducida + O_2 ⟶ tirosina + H_2O + coenzima oxidada
   Relación. _____
2. glucosa + O_2 ⟶ ácido glucorónico + H_2O_2 Relación. _____
3. 

   Relación. _____
4. $2H_2O_2$ ⟶ $2H_2O + O_2$ Relación. _____

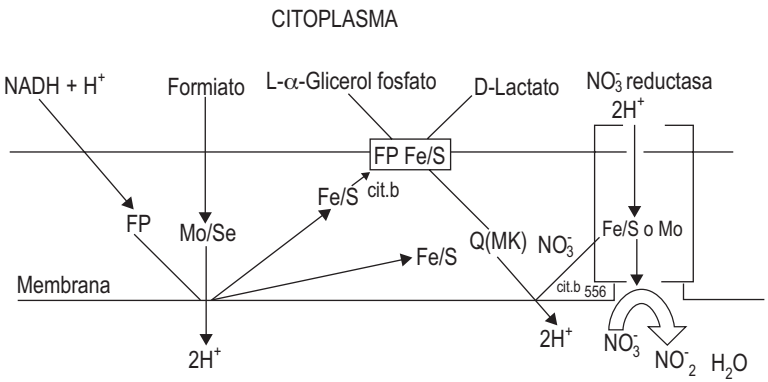
8.92. Para probar la acción de un antibiótico se colocan dos tipos de células (animal y vegetal) en medios de cultivo con la proporción adecuada de nutrientes y demás sustancias que requieren para su crecimiento normal y se observa lo que sucede. Por medio de ciertas pruebas se determina que en ambas células se ha disminuido la producción de ATP. A partir de estos resultados podría pensarse que el antibiótico actúa directamente sobre los organelos encargados de la

A. reproducción celular.
B. digestión intracelular.
C. respiración celular.
D. producción de proteínas.

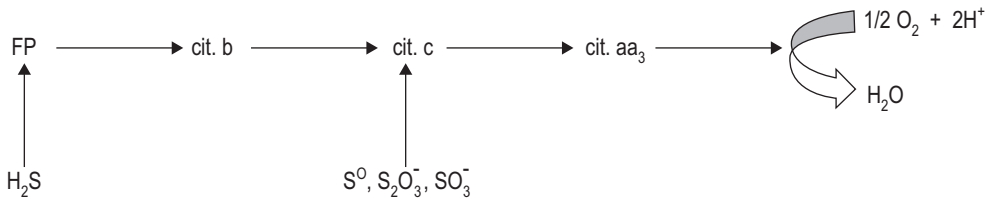
8.93. La fibrosis quística es una enfermedad genética letal en la primera década de la vida, se caracteriza entre otras muchas anomalías por un aumento excesivo de calcio en las mitocondrias aisladas de los fibroblastos, lo cual conduce a la inhibición de la

A. cadena respiratoria.
B. respiración pulmonar.
C. fosforilación oxidativa.
D. fosforilación a nivel de sustrato.

La cadena respiratoria del *Enterobacter aerogenes* se ilustra en el siguiente esquema:



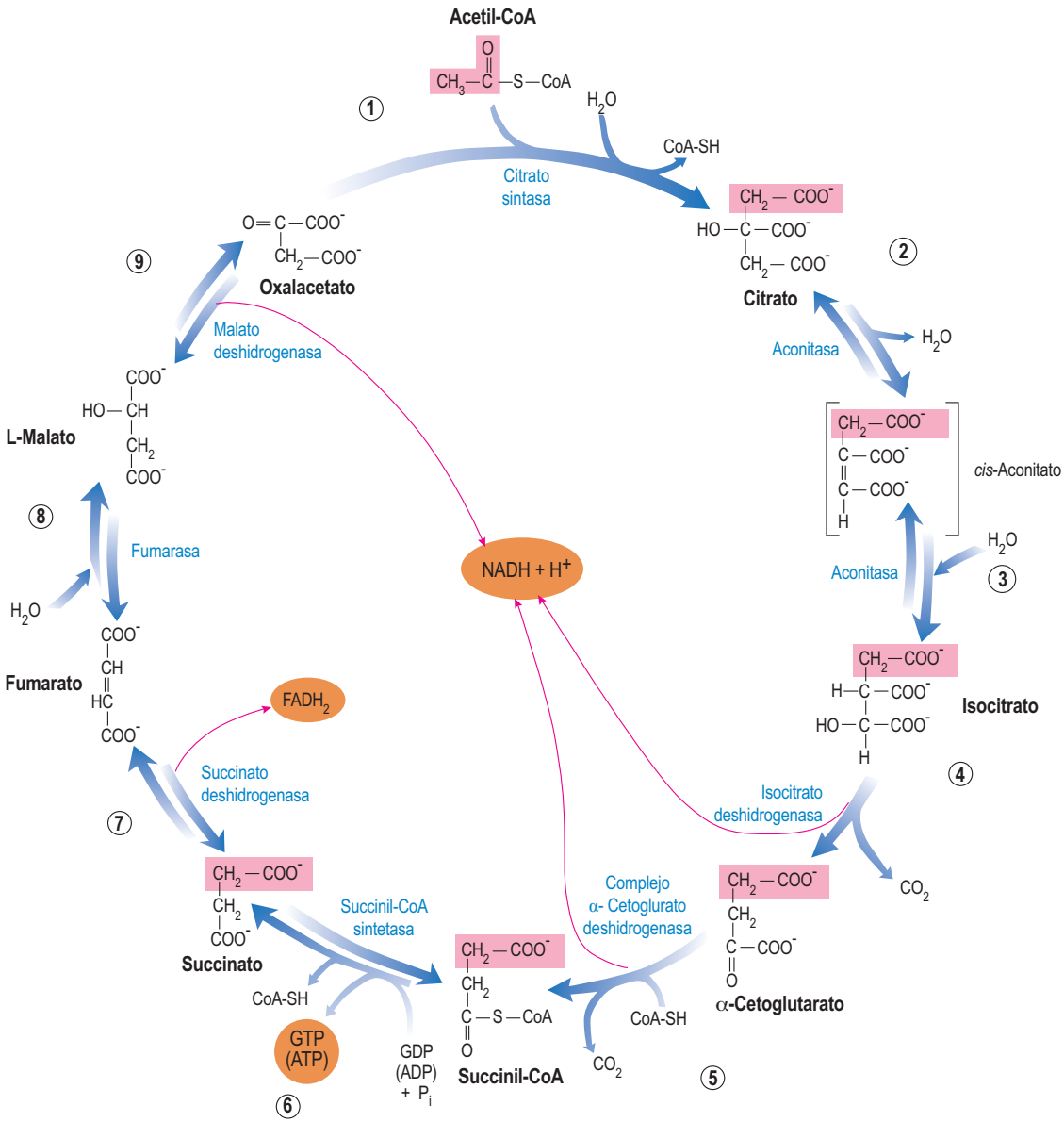
La cadena respiratoria del *Tiobacilo thiiooxidans* se ilustra en el siguiente esquema:



8.94. Resuma dos diferencias y dos similitudes entre la cadena respiratoria del *Enterobacter aerogenes* y del *Tiobacilo thiiooxidans*.

8.95. Teniendo en cuenta la figura, complete la tabla con la información solicitada sobre el ciclo de Krebs.

Etapa	Sustrato	Producto	Enzima	Coenzima producida	Tipo de reacción
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					



Ciclo de Krebs

ANEXO 8.1.

ALGUNOS DE LOS COMPUESTOS QUE AFECTAN LA FOSFORILACIÓN OXIDATIVA

Reactivo	Efecto	Sitio de acción
Rotenona, amital	Inhiben el paso de electrones	NADH deshidrogenasa
Antimicina	Inhibe el paso de electrones	Complejo b, c_1
Malonato	Inhibe el paso de electrones	Deshidrogenasa succínica
CO, CN^-, Azida, H_2S	Inhiben la reducción del oxígeno	Citocromo oxidasa
ATR, CAT, BK	Inhiben el transporte de ADP y ATP	Adenín nucleótido translocasa
Oligomicina	Inhibe el transporte de H^+	Canal de H^+ en F_0
DNP, CCCP, Valinomicina, Gramidicina	Inhiben la síntesis de ATP y estimulan en consumo de oxígeno	Membrana interna
Aerovertina	Inhibe la síntesis de ATP	F_1 ATPasa

LAGUNA, José y PIÑA, Enrique. Bioquímica de Laguna. 5 ed. México: Manual Moderno, 2002. p.481.

ATR = atractilósido
BK = ácido bongkréquico
CAT = carboxiatractilósido
CCCP = carbomil cianuro p-trifluoro metoxifenil hidrazona
DNP = dinitrofenol

CAPÍTULO

9

Integración metabólica

Desarrolle los puntos 9.1. a 9.9. 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.

9.1. Los metabolitos intermediarios en la síntesis de colesterol y de cuerpos cetónicos son (consulte las vías metabólicas)

1. lactato.
2. mevalonato.
3. isocitrato.
4. β-hidroxi-β-metilglutaril CoA.

Respuesta: _____

9.2. Uno de los aminoácidos proteicos importantes es el aspartato el cual

1. puede contribuir con sus cuatro carbonos a la síntesis de glucosa.
2. puede ser una fuente de ambos nitrógenos para la síntesis de urea.
3. es un aminoácido esencial en la dieta.
4. puede transferir su nitrógeno al α-cetoglutarato.

Respuesta: _____

9.3. La coenzima A actúa como transportadora de grupos acilo, este intermediario participa en

1. la síntesis del ácido palmítico.
2. el metabolismo de la valina a CO_2 y H_2O.
3. la oxidación del ácido esteárico.
4. la síntesis de la glucosa a partir del piruvato.

Respuesta: _____

9.4. El acetil CoA que se obtiene por la oxidación del ácido palmítico actúa

1. estimulando la piruvato carboxilasa.
2. activando la glucólisis.
3. inhibiendo la piruvato deshidrogenasa, con lo que restringe el acceso al ciclo de Krebs.
4. inhibiendo la succinato deshidrogenasa.

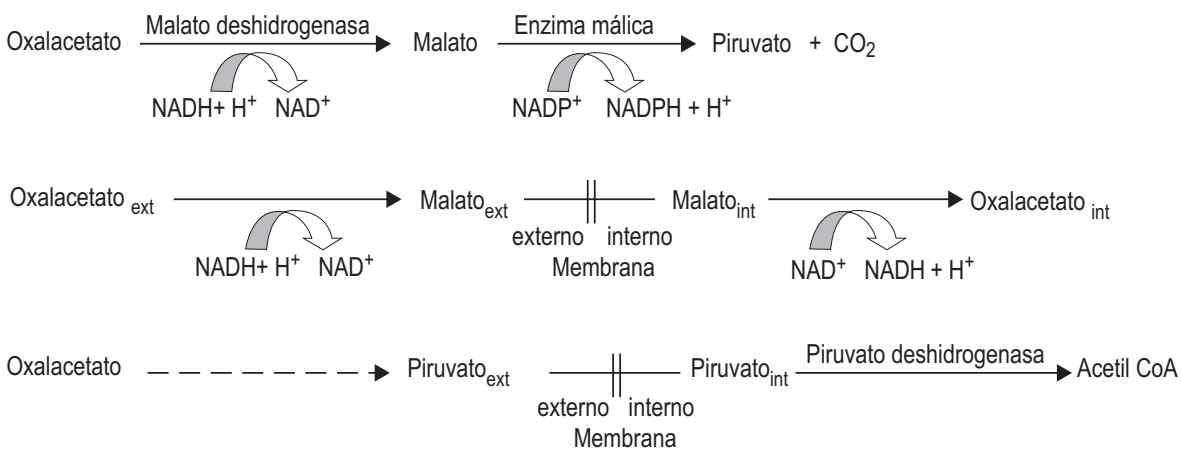
Respuesta: _____

9.5. El NADPH + H^+ necesario para la liponeogénesis se puede obtener en la reacción catalizada por la

1. glucosa-6-fosfato deshidrogenasa.
2. Acil CoA deshidrogenasa.
3. 6-fosfogluconato deshidrogenasa.
4. malato deshidrogenasa.

Respuesta: _____

Observe las siguientes reacciones y con base en ellas conteste la siguiente pregunta



9.6. El oxalacetato extramitocondrial puede metabolizarse para producir

1. piruvato a través de la acción combinada de la malato deshidrogenasa y la enzima málica.
2. una conversión neta de NADH + H^+ a NADPH + H^+ a través de la acción combinada de la malato deshidrogenasa y la enzima málica.
3. una conversión neta de NADH+ H^+ extramitocondrial a NADH+ H^+ mitocondrial a través de la acción combinada de la malato deshidrogenasa extra e intramitocondrial.
4. acetil CoA intramitocondrial.

Respuesta: _____

9.7. La alta carga energética producida por la oxidación de moléculas combustibles inhibe la glucólisis porque

1. el piruvato se oxida en el ciclo del ácido cítrico, y por lo tanto no puede regenerar NAD^+ a través de la reacción catalizada por la lactato deshidrogenasa.
2. el ATP no es una molécula de reserva.
3. la glucólisis y la glucogenogénesis compiten por la glucosa.
4. las grandes cantidades de ATP producidas por la oxidación del piruvato a través del ciclo del ácido cítrico inhiben las reacciones de la glicólisis catalizadas por la fosfofructocinasa y la piruvato cinasa.

Respuesta: _____

Con base en los siguientes comentarios desarrolle el punto 9.8.

— Los ácidos grasos provenientes del tejido adiposo aparecen en la circulación sanguínea como complejos unidos a la albúmina.

— El NADPH es una fuente necesaria de poder reductor para la síntesis de ácidos grasos.

— Los quilomicrones transportan triacilgliceroles provenientes del intestino, estos se hidrolizan a ácidos grasos y glicerol por la acción de la enzima lipoproteínlipasa de las paredes de los capilares. El tejido adiposo solo capta los ácidos grasos.

— Glucosa ⟶ dihidroxiacetonafosfato ⟶ glicerolfosfato.

— No existe glicerol cinasa en el tejido adiposo.

9.8. El tejido adiposo

1. exporta ácidos grasos durante el ayuno a través de lipoproteínas.
2. posee una activa vía de las pentosas fosfato.
3. puede almacenar directamente triacilgliceroles provenientes de los quilomicrones sin hidrólisis previa.
4. requiere glucosa como fuente de glicerolfosfato para la síntesis de los triacilgliceroles.

Respuesta: _____

9.9. En el período post-absortivo inmediato (después que se han completado los procesos de digestión y absorción).

1. los ácidos grasos constituyen una fuente importante de energía para el tejido muscular en reposo.
2. la utilización de colesterol como fuente de energía aumenta.
3. en el hígado está activa la glucogenogénesis.
4. la gluconeogénesis es la principal fuente de glucosa sanguínea.

Respuesta: _____

Con base en las consultas sugeridas desarrolle los puntos 9.10. al 9.12. con el formato de relación.

9.10. Lea sobre la síntesis de la serina, el ciclo de la urea y el metabolismo de los cuerpos cetónicos.

A. Proviene del 3-fosfoglicerato que es un intermediario de la glucólisis.	Serina ( )
B. Puede entrar en el ciclo de Krebs como fuente de energía.	Acetoacetato ( )
C. No puede ser una fuente de carbono para la colesterolgénesis.	3-hidroxibutirato ( )
D. Se activa por una reacción que utiliza un tioéster intermediario del ciclo de los ácidos tricarboxílicos.	Ornitina ( )

9.11. Lea sobre el metabolismo del glucógeno.

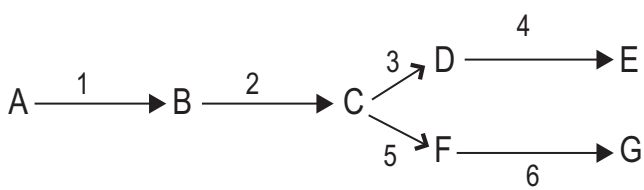
A. Tiene una conformación que se activa con la glucosa-6-fosfato.	Glucógeno fosforilasa ( )
B. Se activa directamente por una proteína cinasa.	Glucógeno sintasa ( )
C. Se activa por una fosfatasa específica.	α-1-6-glucosidasa ( )
D. Su actividad se modifica cuando se proporciona glucagón al hígado.	Ambas ( )
E. Actúa en los puntos de ramificación.	Ninguna ( )

9.12. Lea sobre la especialización metabólica celular.

A. Es una fuente importante de triacilgliceroles, pero es incapaz de metabolizar glicerol.	Hígado ( )
B. No puede catabolizar cuerpos cetónicos.	Músculo cardíaco ( )
C. Posee una vía de las pentosas fosfato muy activa y forma cantidades considerables de 2,3-bifosfoglicerato.	Tejido adiposo ( )
D. No puede hacer cetogénesis.	Eritrocitos ( )
E. Puede utilizar directamente el lactato como fuente de energía.	Cerebro ( )

Desarrolle los puntos 9.13. a 9.36. con el formato de selección múltiple con única respuesta.

9.13. Considere la siguiente vía metabólica



El mecanismo de control **más efectivo** para detener completamente este sistema será la inhibición

A. parcial de la enzima 1 en presencia de un exceso de producto G y de concentraciones normales de producto E.

B. completa de la enzima 5 en presencia de un exceso de producto G.

C. completa de la enzima 2 en presencia de un exceso de producto E y concentraciones disminuidas de producto G.

D. completa de la enzima 1 en presencia de un exceso de ambos productos terminales.

9.14. La enzima que **no** participa en la regulación de una vía metabólica es aquella que

A. cataliza reacciones que en las células se encuentren cerca del equilibrio.

B. cataliza la primera reacción de la vía.

C. cataliza una reacción funcionalmente irreversible.

D. tiene baja especificidad debido a su elevada KM o su baja Vmax.

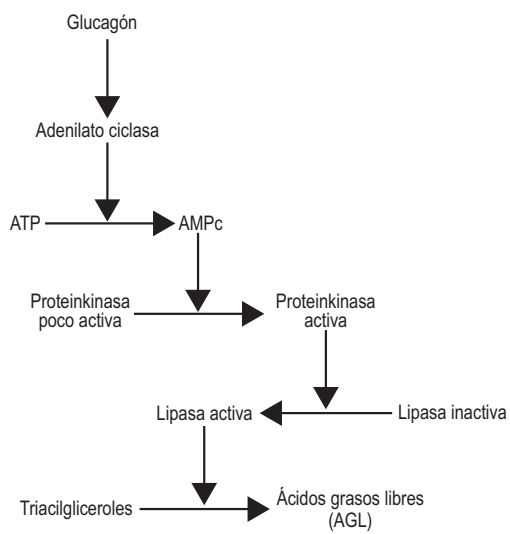
9.15. El mecanismo por el cual las hormonas **no** modifican la velocidad de las vías metabólicas es

A. regulando la captación de metabolitos por la célula.

B. estimulando la transcripción de genes específicos.

C. activando las proteínas cinasas que fosforilan las enzimas reguladoras.

D. formando enlaces covalentes con determinados intermediarios de las vías metabólicas.



9.16. Un aminoácido que es cetogénico pero **no** glucogénico

A. puede entrar en el ciclo del ácido cítrico como succinil CoA.

B. puede aportar carbonos para la síntesis neta de colesterol.

C. puede proporcionar carbonos para la síntesis neta de dihidroxiacetonafosfato.

D. no puede oxidarse a través del ciclo del ácido cítrico.

9.17. Un aminoácido que **no** puede proporcionar carbonos para la síntesis neta de glucosa es la

A. leucina. B. fenilalanina. C. asparragina. D. histidina.

9.18. Una enzima que **no** participa en la gluconeogénesis a partir del glutamato es la

A. succinato deshidrogenasa.

B. glutamato deshidrogenasa.

C. malato deshidrogenasa.

D. piruvato carboxilasa.

9.19. Una deshidrogenasa que **no** requiere de una coenzima de naturaleza flavínica es la

A. piruvato deshidrogenasa.

B. glutamato deshidrogenasa.

C. α-cetoglutarato deshidrogenasa.

D. acil CoA deshidrogenasa.

9.20. En la secuencia de enzimas que participan en la transferencia de los grupos α-amino de la mayoría de los aminoácidos para la síntesis de la urea, la enzima que produce amoniaco libre es la

A. glutamato transaminasa.

B. aspartato transcarbamilasa.

C. glutamato deshidrogenasa.

D. alanina transcarbamilasa.

9.21. La membrana mitocondrial interna **no** es permeable a

A. oxalacetato. B. malato. C. citrato. D. glicerolfosfato.

9.22. El citrato

A. activa la fosfofructocinasa.

B. se rompe en la mitocondria para formar oxalacetato.

C. se rompe en el citoplasma para formar acetil CoA para la síntesis de ácidos grasos.

D. se oxida con NAD^+ para formar isocitrato en el ciclo del ácido cítrico.

9.23. La principal vía degradativa de polisacáridos en humanos es la glucogenólisis, que se caracteriza porque

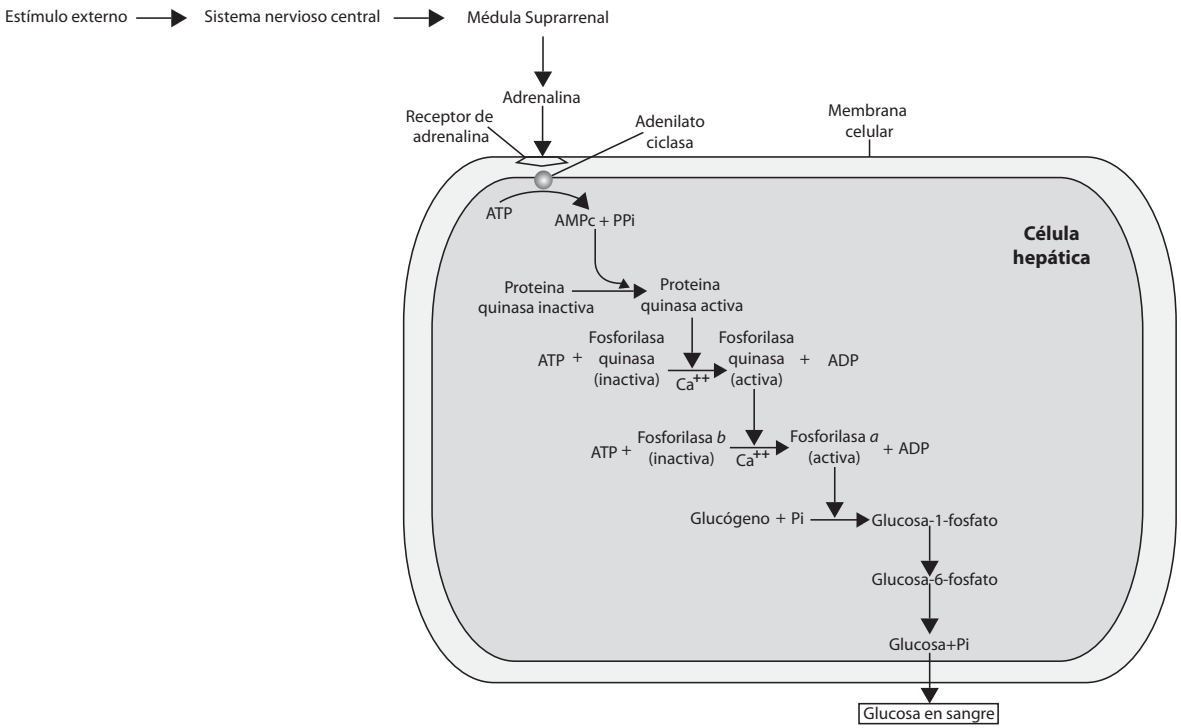
A. conlleva a la formación de glucosa libre como producto inmediato.

B. se inhibe por la acción del AMP cíclico.

C. en el músculo es una fuente importante de energía después de una semana de ayuno.

D. permite al hígado liberar glucosa hacia la sangre.

Observe el mecanismo propuesto para la regulación del metabolismo del glucógeno y desarrolle los puntos del 9.24. a la 9.35., consultando el esquema y otras fuentes bibliográficas.



9.24. La proteína receptora de la adrenalina se encuentra en la

A. membrana interna de la mitocondria.
B. membrana externa de la mitocondria.
C. membrana citoplasmática.
D. envoltura del núcleo.

9.25. La adrenalina y el glucagón tienen los mismos efectos sobre el metabolismo del glucógeno, porque ambas estimulan la

A. gluconeogénesis.
B. glucogenólisis.
C. glucogénesis.
D. glucogenogénesis.

9.26. La adrenalina y el glucagón tienen como mensajero intracelular al

A. GMPc.
B. AMPc.
C. TMPc.
D. CMPc.

9.27. La adenilatociclasa es una enzima que se caracteriza porque su región

A. apolar la ancla en el lado citoplasmático de la membrana celular.
B. polar la ancla en el lado citoplasmático de la membrana celular.
C. apolar la ancla en el lado extracelular de la membrana celular.
D. polar la ancla en el lado extracelular de la membrana celular.

9.28. La proteínquinasa activa tiene estructuralmente

A. solo la subunidad catalítica.
B. la subunidad catalítica y la reguladora.
C. solo la subunidad reguladora.
D. un grupo hemo en la subunidad reguladora.

9.29. Un efector negativo para la enzima fosforilasa **a** hepática es la

A. glucosa.
B. glucosa-1,6-bisfosfato.
C. glucosa-1-fosfato.
D. glucosa-2,3-bifosfato.

9.30. Un efector positivo para la enzima fosforilasa **b** muscular es

A. la glucosa-6-fosfato.
B. el adenosín monofosfato.
C. la glucosa-1-fosfato.
D. el adenosín trifosfato.

9.31. Uno de los productos de la actividad de la fosforilasa a sobre el glucógeno es

A. glucosa.
B. glucosa-6-fosfato.
C. glucosa-1-fosfato.
D. fructosa-1-fosfato.

9.32. Una de las vías metabólicas que se estimula por la acción hormonal de la insulina es la

A. glucogenólisis.
B. gluconeogénesis.
C. glucogenogénesis.
D. glucogénesis.

9.33. La vía metabólica en la cual actúa la enzima glucógeno sintasa es la

A. glucogenólisis.
B. gluconeogénesis.
D. glucogénesis.
C. glucogenogénesis.

9.34. La insulina es una hormona hipoglicemiante porque

A. aumenta los valores de glucosa en el torrente sanguíneo.
B. disminuye los valores de glucosa en el torrente sanguíneo.
C. mantiene los valores de glucosa en el torrente sanguíneo.
D. no interviene en los valores de glucosa en el torrente sanguíneo.

9.35. Un efector positivo para la actividad de la glucógeno sintasa es

A. la adrenalina.
B. el ATP.
C. el glucagón.
D. el AMPc.

Los puntos 9.36. a 9.38. se desarrollan con el formato de falso y verdadero.

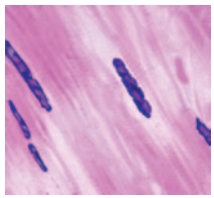
9.36. Solo las hormonas proteícas y peptídicas regulan las vías metabólicas. F _____ V _____

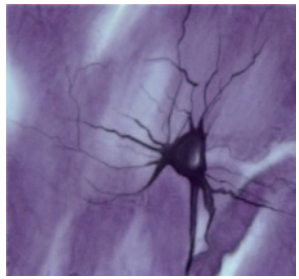
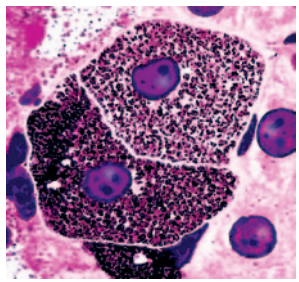
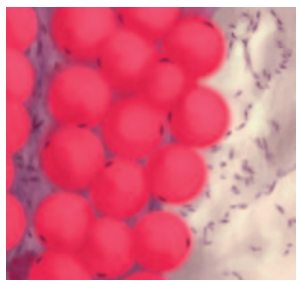
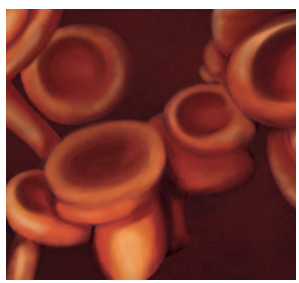
9.37. Las hormonas esteroideas actúan activando enzimas de las vías metabólicas.
F _____ V _____

9.38. Las hormonas derivadas de aminoácidos actúan solamente en el hígado. F _____ V _____

Desarrolle los puntos 9.39. y 9.40. completando las tablas.

9.39. Complete la siguiente tabla con la función especializada de cada célula en un organismo multicelular y su relación con vías metabólicas oxidativas en el catabolismo energético.

Célula	Descripción de la función especializada y nombres de las vías metabólicas oxidativas
Miocito cardíaco 	
Miocito esquelético	

Célula		Descripción de la función especializada y nombres de las vías metabólicas oxidativas
Neurona		
Hepatocito		
Adipocito		
Eritrocito		

9.40. Para cada célula complete con el nombre del proceso principal mediante el cual obtiene energía, y si hay o no presencia de combustible almacenado en forma de glucógeno o triacilgliceroles.

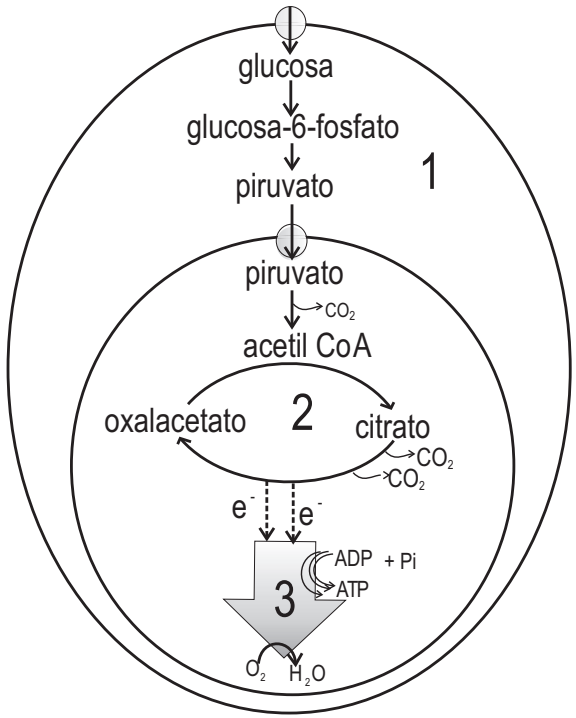
Célula	Principal fuente de energía y rutas catabólicas	Combustible almacenado
Miocito cardíaco		
Miocito esquelético en reposo		
Neurona		
Hepatocito		
Adipocito		
Eritrocito		

9.41. El siguiente esquema general corresponde a las principales vías catabólicas de la neurona.

a. Complete con los nombres correspondientes para las vías metabólicas 1, 2 y 3.

b. Haga un esquema similar para el eritrocito y el adipocito ilustrando, en general, sus principales procesos catabólicos.

c. Clasifique el metabolismo de las células del punto anterior como aerobio o anaerobio.



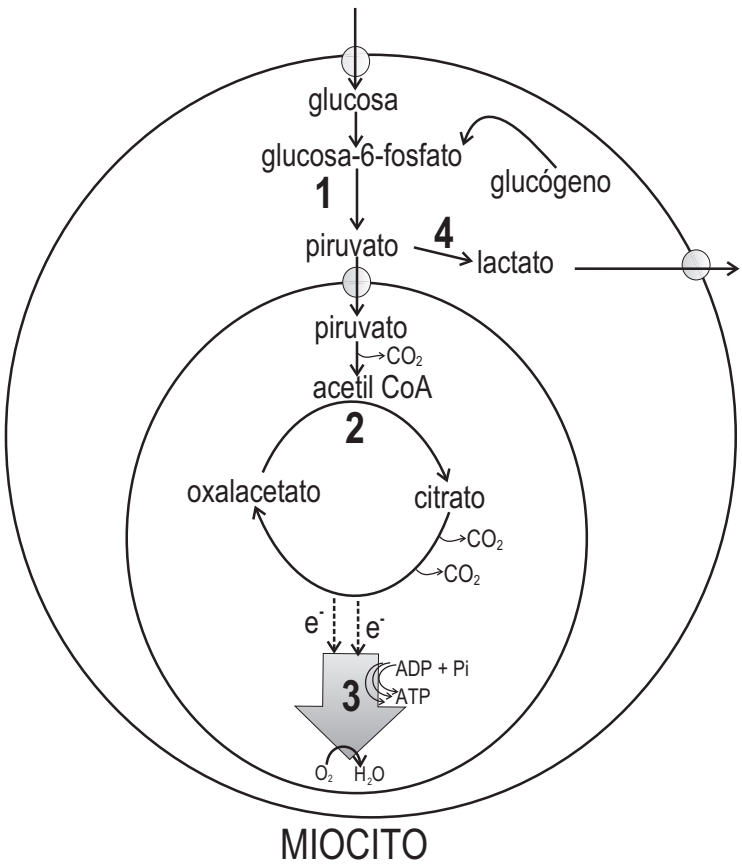
NEURONA

9.42 El siguiente diagrama representa las rutas metabólicas principales en el músculo esquelético durante un ejercicio de corta duración y alta intensidad (carreras de velocidad de 400 a 800m, natación de apnea). Realice esquemas similares para el músculo:

a. En reposo.

b. Durante un ejercicio muy corto, como esprín de atletismo o natación, halterofilia, lanzamientos y saltos.

c. Durante una maratón.



Adaptado de: LÓPEZ CHICHARO, J. y FERNÁNDEZ VAQUERO, A. Fisiología del ejercicio. 3 ed. Buenos Aires: Médica Panamericana, 2008.

9.43. Para las siguientes hormonas reguladoras del metabolismo energético, complete la tabla con: la naturaleza de la estructura química, lugar de síntesis, órgano o tejido diana, mensaje que transmite y efecto sobre los niveles de glucosa en sangre.

Hormona	Tipo de biocompuesto	Lugar de síntesis	Órgano o tejido diana (mencionando la ubicación del receptor)	Segundo mensajero	Efecto sobre los niveles de glucosa en sangre
Insulina					
Glucagón					
Adrenalina					

9.44. Los siguientes procesos metabólicos pueden ser regulados por la insulina, el glucagón y la adrenalina. Indique si son activados (↑) o inactivados por cada hormona (↓).

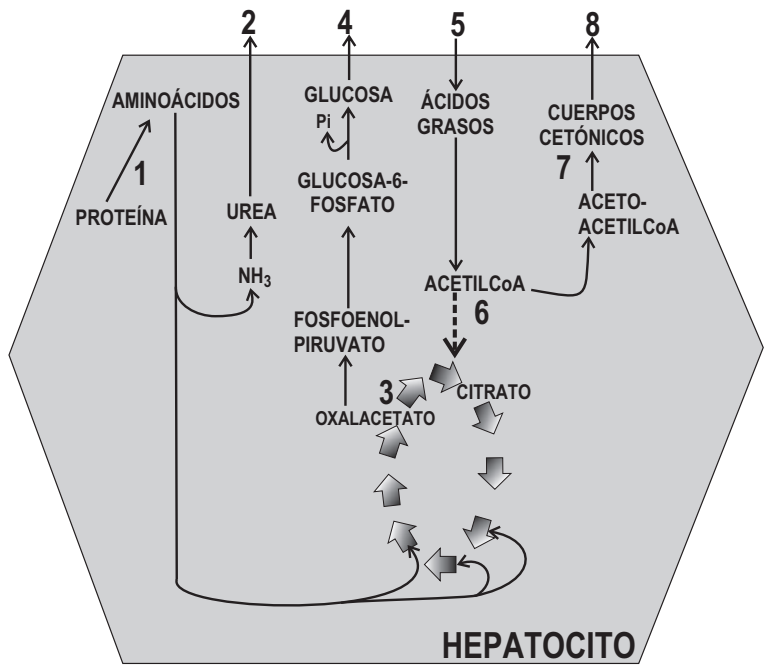
Hormona	Acción bioquímica
Insulina	Permeabilidad celular a la glucosa ( )
	Glucólisis ( )
	Síntesis de glucógeno ( )
	Síntesis de triacilgliceroles ( )
	Cetogénesis ( )
	Gluconeogénesis ( )
	Lipólisis ( )
	Degradación de proteínas ( )
	Síntesis de proteínas y ADN ( )
Glucagón	Glucogenólisis ( )
	Síntesis de glucógeno ( )
	Hidrólisis de triacilgliceroles ( )
	Gluconeogénesis ( )
	Glucólisis ( )
	Cetogénesis ( )

Hormona	Acción bioquímica
Adrenalina	Movilización de triacilgliceroles ( )
	Glucogenólisis ( )
	Síntesis de glucógeno ( )

9.45. En el siguiente esquema se encuentran los ajustes metabólicos que realiza el hepatocito durante el ayuno prolongado, de acuerdo con este haga:

a. Una breve descripción de los procesos metabólicos señalados con números, indicando su mayor o menor actividad bajo estas condiciones.

b. Diseñe esquemas similares para mostrar los principales procesos metabólicos en esta célula, en el período entre comidas e inmediatamente después de una comida.



Adaptado de NELSON, David and COX, Michael. Lehninger principles of Biochemistry.3 ed. New York: Worth Publishers, 2000. p.881.

9.46. Complete la siguiente tabla con las características estructurales propias de la insulina y el glucagón.

	Insulina	Glucagón
Número de aminoácidos.		
Número de puentes disulfuro.		
Número de cadenas polipeptídicas.		
Síntesis compleja con formas inactivas o prohormonas.		
Clasifique cada hormona como péptido o proteína.		

* oligopéptido hasta 10 aminoácidos, polipéptido hasta 99 aminoácidos y proteína mayor de 100 aminoácidos.

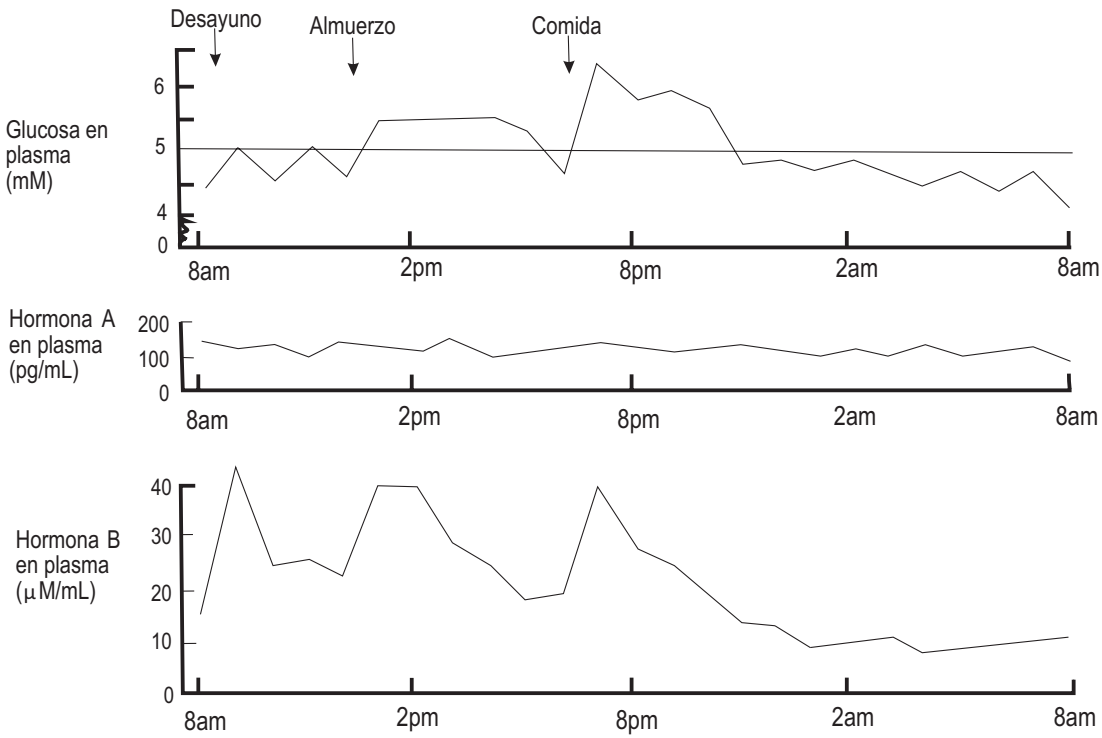
9.47. En la figura, la primera gráfica muestra la concentración de glucosa en sangre, y las siguientes ilustran los niveles de las hormonas A y B relacionadas, para una persona saludable durante 24 horas. Teniendo en cuenta el horario para el desayuno, almuerzo y comida, elija entre insulina o glucagón para nombrar a las hormonas A o B, justifique brevemente su respuesta.

Hormona A: _____

Hormona B: _____

Justificación: _____

_____



9.48. Lea las siguientes características y relaciónelas con la diabetes tipo 1 o tipo 2.

Características	Tipo
Incidencia: igual en mujeres y hombres	_____
Mayor en mujeres y hombres	_____
Edad de inicio: adolescencia y adultos	_____
Infancia y adolescencia	_____
Predominio étnico: afroamericanos e hispanos	_____
Blancos	_____

Características	Tipo
Historia familiar: frecuente	_____
Rara	_____
Complicación aguda: cetoacidosis	_____
Coma hiperosmolar	_____
Terapia insulínica: responde	_____
Resistente o responde	_____
Insulina en plasma: normal a alta	_____
Baja o ausente	_____
Autoinmunidad: rara	_____
Frecuente	_____

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

9.49. Entre las reacciones que presentan las proteínas está la glucosilación no enzimática, que ocurre entre los azúcares reductores y los grupos α-amino de la lisina o α-amino de la valina cuando este es N-terminal. En los pacientes diabéticos por la alta concentración de glucosa, la cantidad de proteínas glucosidadas se incrementa, con consecuencias nocivas para la salud. Por consiguiente estos pacientes deben controlar sus niveles de proteínas glicosidadas como mínimo, cada seis meses, para evaluar la efectividad del tratamiento.

De acuerdo con lo anterior desarrolle los siguientes puntos:

a. Represente la estructura de estos dos aminoácidos glicosilados.

b. Explique brevemente el efecto de la glucosilación de estos amionácidos, sobre las siguientes características de las proteínas.

Carga neta: _____.

Estructura tridimensional: _____.

9.50. Relacione las siguientes proteínas glicosiladas en un diabético con las posibles consecuencias de esta transformación en la salud.

Proteínas glicosiladas	Posibles consecuencias
A. Colágeno y fibrina	Inmunodeficiencia ( )
B. Receptores LDL	Modificación del transporte de oxígeno ( )
C. Proteínas del cristalino	Pérdidas de elasticidad tisular ( )
D. Inmunoglobulinas	Cataratas ( )
E. Hemoglobina	Ateroesclerosis ( )

9.51. El glaucoma y las cataratas son enfermedades oculares asociadas con la diabetes. Cuando la enzima aldosa reductasa dependiente de la coenzima fosforilada derivada de la vitamina B3, cataliza la reacción de trasformación de un monosacárido en poliol con la consecuente producción de la forma oxidada de la coenzima. De acuerdo con lo anterior:

a. Represente la reacción de transformación de glucosa a sorbitol y de galactosa a galactitol. Utilice fórmulas estructurales para los azúcares y los polioles, y fórmula abreviada para la coenzima.

b. Los altos niveles de la coenzima oxidada hacen que esta reaccione con los grupos sulfihidrilo de las proteínas oxidándolos a puentes disulfuro, desnaturalizando las proteínas del cristalino con la consecuente formación de cataratas. Represente la ecuación química entre los residuos de aminoácidos que participan en esta reacción.

c. Proponga una posible terapia para el tratamiento del glaucoma, teniendo en cuenta que se origina por una alteración enzimática.

9.52. Llega a una sala de urgencias un diabético no tratado con los siguientes síntomas: pH en sangre de 6,8, aliento cetónico, urea en orina de 300 mg/dL, Hb A1C en sangre –hemoglobina glucosilada– de 9%p/v, glucosa en sangre de 180 mg/dL, orina 8L al día, e inconciente.

a. Consulte los niveles de estos parámetros en una persona sana.
b. Compare los valores del caso clínico con los parámetros normales y explique qué procesos metabólicos explican estos síntomas.

9.53. Consulte los tratamientos para la diabetes tipo 1 y 2 y consulte los siguientes puntos.

a. ¿Por qué en la diabetes insulino dependiente no resulta efectiva la administración de insulina vía oral y obligatoriamente debe ser inyectada?
b. Consulte cómo se obtiene en la actualidad la insulina –describa el método y el o los organismos empleados–.
c. ¿Por qué la diabetes tipo 2 puede ser controlada solamente con dieta y ejercicio?

9.54. Sobre la hipoglicemia consulte:

Niveles de glucosa en sangre: _____

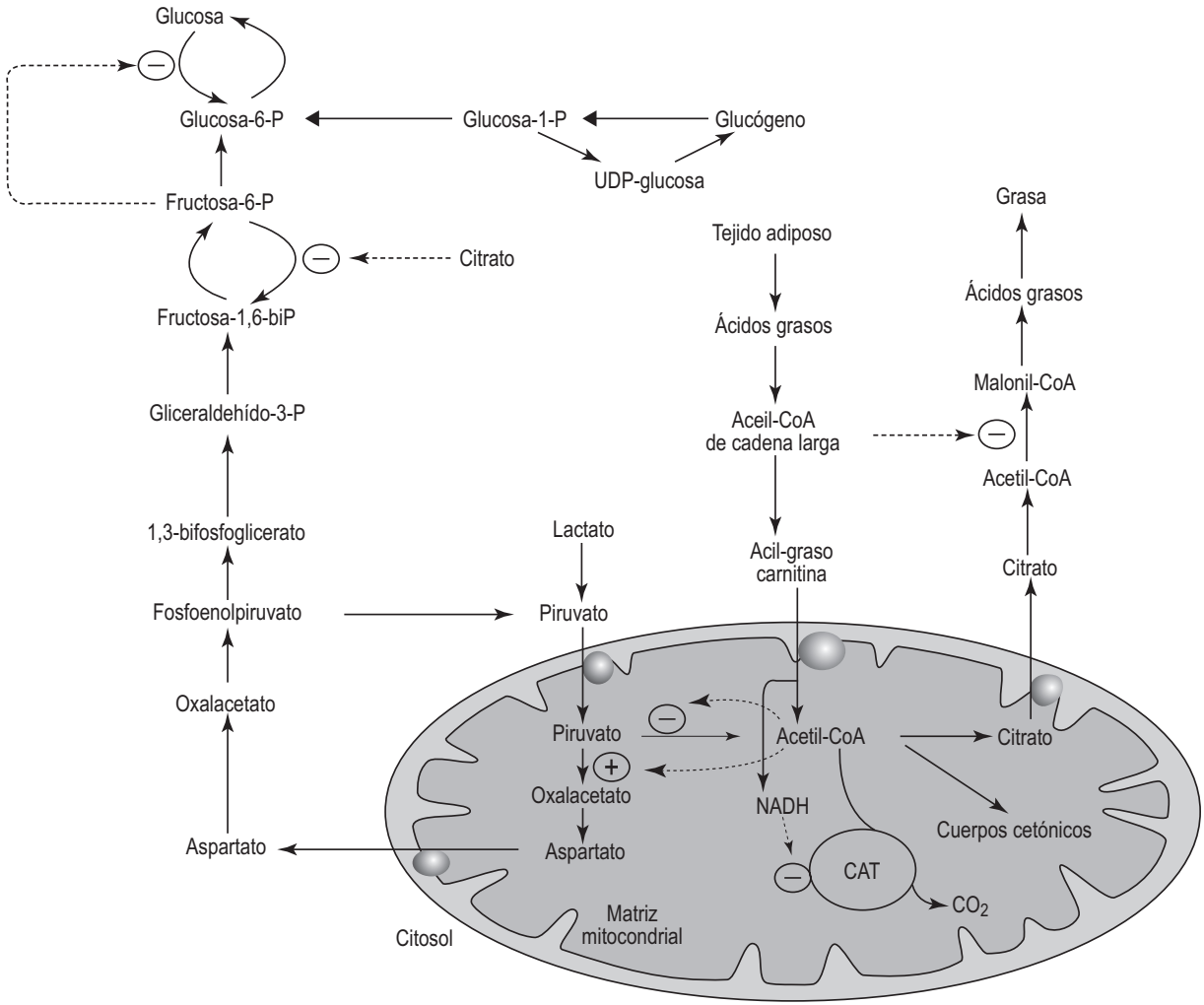
Niveles de insulina: _____

Síntomas debidos a bajos niveles de glucosa disponible en sangre para el sistema nervioso central: _____

Síntomas debidos a la descarga de adrenalina: _____

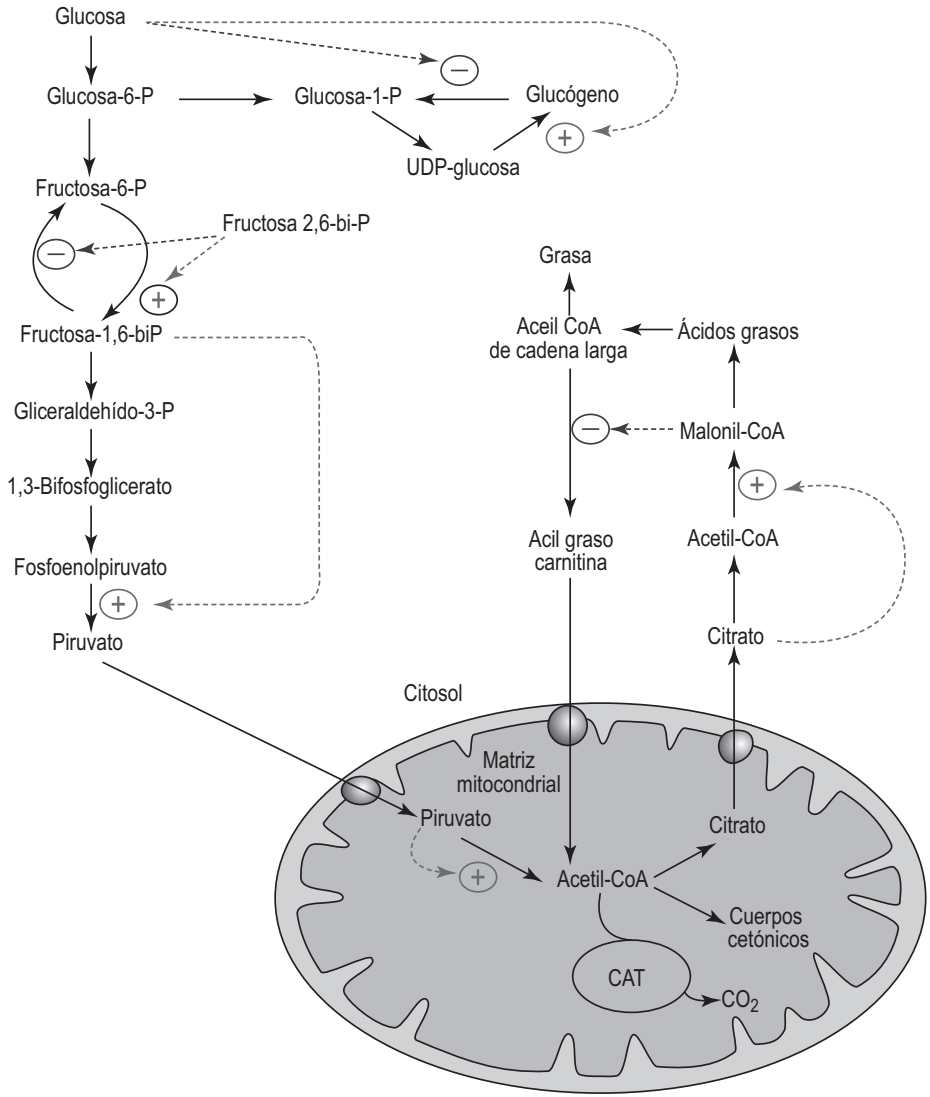
ANEXO 9.1.

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

Vías catabólicas	Enzimas limitantes	Inhibidor(es)	Activador(es)
Glucogenólisis	Fosforilasa		AMP cíclico Ca^{2+}
Glucólisis	Fosfofructocinasa	AMP cíclico, ATP, citrato, ácidos grasos	Fructosa-2,6-biP, AMP, ADP
Oxidación del piruvato	Piruvato deshidrogenasa	Acetil CoA, NAD^+, ATP, ácidos grasos	CoA, NAD^+, ADP, piruvato
Vía de las pentosas fosfato	Glucosa-6-fosfato deshidrogenasa	NADPH	$NADP^+$
β-óxidación		NADH, ATP, malonil CoA	Oxalacetato, NAD^+
Oxidación de cuerpos cetónicos		Oxalacetato	Oxalacetato, acetil CoA
Ciclo de Krebs	Citrato sintasa	ATP, acil CoA de cadena larga	ADP
Cadena respiratoria y fosforilación oxidativa	ATP sintasa (¿)	NADH, $FADH_2$, ATP	NAD^+, FAD, ADP
Proteólisis			
Desaminación	Deshidrogenasa glutámica	GTP, ATP	GDP, ADP
Vías anabólicas	**Enzimas limitantes**	**Inhibidor(es)**	**Activador(es)**
Glucogénesis	Glucógeno sintasa	AMP cíclico, Ca^{2+}	
Gluconeogénesis	Piruvato carboxilasa Fructosa-1,6-bifosfatasa	ADP AMP	Acetil CoA
Lipogénesis	Acetil CoA carboxilasa	Acetil CoA, AMPc	Citrato, ATP, acetil CoA
Colesterolgénesis	Hidroxi-metil-glutaril reductasa	Colesterol, mevalonato, ácidos biliares	ATP
Proteogénesis		GDP, ADP	ATP, GTP, aminoácidos
Ureogénesis	Carbamil fosfato sintetasa		N-acetilglutamato, ATP

Fuente: CAMPELL, Mary y FARRELL, Shawn, Bioquímica. 4 ed. México International Thomson Editors, 2004.

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: Acribia, 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.

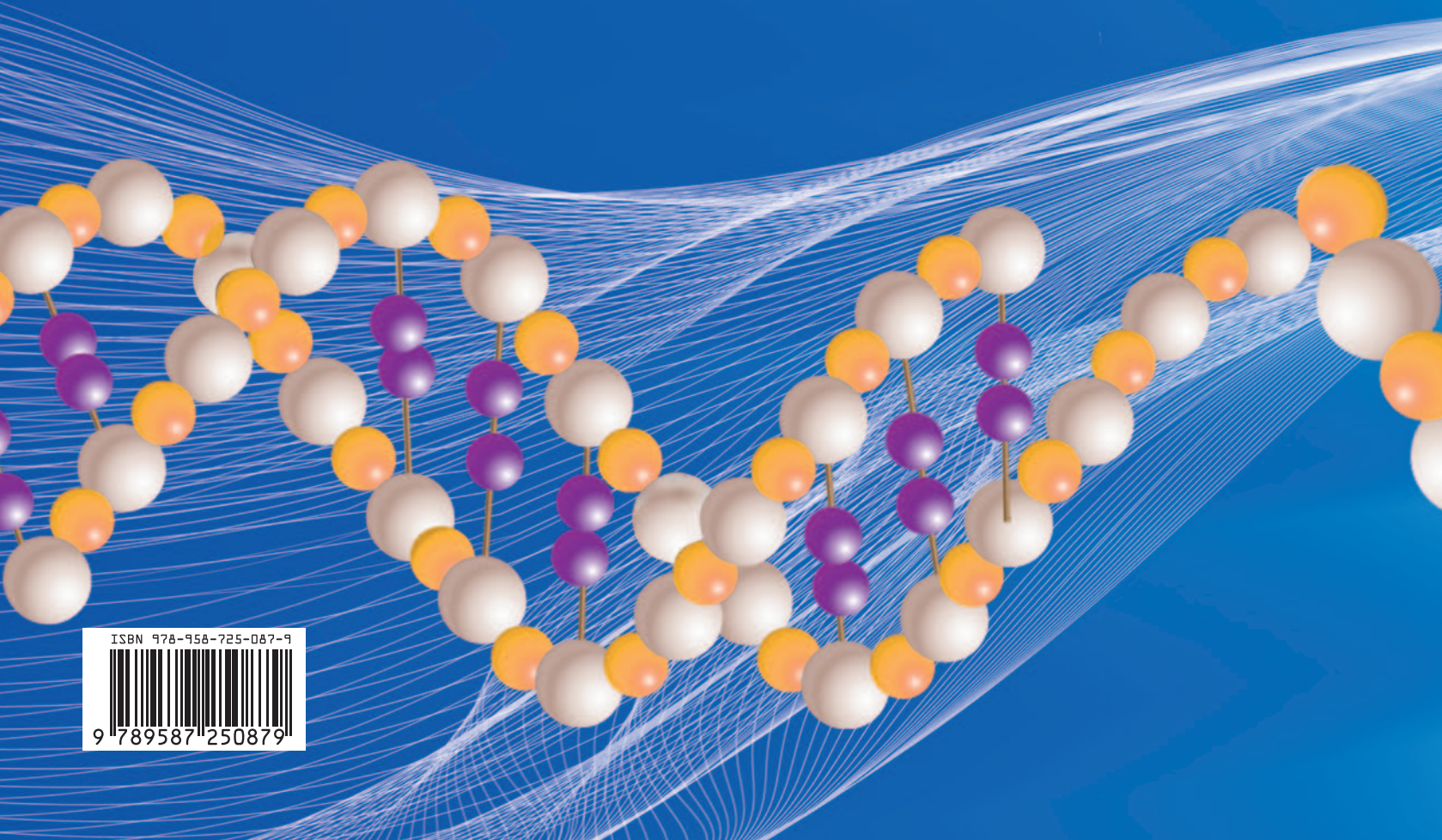
MAEDER, Thomas. Glucómica. En: Investigación y Ciencia. Septiembre, 2002. no. 312. p. 6-12.

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