



Universidad Autónoma de Nuevo León
Facultad de Ciencias Biológicas
Químico Bacteriólogo Parasitólogo
Programa analítico



1. Datos de identificación:

Nombre de la unidad de aprendizaje:	Bioquímica metabólica
Total de tiempo guiado (teórico y práctico):	100 horas
Tiempo guiado por semana:	5 horas
Total de tiempo autónomo:	20 horas
Tipo de modalidad:	Escolarizada
Número y tipo de periodo académico:	4° semestre
Tipo de unidad de aprendizaje:	Obligatoria
Ciclo:	Segundo
Área curricular:	Formación Básica (ACFB)
Créditos UANL:	4
Fecha de elaboración:	31/01/2022
Responsable(s) de elaboración:	Dr. Carlos Eduardo Hernández Luna
Fecha de última actualización:	No aplica
Responsable(s) de actualización:	No aplica

2. Presentación:

La unidad de aprendizaje Bioquímica metabólica está integrada por tres fases, las cuales están estructuradas de tal forma que el conocimiento integral adquirido a lo largo del semestre capacite al estudiante para relacionar las propiedades químico-biológicas de los macronutrientes celulares con la forma en que éstos son gradualmente transformados mediante las vías centrales del metabolismo energético e intermediario para obtener la energía y los precursores macromoleculares necesarios en el mantenimiento de organismo y sus funciones vitales. Durante la Fase 1 “Fundamentos del metabolismo y rutas del metabolismo de azúcares”, el estudiante aprenderá los principios fundamentales que rigen el metabolismo celular y reconocerá la lógica bioenergética del ATP y las coenzimas NAD y FAD como elementos esenciales para la conservación de energía y su uso por los sistemas celulares. Además, aplicará este conocimiento para analizar los diferentes caminos del metabolismo de carbohidratos y sus interrelaciones. Posteriormente, en la Fase 2 “Metabolismo aeróbico y rutas del metabolismo lipídico”, el estudiante comprenderá la importancia de los procesos centrales del metabolismo aeróbico (Ciclo del ácido cítrico, Cadena respiratoria de transporte de electrones y Fosforilación oxidante) en la generación de ATP, así como el papel anfibólico del Ciclo del ácido cítrico. Además, reconocerá la contribución del metabolismo lipídico a la energética celular y el



Universidad Autónoma de Nuevo León
Facultad de Ciencias Biológicas
Químico Bacteriólogo Parasitólogo
Programa analítico



ensamble de componentes estructurales de las membranas celulares. Por último, en la Fase 3 “Metabolismo nitrogenado” el estudiante aplicará lo aprendido en las primeras dos fases para integrar los procesos de degradación y biosíntesis aminoácidos y nucleótidos de purinas y pirimidinas con los caminos del metabolismo energético e intermediario. El estudiante logrará el aprendizaje a través de evidencias que desarrollan su pensamiento lógico, así como las competencias adquiridas, mismas que le permitirán llevar a cabo el producto integrador de aprendizaje, el cual consiste en elaborar un mapa metabólico modular sobre los principales procesos del metabolismo energético e intermediario.

3. Propósito:

La finalidad de la UA Bioquímica Metabólica es que el estudiante use su conocimiento del metabolismo energético e intermediario, relacionando las propiedades químico-biológicas de los macronutrientes con la forma en que los sistemas biológicos los transforman para obtener la energía y precursores biosintéticos necesarios en el mantenimiento de sistema y sus funciones vitales. De igual manera, el conocimiento sobre el metabolismo energético e intermediario, será esencial para el desempeño integral de los estudiantes en la subsecuente UA de Biología molecular; siendo pertinente al considerar que las propiedades químicas y funcionales de las biomoléculas, las rutas metabólicas y su regulación, así como los procesos de resguardo y expresión del genoma forman parte de una malla biológica finamente interconectada, que opera bajo el principio de identidad bioquímica y siguiendo principios fisicoquímicos comunes.

La presente UA de Bioquímica metabólica aplica los principios fundamentales de la relación estructura-función de biomoléculas y de las propiedades catalíticas y regulatorias de las enzimas que fueron revisados en la UA antecesora Bioquímica estructural, al estudio y comprensión de los principios generales de bioenergética celular y el diseño y regulación de las rutas centrales del metabolismo de carbohidratos, lípidos, aminoácidos y nucleótidos.

La UA Bioquímica Metabólica aporta al desarrollo de las competencias generales de la UANL utilizando la estrategia de aprendizaje adecuada para la solución de diferentes problemas o actividades en clase de manera independiente (1-2.2), los conocimientos adquiridos en bioquímica le permitirán conocer el impacto que tiene su desempeño profesional al intervenir frente a las problemáticas socioculturales retos de la sociedad contemporánea en lo local con actitud crítica y compromiso humano, académico y profesional para contribuir a consolidar el bienestar general y el desarrollo sustentable (10-2.1). así como proponer soluciones innovadoras para estimar el impacto que se espera al analizar biomoléculas para dar solución al problema (12-2.2). Además, esta UA apoya al desarrollo de las competencias específicas de la carrera dirigidas a la aplicación de metodologías en los laboratorios químico-biológicos, microbiológicos y biotecnológicos en los ámbitos biomédico, agropecuario, industrial, medio ambiente e investigación (Esp. 2), así como para el diagnóstico bioquímico de enfermedades



Universidad Autónoma de Nuevo León
Facultad de Ciencias Biológicas
Químico Bacteriólogo Parasitólogo
Programa analítico



autoinmunes, metabólicas e infecciosas (Esp. 3).

4. Competencias del perfil de egreso:

Competencias generales a las que contribuye esta unidad de aprendizaje:

Competencias instrumentales:

1. Aplicar estrategias de aprendizaje autónomo en los diferentes niveles y campos del conocimiento que le permitan la toma de decisiones oportunas y pertinentes en los ámbitos personal, académico y profesional.

Competencias personales y de interacción social:

10. Intervenir frente a los retos de la sociedad contemporánea en lo local y global con actitud crítica y compromiso humano, académico y profesional para contribuir a consolidar el bienestar general y el desarrollo sustentable.

Competencias integradoras:

12. Construir propuestas innovadoras basadas en la comprensión holística de la realidad para contribuir a superar los retos del ambiente global interdependiente.

Competencias específicas del perfil de egreso a las que contribuye la unidad de aprendizaje:

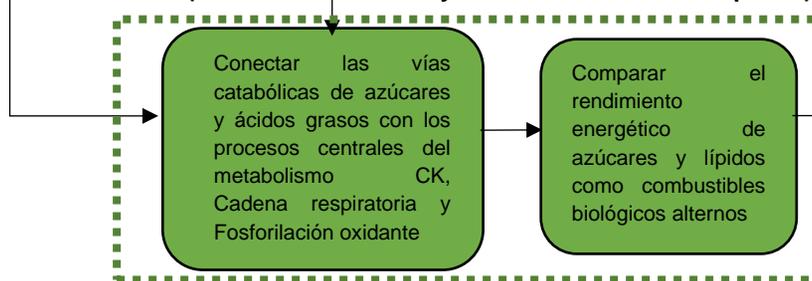
2. Implementar metodologías analíticas en los laboratorios químicos-biológicos, microbiológicos y biotecnológicos que se apliquen a problemáticas biomédicas, agropecuarias, industriales y/o ambientales, para aportar resultados respaldados por la validación de los procesos empleados, en beneficio de la salud y la economía de la comunidad.
3. Contribuir al diagnóstico de enfermedades autoinmunes, metabólicas e infecciosas a través del estudio bioquímico de la respuesta celular en los seres vivos, para coadyuvar en el tratamiento que garantice un estado óptimo de salud.

5. Representación gráfica:

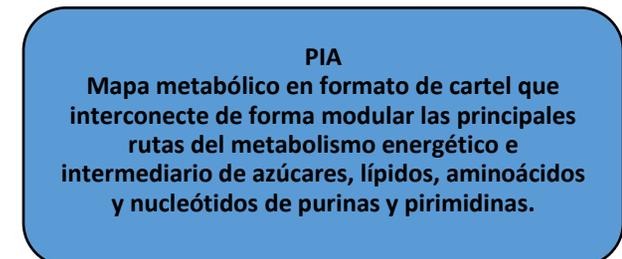
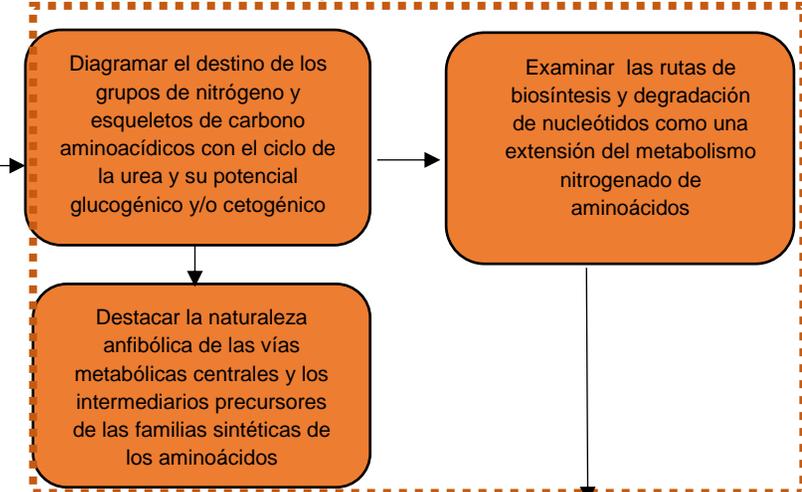
Fase 1: (Fundamentos del metabolismo y rutas del metabolismo de azúcares)



Fase 2: (Metabolismo aerobio y rutas del metabolismo lipídico)



Fase 3: (Metabolismo nitrogenado de aminoácidos y nucleótidos)



6. Estructuración en etapas o fases:

Fase 1. Fundamentos del metabolismo y metabolismo de azúcares.

Elemento de competencia: Identificar la lógica bioenergética del ATP y las coenzimas redox, para discutir la forma como las rutas centrales del metabolismo de azúcares contribuyen a la obtención de energía por las células.

Evidencias de aprendizaje	Criterios de desempeño	Actividades de aprendizaje	Contenidos	Recursos
Cuadro sinóptico sobre rutas del metabolismo de azúcares (glucólisis, glucogenólisis, gluconeogénesis, ruta de las pentosas) (Evidencia 1)	<p>Incluye todos y cada uno de los caminos bioquímicos indicados en las instrucciones.</p> <p>Utiliza todos los elementos requeridos para su desarrollo.</p> <p>Organiza la información aplicando su inventiva y la presenta de forma clara, concisa y ordenada.</p> <p>Las fuentes de consulta son coherentes con los contenidos de la evidencia y se citan en el formato apropiado.</p>	<p>El docente comienza con la explicación del encuadre de la unidad de aprendizaje.</p> <p>El profesor expone los conceptos introductorios de metabolismo y el diseño de mapas metabólicos, haciendo énfasis en el papel del ATP y las coenzimas redox en la conservación y uso de energía metabólica a través de reacciones enzimáticas acopladas.</p> <p>El profesor expone los temas sobre las vías del catabolismo de azúcares y de biosíntesis y movilización del</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño e interpretación de mapas metabólicos. • Importancia de los modelos microbianos en el estudio del metabolismo. • Metabolismo y el principio de identidad bioquímica. • Tendencias actuales en el estudio del metabolismo. • Conceptos básicos del metabolismo y fundamentos de bioenergética. • Naturaleza bioquímica del ATP y transferencia de grupos de fosforilo en la conservación de energía. • Reacciones de oxidoreducción y función de las coenzimas NAD⁺ y FAD 	<p>Equipo de computo</p> <p>Utilería de Office</p> <p>Aula y Laboratorio</p> <p>Pintarrón</p> <p>Guías instruccionales que se encontrarán en la plataforma educativa</p> <p>Presentaciones electrónicas</p> <p>Ejercicios grupales como discusiones</p> <p>Preguntas aleatorias individuales y por equipos</p> <p>Ejercicios prácticos</p>

		<p>glucógeno, haciendo énfasis en las reacciones de conservación de energía y aquellas que interconectan las diferentes vías del metabolismo de azúcares, así como los destinos metabólicos del piruvato bajo condiciones anaeróbicas o aeróbicas y como precursor para la gluconeogénesis.</p> <p>Posteriormente este conocimiento será utilizado para aplicarlo en la segunda parte del curso, donde el profesor hará énfasis en el metabolismo aeróbico y metabolismo de lípidos.</p> <p>El estudiante identifica la información de mayor importancia y registra los apuntes pertinentes.</p>	<p>en la conservación de energía.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bioquímica de la digestión de carbohidratos. • Glucólisis. • Gluconeogénesis. • Vía de las pentosas fosfato. • Metabolismo de otros azúcares importantes. • Metabolismo del glucógeno. 	<p>Lecturas digitales en formato PDF sobre la importancia de los modelos microbianos para el estudio del metabolismo celular y desarrollo de la ingeniería metabólica que serán compartidas en la plataforma educativa como archivos de apoyo</p> <p>(por ej. Metabolic Engineering of <i>Saccharomyces cerevisiae</i>. Available at: https://journals.asm.org/doi/epub/10.1128/MMBR.64.1.34-50.2000)</p> <p>Bibliografía:</p> <p>Biochemical Pathways http://biochemical-pathways.com</p> <p>Metabolic Pathways http://www.metabolicpathways.teithe.gr/</p>
--	--	--	---	---

		<p>El estudiante resuelve de manera guiada por el profesor los ejercicios de aplicación y reflexión sobre principios de energética celular y la lógica bioenergética del ATP, ligados con el ejercicio integrador de aprendizaje 1</p> <p>Análisis grupal del diseño e interpretación de los mapas metabólicos utilizando los recursos de la internet.</p> <p>El estudiante realiza una práctica sobre metabolismo anaerobio (fermentación de azúcares)</p> <p>Análisis grupal de los resultados obtenidos para aclaración de dudas sobre la práctica de fermentación de azúcares</p>		<p>Interactive Metabolic Pathways</p> <p>https://www.sigmaaldrich.com/MX/es/technical-documents/technical-article/research-and-disease-areas/metabolism-research/interactive-metabolic-pathways-map</p>
--	--	---	--	--

		<p>El estudiante presenta el primer examen parcial (Actividad ponderable 1.1)</p> <p>El estudiante entrega el reporte de resultados de la práctica fermentación de azúcares (Actividad ponderable 1.2)</p> <p>El estudiante entrega los resultados del ejercicio integrador de aprendizaje 1: Los azúcares como combustibles biológicos (Actividad ponderada 1.3)</p> <p>El estudiante entrega el PIA fase 1: Caminos bioquímicos del metabolismo de azúcares</p>		
--	--	---	--	--



Universidad Autónoma de Nuevo León
Facultad de Ciencias Biológicas
Químico Bacteriólogo Parasitólogo
Programa analítico



Fase 2. Metabolismo aeróbico y rutas del metabolismo lipídico.

Elemento de competencia: Destacar la naturaleza anfibólica de las rutas del metabolismo aerobio, así como las vías de metabolismo de lípidos para fundamentar procesos bioquímicos de conservación de energía y su utilización en la biosíntesis de precursores de macromoleculares y membranas biológicas.

Evidencias de aprendizaje	Criterios de desempeño	Actividades de aprendizaje	Contenidos	Recursos
Mapas conceptuales sobre rutas del metabolismo aerobio y lipídico (ciclo de Krebs, transporte de electrones y fosforilación, β -oxidación de ácidos grasos, biosíntesis de fosfoglicéridos y biosíntesis del colesterol) (Evidencia 2)	<p>Incluye todos y cada uno de los caminos bioquímicos indicados en las instrucciones.</p> <p>Utiliza todos los elementos requeridos para su desarrollo.</p> <p>Organiza la información aplicando su inventiva y la presenta de forma clara, concisa y ordenada.</p> <p>Las fuentes de consulta son coherentes con los contenidos de la evidencia y se citan en el formato apropiado.</p>	<p>El profesor expone los temas sobre el metabolismo aeróbico y metabolismo lipídico, haciendo énfasis en las reacciones de oxidoreducción para la conservación de energía, y el carácter anfibólico del ciclo del ácido cítrico.</p> <p>Posteriormente, este conocimiento será utilizado para aplicarlo en la tercera parte del curso, donde el profesor hará énfasis en el metabolismo nitrogenado de aminoácidos y nucleótidos de purinas y pirimidinas.</p> <p>El estudiante identifica la información de mayor</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ciclo del ácido cítrico. • Transporte electrónico. • Fosforilación oxidativa. • Balance energético para la oxidación total de glucosa. • Bioquímica de la digestión de lípidos: La fuente exógena. • Movilización de triglicéridos de reserva: La fuente endógena. • Oxidación de ácidos grasos. • Energética de la oxidación del ácido palmítico. • Ácidos grasos como combustibles biológicos. • Catabolismo de los ácidos grasos y la formación de cuerpos cetónicos. • Biosíntesis de ácidos grasos • Familias biosintéticas de los ácidos grasos. • Ácidos grasos esenciales y no esenciales: Las series 	<p>Equipo de computo</p> <p>Utilería de Office</p> <p>Aula y Laboratorio</p> <p>Pintarrón</p> <p>Guías instruccionales que se encontrarán en la plataforma educativa</p> <p>Presentaciones electrónicas</p> <p>Ejercicios grupales como discusiones</p> <p>Preguntas aleatorias individuales y por equipos</p> <p>Ejercicios prácticos</p>

		<p>importancia y registra los apuntes pertinentes.</p> <p>El profesor proyecta y explica video-materiales de la red sobre la estructura de la ATP sintasa y el proceso de la fosforilación oxidante.</p> <p>El estudiante analiza videos sobre el proceso de transporte electrónico y síntesis del ATP.</p> <p>El estudiante resuelve de manera guiada por el profesor los ejercicios de aplicación y reflexión sobre el conexión bioenergética del ciclo del ácido cítrico, la cadena respiratoria del transporte electrónico y la fosforilación oxidativa, ligados con el ejercicio integrador de aprendizaje 2</p> <p>El estudiante realiza una práctica sobre diseño de ensayos y cálculo de</p>	<p>biosintéticas de ácidos grasos ω-3, ω-6, ω-7, ω-9</p> <ul style="list-style-type: none"> • Biosíntesis de glicerofosfolípidos de membrana. • Biosíntesis de esfingolípidos de membrana. • Biosíntesis del colesterol. 	<p>Lecturas digitales en formato PDF, que serán compartidas en la plataforma educativa como archivos de apoyo, sobre el potencial de la ingeniería metabólica para el desarrollo de sistemas de producción de metabolitos primarios con base en el uso de microorganismos.</p> <p>(por ej. Metabolic engineering. Available at: https://link.springer.com/article/10.1007/s00253000511)</p>
--	--	--	---	--

		<p>unidades de actividad enzimática.</p> <p>Análisis grupal de los resultados obtenidos para aclaración de dudas sobre la práctica diseño de ensayos y cálculo de unidades enzimáticas.</p> <p>El estudiante presenta el segundo examen parcial (Actividad ponderable 2.1)</p> <p>El estudiante entrega el reporte de resultados de la práctica diseño de ensayos y cálculo de unidades de actividad enzimáticas. (Actividad ponderable 2.2)</p> <p>El estudiante entrega los resultados del ejercicio integrador de aprendizaje 2: Los triglicéridos como combustibles biológicos (Actividad ponderada 2.3)</p> <p>El estudiante entrega el PIA fase 2: Caminos bioquímicos del</p>		
--	--	--	--	--



Universidad Autónoma de Nuevo León
Facultad de Ciencias Biológicas
Químico Bacteriólogo Parasitólogo
Programa analítico



		metabolismo aerobio y metabolismo lipídico.		
--	--	---	--	--

Fase 3. Metabolismo nitrogenado de aminoácidos y nucleótidos

Elemento de competencia: Ilustrar el funcionamiento del metabolismo nitrogenado para integrarlo a las rutas centrales del metabolismo energético e intermediario.

Evidencias de aprendizaje	Criterios de desempeño	Actividades de aprendizaje	Contenidos	Recursos
Reporte de aprendizaje basado en problemas del metabolismo a nivel bioquímico.	<p>Incluye todos y cada uno de los planteamientos indicados en las instrucciones.</p> <p>Utiliza todos los elementos requeridos para su desarrollo.</p> <p>Presenta su reporte de forma clara, concisa y ordenada.</p> <p>Las fuentes de consulta son coherentes con los contenidos de la evidencia y se reportan en el formato apropiado.</p>	<p>El profesor explica los temas de metabolismo nitrogenado de aminoácidos haciendo énfasis en carácter anfibólico de las rutas centrales aportando precursores para la biosíntesis, el potencial glucogénico o cetogénico de los aminoácidos, las familias biosintéticas de los aminoácidos estándar y los aminoácidos como precursores para la biosíntesis de nucleótidos.</p> <p>El estudiante identifica la información de mayor importancia y registra los apuntes pertinentes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Bioquímica de la digestión de proteínas. Recambio proteico. Catabolismo de aminoácidos. Aminoácidos glucogénicos y cetogénicos. Biosíntesis de aminoácidos. Familias Biosintéticas de Aminoácidos. Aminoácidos esenciales y no esenciales en humanos. Biosíntesis de nucleótidos de purinas y pirimidinas. 	<p>Equipo de computo</p> <p>Utilería de Office</p> <p>Aula y Laboratorio</p> <p>Pintarrón</p> <p>Guías instruccionales que se encontrarán en la plataforma educativa</p> <p>Presentaciones electrónicas en formato de Power Point</p> <p>Ejercicios grupales como discusiones</p>

		<p>El profesor explica e integra las rutas de biosíntesis de nucleótidos de purinas y pirimidinas.</p> <p>El estudiante resuelve de manera guiada por el profesor los ejercicios de aplicación y reflexión sobre el metabolismo nitrogenado, ligados con el ejercicio integrador de aprendizaje 3.</p> <p>El estudiante realiza una práctica sobre cinética enzimática.</p> <p>Análisis grupal de los resultados obtenidos para aclaración de dudas sobre la práctica cinética enzimática.</p> <p>El estudiante presenta el tercer examen parcial (Actividad ponderable 3.1).</p> <p>El estudiante entrega el reporte de resultados de la práctica cinética enzimática. (Actividad ponderable 3.2)</p> <p>El estudiante entrega el ejercicio integrador de</p>	<ul style="list-style-type: none"> Integración de las rutas biosintéticas de nucleótidos. Lógica bioenergética en ensamble de los ácidos nucleicos: La frontera entre la bioquímica metabólica y la biología molecular y celular. Degradación de nucleótidos de purinas y pirimidinas y ensamble de nucleótidos por la vía de reutilización. 	<p>Preguntas aleatorias individuales y por equipos</p> <p>Ejercicios prácticos</p> <p>Lecturas digitales en formato PDF que serán compartidas en la plataforma educativa como archivos de apoyo sobre metabolismo nitrogenado e ingeniería metabólica en bacterias del ácido láctico. (por ej. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8149962/pdf/fbioe-09-612285.pdf)</p>
--	--	--	---	---



Universidad Autónoma de Nuevo León
Facultad de Ciencias Biológicas
Químico Bacteriólogo Parasitólogo
Programa analítico



		<p>aprendizaje 3: Relación metabólica precursor-producto entre aminoácidos y nucleótidos de purinas y pirimidinas (Actividad ponderable 3.3).</p> <p>El estudiante entrega el PIA 3: Caminos bioquímicos del metabolismo nitrogenado de aminoácidos y nucleótidos.</p>		
--	--	--	--	--

7. Evaluación integral de procesos y productos.

FASE I		
EXAMEN	Primer examen parcial (Actividad ponderable 1.1)	11 %
	Reporte de practica 1 (Actividad ponderable 1.2)	2 %
	Ejercicio integrador 1 (Actividad ponderable 1.3)	4 %
EVIDENCIA	Evidencia de aprendizaje 1	7 %
PIA	Mapa metabólico metabolismo de azúcares	10 %
SUBTOTAL		34 %
FASE II		
EXAMEN	Segundo examen parcial (Actividad ponderable 2.1)	11 %
	Reporte de practica 2 (Actividad ponderable 2.2)	2 %
	Ejercicio integrador 2 (Actividad ponderable 2.3)	4 %
EVIDENCIA	Evidencia de aprendizaje 2	6 %
PIA	Mapa metabólico metabolismo aerobio y lipídico	10 %
SUBTOTAL		33 %
FASE III		
EXAMEN	Tercer examen parcial (Actividad ponderable 3.1)	10 %
	Reporte de practica 3 (Actividad ponderable 3.2)	2 %
	Ejercicio integrador 3 (Actividad ponderable 3.3)	4 %



Universidad Autónoma de Nuevo León
Facultad de Ciencias Biológicas
Químico Bacteriólogo Parasitólogo
Programa analítico



EVIDENCIAS	Evidencia de aprendizaje 3	7 %
PIA	Mapa integrado sobre las vías centrales del metabolismo energético e intermediario	10 %
	SUBTOTAL	33 %
	TOTAL	100%

8. Producto Integrador del Aprendizaje de la unidad de aprendizaje:

Mapa metabólico en formato de cartel que interconecte las principales rutas del metabolismo energético e intermediario de azúcares, lípidos, aminoácidos y nucleótidos de purinas y pirimidinas.

INSTRUCCIONES	<ol style="list-style-type: none"> 1- El estudiante revisa los materiales descriptivos sobre los caminos bioquímicos del metabolismo energético e intermediario 2- El estudiante desarrolla un mapa metabólico que interconecte los caminos bioquímicos principales de los metabolismos de azúcares, aerobio, lipídico y nitrogenado (puede ser modular) 3- El estudiante entrega el mapa en el tiempo y la forma acordadas con el profesor
Criterios de evaluación:	<p>Criterios de fondo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grado de cobertura: Representa en el mapa metabólico todas la rutas metabólicas solicitadas. • Pertinencia del documento: Incluye todos los intermediarios metabólicos y los interconecta de forma apropiada. <p>Criterios de forma</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inventiva: Aplica su iniciativa en el diseño del documento. • Presentación: Utiliza imágenes y elementos gráficos claros y ordenados en la presentación de la evidencia.
Modalidad:	Trabajo en equipo, Entrega individual

9. Fuentes de consulta:



Universidad Autónoma de Nuevo León
Facultad de Ciencias Biológicas
Químico Bacteriólogo Parasitólogo
Programa analítico



BIOCHEMICAL NOMENCLATURE COMMITTEES Home Page. Available at : <http://www.chem.qmul.ac.uk/iupac/jcbr/>
(última fecha acceso 20 de septiembre de 2020)

Campbell, M.K. & Farrell, S.O. (2015). *Bioquímica*. México, D.F., México. Cengage Learning Latinoamérica.

ExPASy-SIB Bioinformatics Resource Portal Home Page. Available at: <http://www.expasy.org/> (última fecha acceso 20 de septiembre de 2020).

Kalogiannis S, Pagkalos I, Koufoudakis P, Dashi I, Pontikeri K, Christodoulou C.(2014) *Integrated interactive chart as a tool for teaching metabolic pathways*. *Biochem Mol Biol Educ*; 42(6):501-6. doi: 10.1002/bmb.20820. Available at: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/bmb.20820/abstract> (última fecha acceso 20 de septiembre de 2020).

McKee, T. & McKee, J. R. (2009). *Bioquímica: Las Bases Moleculares de la Vida*. México, D.F., México. Mc Graw-Hill Interamericana.

Nelson, D.L. & Cox, M.M. (2006). *Lehninger Principios de Bioquímica*. México, D.F. México. Ediciones Omega.

RCSB PDB Home Page. Available at: <http://www.pdb.org/pdb/home/home.do>. (última fecha acceso 20 de septiembre de 2020).