



Programa de la asignatura:

Bioquímica

U1

Principios de bioquímica



DCSBA



BIOTECNOLOGÍA



Índice

Presentación de la unidad.....	2
Propósitos.....	2
Competencia específica.....	3
Ruta de aprendizaje.....	4
1.1. Introducción al metabolismo.....	5
1.1.1 Catabolismo.....	10
1.1.2. Importancia celular del catabolismo.....	11
1.1.3 Anabolismo.....	12
1.1.4. Importancia celular del anabolismo.....	14
1.2. Proteínas.....	17
1.2.1. Clasificación e importancia bioquímica de las proteínas.....	18
1.2.2. Capacidad catalítica de las proteínas.....	20
1.3 Generación de moléculas de energía.....	23
1.3.1. Importancia del ATP y el NADH en el metabolismo celular.....	24
1.3.2. Síntesis de ATP.....	26
1.3.3 Fosforilación oxidativa.....	27
1.3.4. Fotosíntesis.....	31
Actividades.....	37
Autorreflexiones.....	37
Cierre de la unidad.....	40
Para saber más.....	41
Fuentes de consulta.....	42



Presentación de la unidad

La bioquímica es una ciencia fundamental para la comprensión de los procesos que se llevan a cabo en las células de los seres vivos, puesto que su objeto de estudio son las biomoléculas, es decir, las moléculas que conforman las células y llevan a cabo todas sus funciones.

Estas también están presentes en muchos productos biotecnológicos, como los detergentes que contienen enzimas que ayudan a la remoción de grasas, o en complementos alimenticios, productos farmacéuticos, biológicos y biotecnológicos. Esta ciencia tiene grandes aplicaciones en tu futura vida profesional.

En esta asignatura, se abordan los procesos de síntesis y degradación que conforman el metabolismo de las células. Como las características y estructuras fundamentales de las biomoléculas se revisaron en la asignatura de Química, en esta primera unidad vamos a entrar de lleno a analizar los principios básicos y definiciones del metabolismo, conocerás las principales moléculas de energía y cómo se sintetizan, dado que estas intervienen en todos los procesos metabólicos que estudiaremos en la asignatura.

Propósitos



Esta unidad tiene el propósito de:

- Diferenciar los conceptos de bioquímica y metabolismo.
- Distinguir entre un proceso anabólico y uno catabólico.
- Catalogar las funciones de las proteínas en los procesos bioquímicos
- Destacar las propiedades catalíticas de las proteínas.
- Describir el papel de las moléculas de energía dentro de las rutas metabólicas.
- Distinguir los procesos mediante los cuales son generadas.



- Examinar el proceso de generación de energía por fotosíntesis en las plantas.

Competencia específica



Identificar la influencia de las proteínas y de las moléculas de energía en los procesos de anabolismo y catabolismo, para sentar las bases del metabolismo, mediante el estudio de la función de las biomoléculas.





1.1. Introducción al metabolismo

Antes de sumergirnos en el contenido de la asignatura, revisa la infografía que se muestra en la página anterior y que te permitirá tener un panorama completo de los contenidos que revisaremos en esta unidad, en caso de que tengas alguna pregunta o inquietud, consúltalo con tu docente en línea.

Las ciencias biológicas, se dedican al estudio de la vida como un estado energético, de todos los seres vivos, de sus interrelaciones y de sus relaciones con el medio ambiente que los rodea. De acuerdo con esta definición, la Biología se apoya de muchos campos de estudio que hacen más fácil la comprensión e interpretación de sucesos en los seres vivos. Te has preguntado en alguna ocasión ¿Cómo es la interacción entre célula y célula que constituyen a los seres vivos? o ¿Cuáles son las reacciones que hay dentro de cada ser vivo?

La bioquímica es la ciencia que se encarga del estudio de la estructura molecular de los seres vivos y de los procesos que implican transformaciones de la materia, de las sustancias químicas implicadas en los procesos moleculares y explica las transformaciones que sufren las biomoléculas para dar como resultado el tan maravilloso cuerpo humano, así como la estructura de todo ser viviente.

Bioquímica

Ciencia derivada de la química que estudia los compuestos y las reacciones químicas presentes en los organismos vivos.

La bioquímica describe en términos moleculares aquellas estructuras, mecanismos y procesos químicos compartidos por todos los organismos; asimismo, proporciona los principios de organización que subyacen en todas las formas de vida, los cuales colectivamente son nombrados como la lógica molecular de la vida. Aunque la bioquímica proporciona conocimientos y aplicaciones prácticas que son importantes en medicina, agricultura, nutrición e industria, su preocupación última es el prodigio de la vida misma.

Uno de los objetos de estudio más importantes de la bioquímica son los procesos celulares que ocurren dentro de los organismos vivos, los cuales extraen, transforman y usan energía de su entorno, generalmente en forma de nutrientes químicos o como luz solar. Estos procesos les permiten construir y mantener sus propias estructuras complejas y realizar trabajo mecánico, químico, osmótico, etc. (Nelson y Cox, 2000) Todas estas reacciones



que se llevan a cabo en las células e involucran biomoléculas son definidas como metabolismo.

Todos los seres vivos, sin excepción estamos constituidos por biomoléculas, las biomoléculas son llamadas de esta manera porque en su conjunto dan como resultado seres vivos extraordinarios.

Están constituidas por elementos químicos que en su conjunto forman a seres complejos llamados seres vivos. El carbono, hidrogeno, oxigeno, nitrógeno y en menor cantidad el azufre y el fosforo, son los responsables de generar dichas moléculas.

Pero ¿Cómo podemos explicar la maquinaria que hace que estos elementos químicos que forman biomoléculas puedan subsistir y ayudar al mantenimiento de todos los seres vivos?

Metabolismo

El **metabolismo** es el conjunto de reacciones química que realiza la célula para poder vivir.

El metabolismo es una actividad coordinada y dinámica de la suma de todas las reacciones catalizadas por enzimas de un ser vivo y las cuales están organizadas en rutas. Cada ruta bioquímica está formada por varias reacciones que se producen secuencialmente, es decir, el producto de una reacción es el reactante de la siguiente, y así sucesivamente.

Todas las características de los seres vivos, su organización compleja y sus capacidades para crecer y reproducirse, son el resultado de procesos bioquímicos coordinados y finalistas. El metabolismo, la suma total de estos procesos, es posible por el flujo de energía y nutrientes y por las miles de reacciones bioquímicas, cada una de ellas catalizadas por una enzima específica.

Las funciones primarias del metabolismo son:

- A) La adquisición y utilización de energía.
- B) La síntesis de moléculas necesarias para la estructura y el funcionamiento de las células.
- C) El crecimiento y desarrollo
- D) La eliminación de los productos de desecho.



Para poder lograr cumplir estas funciones primarias, las células llevan a cabo una gran cantidad de reacciones metabólicas; las cuales no son independientes, sino que están asociadas formando las denominadas **rutas o vías metabólicas**. Existen diferentes tipos de reacciones que participan dentro de las rutas metabólicas: sustitución nucleofílica, eliminación, adición, isomerización y oxidación-reducción (McKee y McKee, 2003).

Existen dos clases principales de rutas metabólicas: las anabólicas y las catabólicas. En las **rutas anabólicas o de biosíntesis**, se sintetizan grandes moléculas complejas a partir de precursores más pequeños. Los bloques de construcción (aminoácidos, azúcares y ácidos grasos), producidos o adquiridos del alimento, se incorporan en moléculas grandes más complejas. Dado que la biosíntesis aumenta el orden y la complejidad, las rutas anabólicas requieren un aporte de energía. Entre los ejemplos de procesos anabólicos se encuentran la síntesis de polisacáridos y proteínas a partir de azúcares y aminoácidos, respectivamente. Durante las **rutas catabólicas** se degradan moléculas grandes y complejas a productos más pequeños y sencillos. Cabe mencionar que algunas rutas catabólicas liberan energía, la cual se captura y se utiliza para impulsar las reacciones anabólicas (McKee y McKee, 2003).

Enlace

Recuerda que en la asignatura de “Química” estudiaste las principales biomoléculas, su estructura y características; por lo que es importante que tengas en mente esos conceptos para aplicarlos en los diferentes procesos metabólicos que a continuación revisaremos.

En la Figura 1 se explica la relación entre los procesos que se llevan a cabo en las rutas anabólicas y catabólicas dentro de las células de los seres vivos. Al degradarse las moléculas nutrientes, la energía y el poder reductor se conservan en las moléculas de ATP y NADH, respectivamente. Los procesos de biosíntesis utilizan metabolitos del catabolismo, ATP sintetizado y NADPH (dinucleótido de nicotinamida y adenina fosfato reducido, una fuente de poder reductor, es decir, electrones de energía elevada), para crear estructuras y funciones complejas.

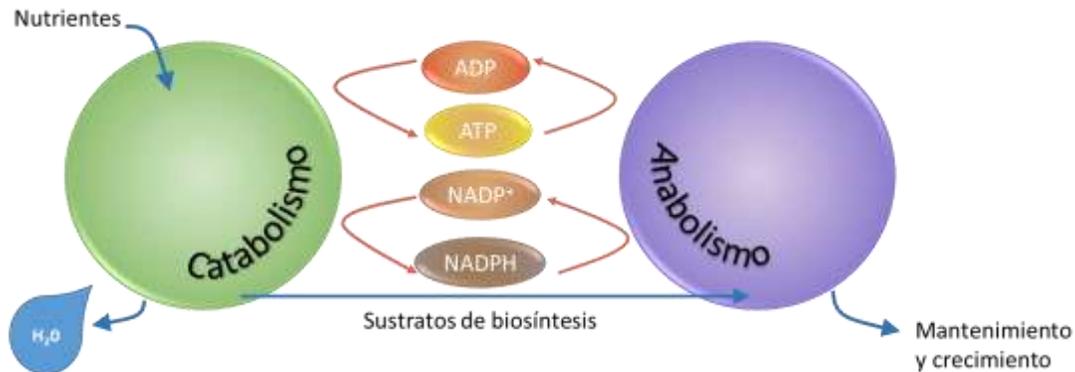


Figura 1. Anabolismo y catabolismo. Las rutas catabólicas transforman los nutrientes en moléculas pequeñas generando moléculas de energía que impulsan las reacciones anabólicas.

Modificado de: McKee y McKee, 2003.

Mediante las distintas reacciones que intervienen en una ruta metabólica, un sustrato inicial se transforma en producto final, y los compuestos intermedios se denominan **metabolitos**. Todas estas reacciones están catalizadas por **enzimas específicas**.

El término **metabolismo intermediario** se aplica a menudo a las actividades combinadas de todas las rutas metabólicas que interconvierten precursores, metabolitos y productos de baja masa molecular.

Existen diferentes tipos de rutas metabólicas:

- A) **Lineales:** generan una serie de reacciones con un único precursor y producto final.
- B) **Ramificadas:** dan varios productos finales útiles a partir de un solo precursor, convirtiendo varios materiales de partida en un solo producto.
- C) **Convergentes:** a partir de varios elementos precursores se forma un compuesto más complejo, como en el caso de las rutas catabólicas.
- D) **Divergentes:** de un compuesto complejo se generan varios elementos más sencillos, como las rutas anabólicas.
- E) **Cíclicas:** uno de los componentes iniciales de la ruta se regenera en una serie de reacciones que convierten otro material de partida en un producto.

Las células vivas no sólo sintetizan simultáneamente miles de clases diferentes de moléculas de glúcidos, grasas, proteínas y ácidos nucleicos, sino que lo hacen en las proporciones necesarias para la célula. Por ejemplo: Cuando se produce un crecimiento celular rápido, se sintetizan grandes cantidades de precursores de proteínas y ácidos



nucleicos; mientras que en condiciones de no crecimiento las cantidades de estos precursores son menores. Esto se logra gracias a que las enzimas clave de cada ruta metabólica son reguladas, de manera que cada tipo de molécula precursora se sintetiza en la cantidad adecuada a las necesidades de la célula. Las células vivas también regulan la síntesis de sus propios catalizadores, las enzimas. Así, una célula puede detener la síntesis de una enzima necesaria para producir un compuesto dado, en caso de que éste se halle ya en el medio; todo esto indica que la célula tiene propiedades de **autoajuste y autorregulación**, manteniéndose en un estado estacionario dinámico a pesar de las fluctuaciones ambientales.

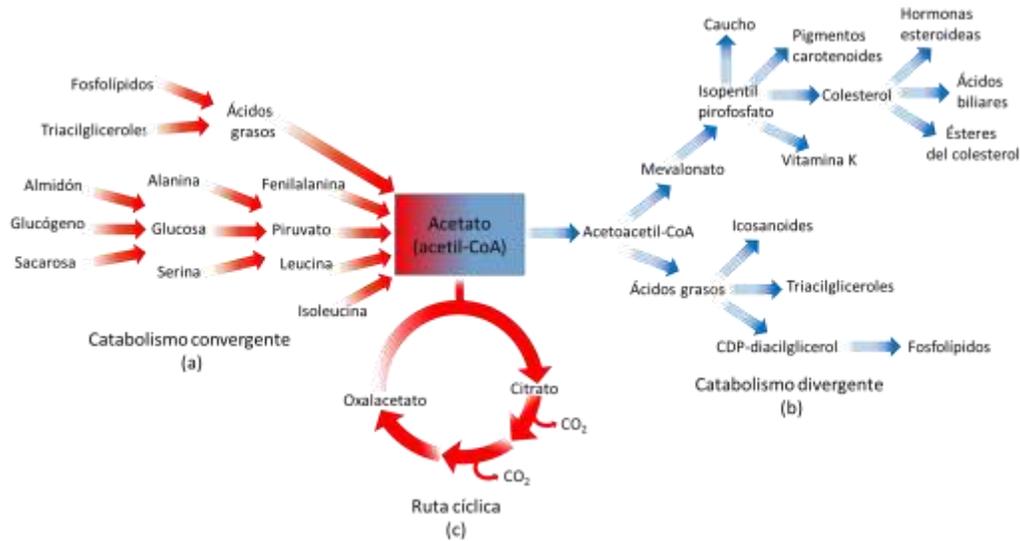


Figura 2. Tipos de rutas metabólicas no lineales. (a) Convergente, catabólica; (b) divergente, anabólica y (c) cíclica, en la que uno de los materiales de partida se regenera y vuelve a entrar en la ruta.

Modificado de: Nelson y Cox, 2000.



1.1.1 Catabolismo

Las rutas catabólicas liberan energía, parte de la cual se conserva en la formación de ATP y transportadores electrónicos reducidos (NADH, NADPH, FADH₂); el resto se pierde en forma de calor (Nelson y Cox, 2000).

Catabolismo

El catabolismo es la fase de degradación del metabolismo en la que moléculas nutrientes orgánicas más complejas (glúcidos, grasa y proteínas) se convierten en productos más pequeños y sencillos (ácido láctico, CO₂, NH₃).

Como ejemplos: mediante las rutas catabólicas se obtendrán aminoácidos a partir de proteínas, monosacáridos de los polisacáridos, nucleótidos de los ácidos nucleicos y ácidos grasos a partir de los lípidos (figura 3).

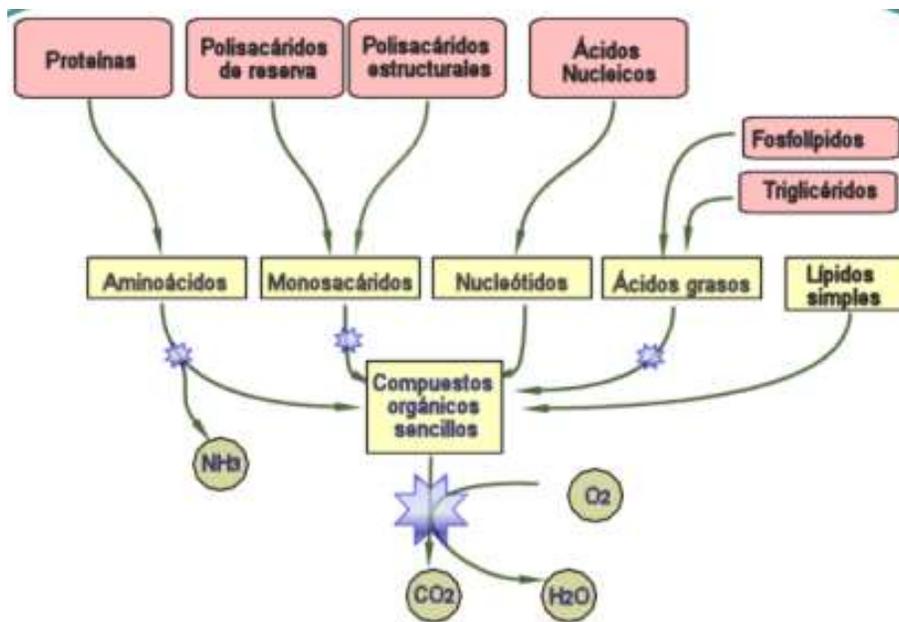


Figura 3. Esquematación de los procesos catabólicos. Se muestra como a partir de biomoléculas complejas (cuadro rosa) se generan moléculas más sencillas (cuadros amarillos) con liberación de otras moléculas como agua, oxígeno y dióxido de carbono (círculos verdes).



En el catabolismo se llevan a cabo diferentes tipos de reacciones:

- A) **Degradativas**, mediante ellas los compuestos complejos se transforman en otros más sencillos.
- B) **Oxidativas**, mediante las cuales se oxidan los compuestos orgánicos reducidos, liberándose electrones que son captados por coenzimas oxidadas que se reducen.
- C) **Exergónicas**, en las que se libera energía que se almacena en forma de ATP.

Fases del catabolismo

Fase inicial o preparatoria

En esta fase las grandes moléculas de los elementos nutritivos se degradan hasta liberar sus principales componentes (los polisacáridos se degradan en monosacáridos; los lípidos a ácidos grasos y glicerina, y las proteínas liberan sus aminoácidos).

Fase intermedia

En ella los diversos productos formados en la fase inicial son convertidos en una misma molécula más sencilla, como la Acetil-coenzima A.

Fase final

La molécula formada se incorpora a otros ciclos dando lugar a moléculas elementales CO_2 y H_2O .

1.1.2. Importancia celular del catabolismo

La obtención de moléculas simples es fundamental en la vida celular, porque de esta manera se obtendrán las biomoléculas necesarias para vivir. Así mismo, como veremos a lo largo de la unidad, en los procesos catabólicos se produce energía fundamentalmente del catabolismo de carbohidratos y lípidos.

El catabolismo comprende rutas que permiten llevar a cabo la degradación de todas y cada una de las biomoléculas, lo que ayuda a las células en el proceso de renovación de sus componentes.



Es importante entender que todo el catabolismo celular está interrelacionado, que es mucho más complejo de lo que se presentará a continuación y que las rutas centrales involucran el catabolismo de los azúcares, tal y como puedes observar en la figura 4.

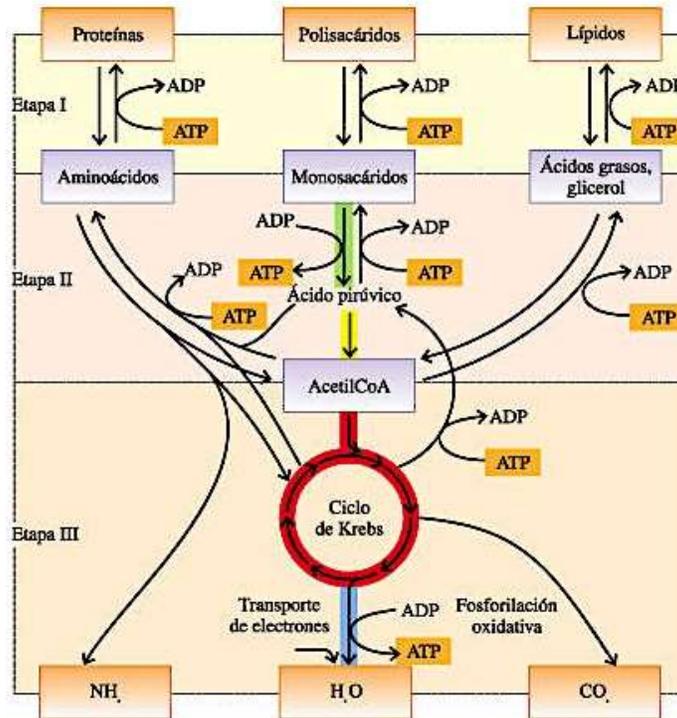


Figura 4. Interrelación entre el catabolismo de las diferentes biomoléculas. Se observa en la parte superior diferentes moléculas complejas que a través del metabolismo celular son convertidas en moléculas más pequeñas con la respectiva producción de energía.

Tomado de: (Curtis, 2009).

1.1.3 Anabolismo

La mayor parte de los constituyentes moleculares de los sistemas vivos se componen de átomos de carbono unidos covalentemente con otros átomos de carbono y con hidrógeno, oxígeno o nitrógeno. Las especiales propiedades de enlaces del carbono permiten la formación de una gran variedad de moléculas. Los compuestos orgánicos de masa molecular menor de aproximadamente 500 daltons, tales como los aminoácidos, nucleótidos y monosacáridos, sirven como subunidades monoméricas de macromoléculas: proteínas, ácidos nucleicos y polisacáridos. Una sola molécula de proteína puede estar



compuesta por 1000 o más aminoácidos, mientras que el ácido desoxirribonucleico posee millones de nucleótidos (Nelson y Cox, 2005).

Anabolismo

Se define como el conjunto de reacciones químicas que se llevan a cabo en la célula para sintetizar nuevos componentes a partir de compuestos de bajo peso molecular, para lo cual es necesaria la utilización de la energía obtenida a partir de los procesos catabólicos. Estas reacciones suelen recibir el nombre de biosíntesis.

En general, en las células, se lleva a cabo el catabolismo con mayor velocidad que el anabolismo ya que la energía producida no sólo se utiliza para la biosíntesis de biomoléculas, también es necesaria para el transporte de moléculas en contra de energía, como el movimiento celular, por ejemplo.

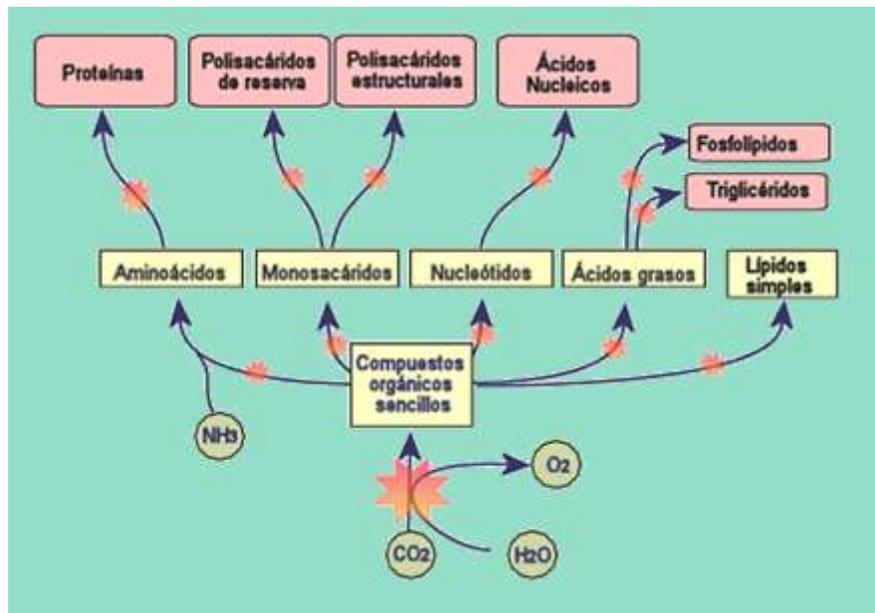


Figura 5. Esquema del anabolismo.

Se observa como a partir de moléculas sencillas (cuadro amarillo) se forman moléculas más complejas (cuadro rosa), los puntos rojos reflejan la necesidad de energía que se obtiene del ATP.

Tomado de: <http://metabolismobacterianomg.wikispaces.com/Anabolismo+bacteriano>



Durante el anabolismo se llevan a cabo diferentes tipos de reacciones:

- Síntesis**, mediante ellas a partir de compuestos sencillos se sintetizan otros más complejos.
- De reducción**, mediante las cuales compuestos oxidados se reducen, con la ayuda de coenzimas reducidas que les ceden sus electrones (NADH, FADH₂).
- Endergónicas** que requieren un aporte de energía que procede de la hidrólisis del ATP.

1.1.4. Importancia celular del anabolismo

La obtención de polímeros como los polisacáridos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos se generan a partir de la síntesis de los monómeros que lo conforman y en estas rutas se llevan a cabo reacciones de reducción y se suele necesitar energía durante el proceso. Justo lo contrario de lo que ocurría en los procesos catabólicos (Figura 6).

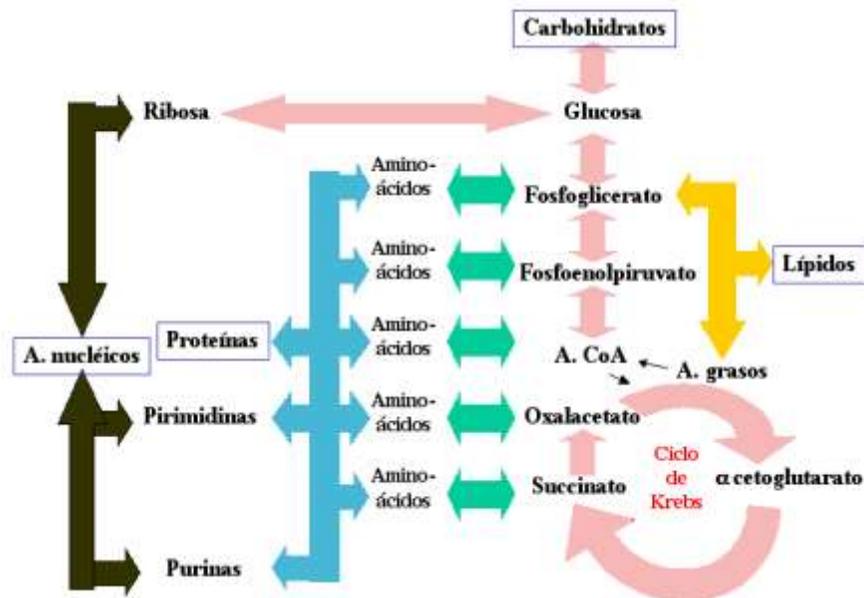


Figura 6. Principales rutas anabólicas en los microorganismos. Se observa la relación entre las principales rutas anabólicas de ácidos nucleicos (negro), carbohidratos (rosa), proteínas (azul) y lípidos (amarillo).

Tomado de: <http://www.ehu.es/~oivmoral/tema10.html>.



El anabolismo es una red de reacciones que involucra la síntesis de distintos polímeros y metabolitos secundarios (aceites, antibióticos, colorantes, etc.), de interés biotecnológico; estos metabolitos a su vez se van a introducir en rutas catabólicas, creando una red bioquímica muy compleja que logra cumplir con todas las funciones de una célula, como se observa en la figura 7.

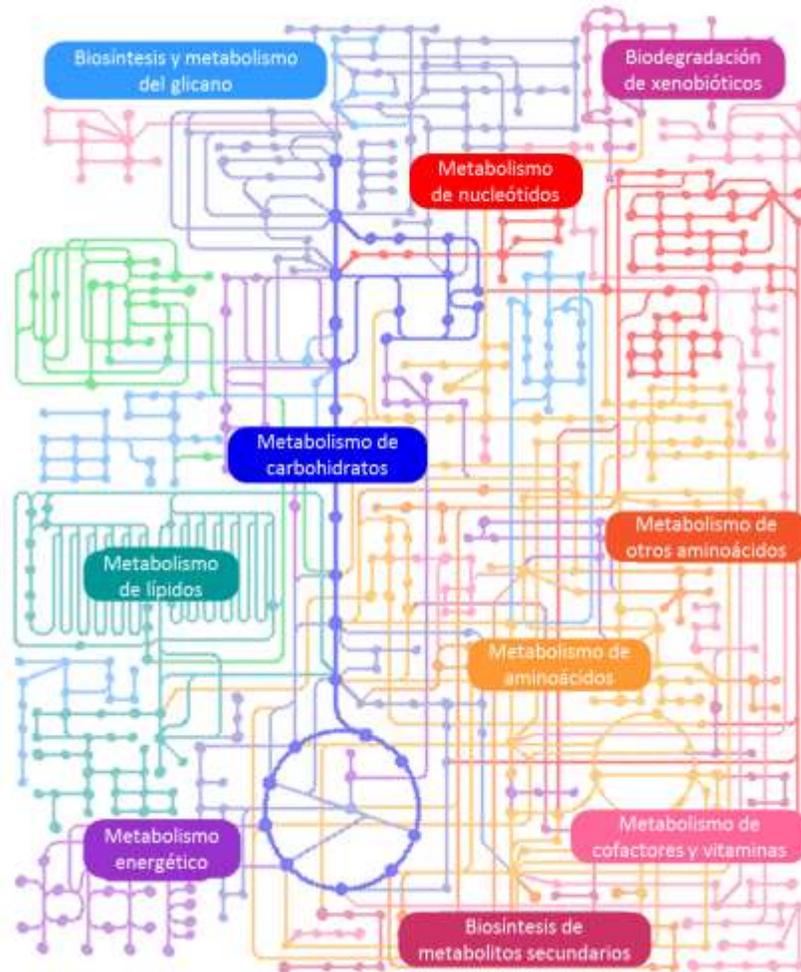


Figura 7. Imagen del mapa metabólico de una célula. Se muestran con diferentes colores los distintos procesos metabólicos de biomoléculas y las interacciones entre éstos.

Modificado de: <http://www.manet.uiuc.edu/2/images/pathways.gif>

Para la Biotecnología, el anabolismo es muy importante debido a la diversidad de aplicaciones industriales que tiene, por ejemplo: la obtención de **metabolitos secundarios** como aceites naturales o colorantes es ampliamente utilizada en la industria cosmética.



También se pueden biosintetizar compuestos con intereses farmacéuticos como antibióticos, anticancerígenos, prebióticos, antioxidantes, etc. Todo ello, será el resultado de alguna ruta anabólica que puede ser de tu interés.

Otro ejemplo de aplicación del estudio del metabolismo es la síntesis de aceites por su uso en la fabricación de **biodiesel**, una alternativa biológica y renovable al combustible fósil. Se utilizan materiales vegetales, algas o cianobacterias con alto contenido en triglicéridos como el aceite de palma, por ejemplo, que mediante reacciones de **transesterificación** (figura 8) es hidrolizado utilizando un alcohol ligero y se obtiene el biodiesel más la glicerina como subproducto que además es de alto valor agregado. En algunas ocasiones se utilizan lipasas de origen microbiológico (bacteriano o fúngico).

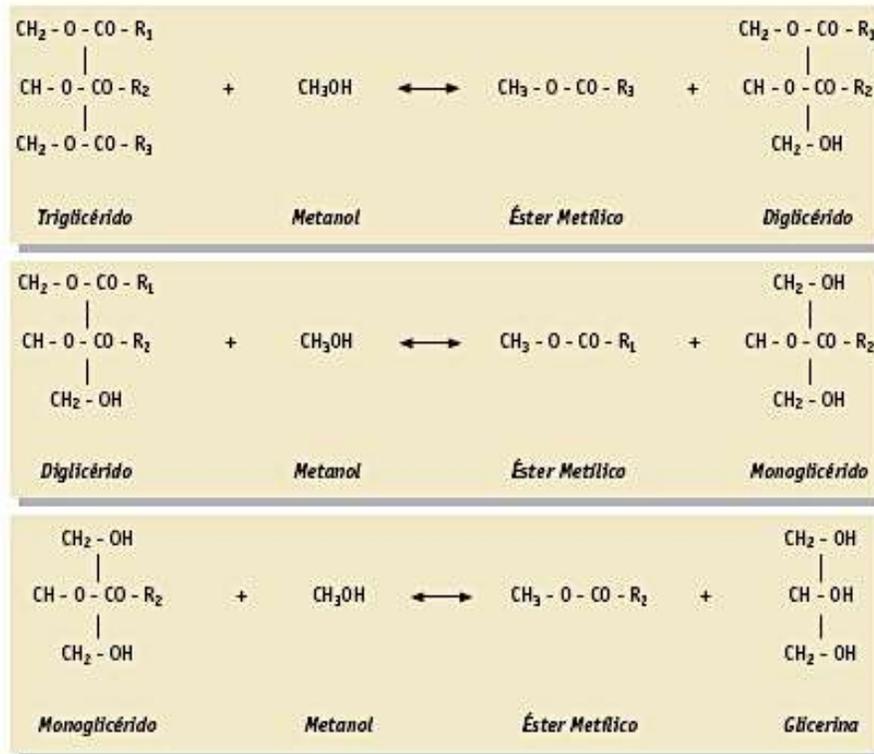


Figura 8. Procesos de transesterificación para la obtención de biodiesel. Se esquematizan las tres reacciones que se llevan a cabo para la formación de éster metílico con el subproducto glicerina.



1.2. Proteínas

Las proteínas se pueden considerar como los materiales de construcción de todos los organismos vivos. Su función es muy variada, forman parte de los tejidos y son consideradas como sustancias plásticas, al tener funciones de construcción y reparación de estructuras celulares; asimismo, presentan actividad biológica al participar en procesos de reparación, transporte, regulación, defensa, reserva y catálisis.

Todas las proteínas empiezan su existencia en un ribosoma como una secuencia lineal de residuos de aminoácidos y para alcanzar su conformación nativa, este polipéptido debe plegarse durante y después de su síntesis. Cambios ligeros en el entorno de una proteína pueden acarrear cambios estructurales que pueden afectar su función.

Enlaces

En la asignatura de “Química” revisaste la definición y estructura de las proteínas y en la de “Biología molecular” estudiarás el mecanismo completo de su síntesis, llamado proceso de traducción, por lo que en esta asignatura únicamente nos centramos en su clasificación e importancia bioquímica.

La mayoría de las proteínas se pueden desnaturalizar debido a que se afectan las interacciones débiles entre sus aminoácidos, esto ocurre bajo diferentes condiciones:

- Incremento de temperatura.
- Cambios bruscos en el pH.
- Contacto con disolventes orgánicos miscibles en agua como el alcohol o la acetona (Nelson y Cox, 2000).

Desnaturalización

Es la pérdida completa o incompleta de la estructura tridimensional de una proteína, suficiente para originar la pérdida de su función.



1.2.1. Clasificación e importancia bioquímica de las proteínas

Las proteínas participan en prácticamente todos los procesos bioquímicos y biológicos, pues son operadoras de la célula con funciones variadas, por ejemplo: la ausencia, presencia, déficit o sobreproducción de alguna de ellas provoca diversas enfermedades; estas biomoléculas fueron evolucionando hasta lograr especializarse, de tal manera que de acuerdo con su funcionalidad se pueden clasificar en (figura 9):

- Proteínas estructurales.** Brindan rigidez a la célula, por ejemplo el citoesqueleto (figura 9) que mantiene la forma celular y la integridad física.
- Proteínas transportadoras.** Controlan y permiten el paso de sustancias a través de las membranas lipídicas.
- Proteínas reguladoras.** Controlan y apoyan en diversas actividades, aquí encontramos a las enzimas que catalizan reacciones que generan energía, sintetizan y degradan biomoléculas, duplican y transcriben genes, etc.
- Proteínas señalizadoras.** Transmiten señales dentro y fuera de la célula, son receptores que permiten a éstas detectar y responder a hormonas y otras señales del entorno (figura 9).
- Proteínas motoras.** Son las que originan el movimiento y conforman los filamentos de actina y miosina, que a su vez forman la maquinaria contráctil del músculo (figura 10).

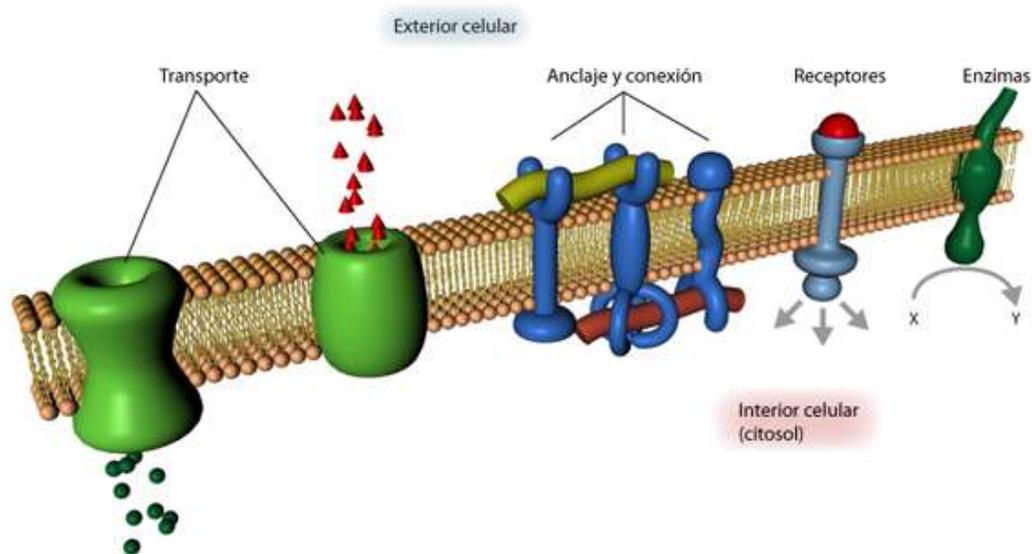


Figura 9. Tipos de proteínas por su función. Se muestran de izquierda a derecha las proteínas transportadoras, estructurales, señalizadoras y catalíticas.

Tomado de: http://www.wikillerato.org/La_membrana_plasm%C3%A1tica.html

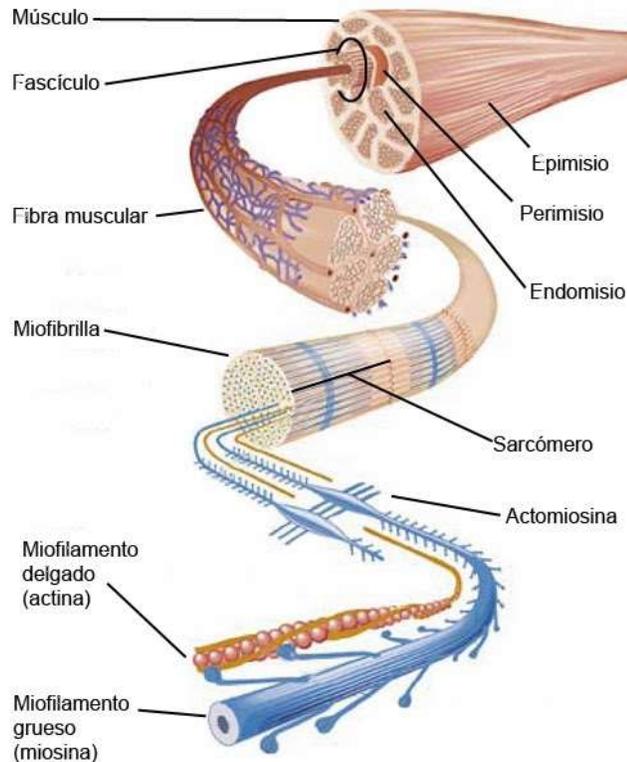


Figura 10. Proteínas motoras. Se muestran los túbulos de miosina en color azul y de actina en color naranja.

Tomado de: http://www.gominolasdepetroleo.com/2013/11/por-que-algunos-filetes-pierden-tanta_15.html

1.2.2. Capacidad catalítica de las proteínas

Una de las funciones más importantes de las proteínas es su papel como catalizadores, hasta hace poco tiempo se consideraba que todas las enzimas eran proteínas; sin embargo, se ha comprobado la existencia de varias moléculas de RNA catalíticas. Es muy importante esta actividad protéica, porque los procesos vivos se componen casi en su totalidad de reacciones bioquímicas que sin la ayuda de catalizadores no serían suficientemente rápidas para mantener la vida.



Una característica especial es que aceleran las velocidades de reacción sin una significativa inversión de energía, lo que disminuye sus requerimientos energéticos para la activación de las reacciones bioquímicas.

Las enzimas suelen catalizar reacciones con velocidades extraordinariamente elevadas (aumentando la velocidad hasta 10^6 veces), además son muy específicas para esas reacciones y tienen la capacidad de regularse (McKee y McKee, 2003).

Sitio activo

Región pequeña o hendidura dentro de una molécula proteica, al cual se une el sustrato y donde se lleva a cabo la actividad catalítica de la enzima.

La forma y distribución de carga del sitio activo restringe los movimientos y las conformaciones permitidas del sustrato, haciendo que éste se asemeje más al estado de transición. El **modelo llave-cerradura** de la acción enzimática, expuesto por Emil Fischer en 1890, explica en parte la especificidad enzimática. Cada enzima se une a un único tipo de sustrato debido a que el lugar activo y el sustrato poseen estructuras complementarias. Existe otro modelo llamado **del ajuste inducido**, de Daniel Koshland, en el que se tiene en cuenta la estructura flexible de las proteínas, donde las interacciones no covalentes entre la enzima y el sustrato modifican la estructura tridimensional del sitio activo, acoplando su forma a la del sustrato, dando lugar a una conformación llamada estado de transición (figura 11).

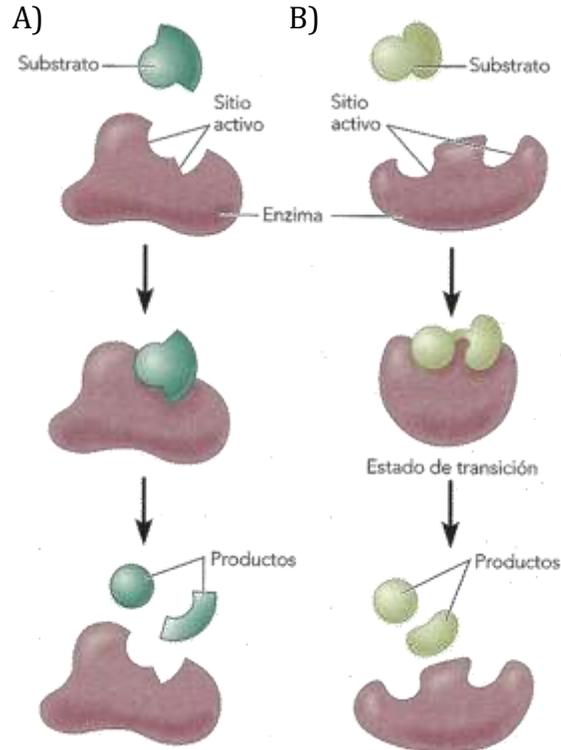


Figura 11. Modelos de acción enzimática. A) Modelo de llave y cerradura donde los sustratos se unen como piezas de un rompecabezas. B) Modelo de ajuste inducido donde las enzimas y sustratos pueden modificar su forma durante la unión.

Tomado de: <http://fisiolvegetal.blogspot.mx/2012/08/bioquimica-vegetal-basica-9-reacciones.html>

Aunque la actividad catalítica de algunas enzimas sólo depende de las interacciones entre los aminoácidos del sitio activo y el sustrato, otras enzimas requieren para sus actividades componentes no proteicos. Los **cofactores** enzimáticos pueden ser iones, como el Mg^{+2} o el Zn^{+2} , o moléculas orgánicas complejas, denominadas **coenzimas**. El componente proteico de una enzima que carece de un cofactor esencial se denomina **apoenzima**. Las enzimas intactas con sus cofactores unidos se llaman **holoenzimas**.

La **Enzyme Commission** es el organismo encargado en clasificar a todas las enzimas y lo hace a partir de un conjunto de dígitos que indican la clase de enzima y el tipo de reacción que cataliza.



Nomenclatura de enzimas

1. Escribir las siglas EC que indica que la nomenclatura a emplear es la de la *Enzyme Commission*.
2. Seleccionar el primer dígito de acuerdo a la clase de enzima.
3. Seleccionar el segundo dígito de acuerdo a la subclase de enzima.
4. Seleccionar el tercer dígito de acuerdo a la subclase de la subclase.
5. Seleccionar el cuarto dígito de acuerdo a la enzima específica.

Así por ejemplo, la enzima EC 2.7.1.1 nos denotaría que la enzima se trata de una Transferasa (clase 2), subclase 7 (transferencia de fosfato), subclase 1 (una función alcohol como aceptor de fosfato) y el último dígito denota a la enzima hexocinasa o ATP D-hexosa-6-fosfotransferasa.

La clasificación resulta un poco compleja por lo que en la actualidad se sigue utilizando el nombre convencional de las enzimas y que dan idea del sustrato que catalizan seguido por la terminación “asa”. Por ejemplo, la celulasa nos indica que hidroliza a la celulosa; la amilasa, hidroliza al almidón, de esta forma podemos distinguir un número importante de enzimas. La importancia de las enzimas en el metabolismo es fundamental, sin ellas sería imposible la vida (McKee y McKee, 2003).

Enlaces

Es importante que recuerdes estos principios de la función catalítica de las proteínas ya que en la asignatura de “Ingeniería de biorreactores I” estudiarás más a fondo la Teoría de la catálisis enzimática.

Las enzimas se agrupan en seis grandes clases de acuerdo a sus capacidades catalíticas:

- A) **Oxidoreductasas.** Catalizan reacciones de oxidación-reducción. Ejemplos: deshidrogenasas, oxidasas, oxigenasas, reductasas, peroxidasas e hidrolasas.
- B) **Transferasas.** Catalizan reacciones en las que hay una transferencia de grupos de una molécula a otra. Ejemplos: transcarboxilasas, transmetilasas y transaminasas.
- C) **Hidrolasas.** Catalizan reacciones en las que se produce la ruptura de enlaces por la adición de agua. Ejemplos: esterases, fosfatasas y peptidasas.



- D) **Liasas**. Catalizan reacciones en las que se eliminan grupos funcionales para formar un doble enlace o se añaden a un doble enlace. Ejemplos: liasas, descarboxilasas, hidratasas, deshidratasas, desaminasas, y sintasas.
- E) **Isomerasas**. Catalizan varios tipos de reordenamientos intramoleculares. Ejemplos: epimerasas y mutasas.
- F) **Ligasas**. Catalizan la formación de un enlace entre dos moléculas de sustrato con ayuda de la energía obtenida de la hidrólisis del ATP.

Cinética enzimática

Es el estudio cuantitativo de la catálisis enzimática, donde se miden las velocidades de reacción y la afinidad de las enzimas por los sustratos y los inhibidores, proporcionando también conocimientos sobre los mecanismos de la reacción.

1.3 Generación de moléculas de energía

Las células de los organismos dependen de un suministro constante de energía para poder llevar a cabo muchas de sus reacciones químicas, por ejemplo: el almacenamiento y la expresión de información tienen un coste energético, sin el cual las estructuras ricas en información se transforman inevitablemente en desordenadas y carentes de sentido; las reacciones sintéticas que tienen lugar en el seno de una célula requieren energía del mismo modo que los procesos sintéticos de cualquier industria; en el desplazamiento de una bacteria o de un atleta olímpico, en el destello de una luciérnaga o en la descarga eléctrica de una anguila también se consume energía. Las células han desarrollado mecanismos altamente eficaces para acoplar la energía obtenida de la luz solar o de los combustibles a los muchos procesos consumidores de energía que llevan a cabo.

Energía

Capacidad para realizar un trabajo, es decir, mover la materia.



Las células y organismos vivos deben realizar trabajo para permanecer vivos y reproducirse. La síntesis continua de componentes celulares requiere trabajo químico; la acumulación y retención de sales y diversos componentes orgánicos en contra de un gradiente de concentración implica la realización de trabajo osmótico; la contracción muscular o el movimiento flagelar bacteriano representan un trabajo mecánico. La bioquímica examina los procesos por los que se extrae, canaliza y consume energía, por lo que resulta esencial conocer los principios fundamentales de la bioenergética.

Bioenergética

Se define como la ciencia que estudia las transformaciones e intercambios de energía de la que dependen todos los seres vivos.

Prácticamente todos los seres vivos derivan su energía, directa o indirectamente, de la energía radiante de la luz solar que proviene de las reacciones de fusión termonuclear que se producen en el sol. Las células **fotosintéticas** absorben la energía de la luz y la utilizan para dirigir los electrones desde el agua al dióxido de carbono, dando lugar a compuestos ricos en energía tales como el almidón o la sacarosa y liberando oxígeno molecular a la atmósfera. Las células y los organismos **no fotosintéticos** obtienen energía para sus necesidades mediante la oxidación de los productos ricos en energía de la fotosíntesis, transportando electrones hacia el oxígeno atmosférico para formar agua, dióxido de carbono y otros productos finales, que son reciclados en el medio ambiente. Virtualmente todas las transducciones energéticas de las células pueden identificarse con un flujo de electrones desde una molécula a otra, en un flujo “cuesta abajo” desde potenciales electroquímicos superiores a inferiores, todo por medio de reacciones de oxidación-reducción (Nelson y Cox, 2000).

1.3.1. Importancia del ATP y el NADH en el metabolismo celular

Las células generan la mayoría de su energía utilizando reacciones de **óxido/reducción**, de manera que si la molécula que se está biotransformando se oxida (cede un electrón), debe haber una molécula que se reduzca e incorpore dicho electrón; cuantos más átomos de hidrógeno posea una molécula mayor energía contiene. En la célula unas de las principales moléculas de alta energía son el **NADH** y el **FADH₂**.

Asimismo, en numerosos casos estas reacciones liberan energía, misma que se transforma o se libera en forma de calor, es por ello, que la célula cuenta con una molécula capaz de



almacenar dicha energía: el **ATP**, que será utilizada posteriormente en los procesos que así lo necesiten (anabolismo, transporte de moléculas en contra de gradiente, movimiento, etcétera).

Enlaces

Es importante que recuerdes los principios de las reacciones de óxido-reducción que revisaste en la asignatura de "Química analítica", ya que los aplicaremos en el estudio de la generación de moléculas de energía para poder entender el metabolismo celular.

En esta sección, haremos un análisis de ambas moléculas, comenzando por el NAD^+/NADH (dinucleótido de nicotinamida y adenina o también conocido como nicotinamida adenina dinucleótido). Su estructura se presenta en la figura 12 y como se puede observar el NAD^+ es la forma oxidada y el NADH tiene un electrón adicional siendo la forma reducida. En las plantas durante el proceso de fijación de CO_2 a glucosa se utilizan estas moléculas pero en su forma fosforilada (**$\text{NADP}^+/\text{NADPH}$**). De una manera similar, existe otra molécula con capacidad de óxido-reducción denominada **$\text{FAD}^+/\text{FADH}_2$** (flavín adenín dinucleótido o dinucleótido de flavina-adenina), que está involucrada en el Ciclo de Krebs,

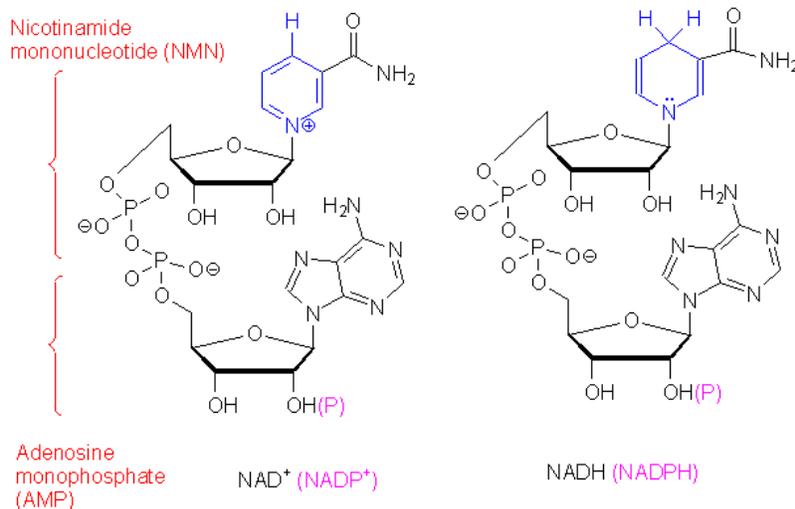


Figura 12. Estructura del NAD^+/NADH y el $\text{NADP}^+/\text{NADPH}$. Se observa en la parte superior el mononucleótido de nicotinamida y en la parte inferior el monofosfato de adenosina.

Tomado de <http://chemistry.umeche.maine.edu/CHY251/Enzym-Stereo.html>.



El **ATP** o adenosíntrifosfato, es una molécula de alta energía presente en todas las células vivas a concentraciones de 10^{-3} a 10^{-2} mol/L de agua celular. La molécula de ATP está formada de tres partes: adenina, D-ribosa y tres grupos fosfato unidos por enlaces éster. Los compuestos análogos que contienen uno y dos grupos fosfato se designan como **AMP** (adenosínmonofosfato) y **ADP** (adenosíndifosfato), respectivamente. Al hidrolizarse uno de los fosfatos del ATP, éste se transforma en ADP liberando energía (7.3 Kcal/mol o 30.5 KJ/mol) (figura 13) que puede ser utilizada en alguna reacción. De esta manera, en el catabolismo se produce suficiente energía como para unir el fosfato al ADP, almacenando así el ATP que será utilizado posteriormente.

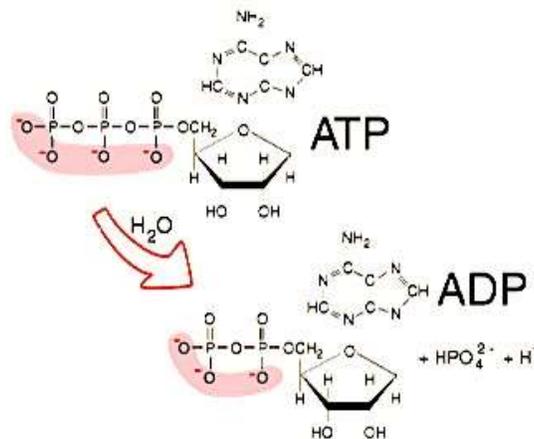


Figura 13. Hidrólisis del ATP. Se observa la hidrólisis de una molécula de ATP en ADP+P con su consecuente liberación de energía.

Tomado de <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/%E2%80%8Chbase/biology/atp.html>.

En menor proporción también se utiliza el **GTP** (guanidíntrifosfato) como molécula de energía, que al hidrolizar un fosfato se transforma en **GDP**. Esta molécula la veremos presente cuando estudiemos el Ciclo de Krebs.

1.3.2. Síntesis de ATP

Como hemos visto, existen reacciones bioquímicas que generan la suficiente energía como para fosforilar una molécula de ADP y formar, de este modo, una molécula de ATP; para ello, se necesitan 7.3 Kcal/mol. Este proceso de fosforilación se puede llevar mediante tres procesos:



- A) **Fosforilación a nivel de sustrato.** Formación del ATP por transferencia del grupo fosforilo, a partir de un sustrato derivado de la ruptura de algún compuesto como el fosfoenol piruvato, que implica enzimas solubles e intermediarios químicos.
- B) **Fosforilación oxidativa.** Que es el proceso que ocurre en la cadena de transporte de electrones presente en las mitocondrias de las células eucariotas y en la membrana plasmática de las células procariotas siempre y cuando sean aerobias.
- C) **Fotofosforilación,** donde la energía necesaria para la fosforilación proviene de la luz del sol, proceso que ocurre en la fase lumínica de la fotosíntesis, el cual implica enzimas de membrana y un gradiente transmembranal de protones.

La fosforilación a nivel de sustrato la estudiaremos con mayor detalle en la siguiente etapa, por lo que a continuación analizaremos los otros dos procesos de formación de ATP.

1.3.3 Fosforilación oxidativa

En 1961, Peter Mitchell propuso un mecanismo por el que la energía libre, que se genera durante el transporte electrónico, impulsa la síntesis de ATP, la llamada **Teoría quimiosmótica de acoplamiento**.

Fosforilación oxidativa

Es el proceso mediante el cual la energía generada, a través de la cadena transportadora de electrones, se conserva mediante la fosforilación del ADP para dar ATP.

Esta teoría tiene diferentes características:

- A) Los electrones pasan a través de una cadena transportadora, donde se transfieren protones desde la matriz hasta el espacio intermembrana, creándose un potencial eléctrico y un gradiente a través de la membrana interna.
- B) Los protones presentes en altas concentraciones en el espacio intermembranal, pueden pasar por la membrana interna y volver a la matriz a favor de su gradiente de concentración mediante canales especiales. Al producirse el flujo termodinámicamente favorable a través de un canal, que contiene una actividad ATP sintasa, se produce la síntesis de ATP.

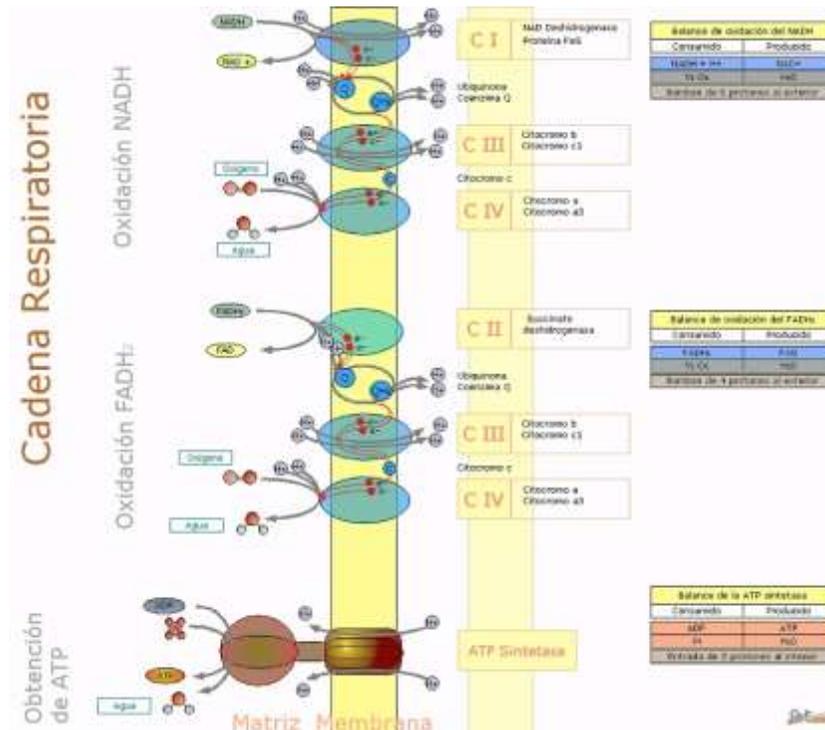


Figura 14. Esquema de la fosforilación oxidativa.

Cadena transportadora de electrones

Es un conjunto de transportadores electrónicos situados en la membrana interna, en orden creciente de afinidad electrónica, que transfiere los electrones que proceden de las coenzimas reducidas hasta el oxígeno.

Los componentes de la cadena transportadora de electrones de los organismos eucarióticos se encuentran en la membrana mitocondrial interna. La mayoría de los componentes están organizados en cuatro complejos, cada uno de los cuales consta de varias proteínas y grupos protéticos:

- **Complejo I o complejo NADH deshidrogenasa.** Cataliza la transferencia de electrones desde el NADH a la ubiquinona (UQ).
- **Complejo II o succinato deshidrogenasa.** Participa en la transferencia de electrones desde el succinato a la UQ.



- **Complejo III o citocromo bc₁.** Transfiere los electrones desde la coenzima Q reducida (UQH₂) al citocromo C.
- **El complejo IV o citocromo oxidasa.** Es un complejo proteico que cataliza la reducción de cuatro electrones del O₂ para formar H₂O.

Estos transportadores constan de una serie de proteínas integrales de membrana con grupos prostéticos capaces de aceptar y donar uno o dos electrones.

Por medio de la cadena transportadora de electrones se pueden llevar a cabo dos procesos independientes que comparten algunos complejos, dependiendo de si se oxida el NADH o el FADH₂. Esta diferencia reside en que el potencial de óxido-reducción del NADH es menor que el potencial del FADH₂ por lo que produce una mayor energía al liberar el electrón, por esta razón el NADH cede su electrón al Complejo I oxidándose así a NAD⁺. Dicho electrón será transportado al Complejo III a través de la Ubiquinona, de ahí al Complejo IV a través del Citocromo c donde será reducido el O₂ para formar una moléculas de H₂O. En cada uno de estos complejos (I, III y IV) se produce la energía suficiente para transportar un H⁺ al espacio intermembranal.

Cuando la molécula oxidada es el FADH₂ no tiene la energía suficiente como para ceder su electrón al Complejo I, así que lo hace al complejo II, de ahí pasa al Complejo III a través de la Ubiquinona y de éste al complejo IV a través del Citocromo c para terminar reduciendo una molécula de O₂. En este caso, únicamente se transportan 2 H⁺ al espacio intermembranal, en el Complejo III y IV. Los H⁺ liberados de esta manera hacen que el gradiente de H⁺ sea mayor en el espacio intermembranal por lo que entrarán a través de la Bomba ATPsintasa (o también conocida como Complejo V). Dicha entrada será a favor de gradiente y liberará la energía suficiente como para fosforilar un ADP y formar así ATP (figura 14). De esta manera, la oxidación del NADH libera 3 H⁺ que al entrar por la Bomba ATPsintasa formarán 3 moléculas de ATP mientras que la oxidación del FADH₂, libera 2 H⁺ y por lo tanto se fosforilan 2 moléculas de ATP.

ATPsintasa

Es una bomba de electrones que está conformada por dos componentes principales: la unidad F₁, la ATPasa activa y la unidad F₀ que es un canal transmembranal para los protones.

Este gran complejo enzimático de la membrana mitocondrial interna cataliza la formación de ATP a partir de ADP y P_i, acompañada por el flujo de protones a través de la membrana.



Se requiere una translocación de tres protones a través de la ATP sintasa para sintetizar cada molécula de ATP (figura 15).

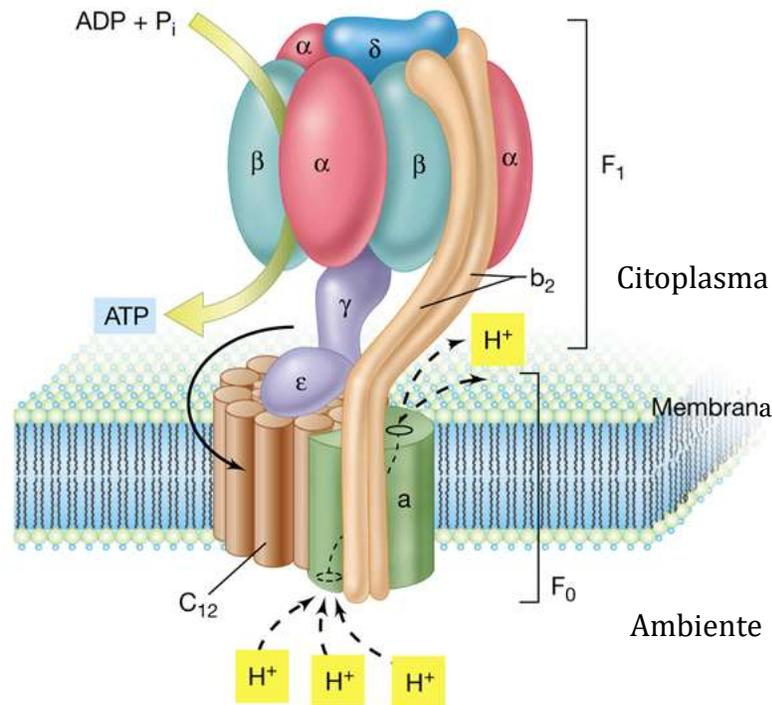


Figura 15. Esquema de la ATPsintasa. Se observan los diferentes componentes de la ATPsintasa y cómo utiliza el flujo de protones para la síntesis de ATP.

Tomado de: <http://www.ugr.es/~eianez/Microbiologia/images/10atpasa.JPG>

Enlaces

Debes recordar estas bases del mecanismo de fosforilación oxidativa ya que en la asignatura de “Biología celular” estudiarás con mayor detalle estos fenómenos del metabolismo celular.



1.3.4. Fotosíntesis

La fotosíntesis es otra secuencia de reacciones en las que se acopla el flujo de electrones a la síntesis de ATP, la llamada fosforilación impulsada por la luz. La captación de energía solar por organismos fotosintéticos y su conversión en la energía química de compuestos orgánicos reducidos es la fuente fundamental de casi toda la energía biológica (Nelson y Cox, 2000).

Fotosíntesis

Consiste en la conversión de material inorgánico (CO_2) en materia orgánica (glucosa) utilizando la energía de la luz

Los organismos fotosintéticos atrapan la luz solar formando ATP y NADPH que utilizan como fuentes de energía para fabricar glúcidos y otros componentes orgánicos a partir de CO_2 y H_2O , desprendiendo O_2 a la atmósfera. La fotosíntesis se lleva a cabo en diversidad de bacterias y eucariotas unicelulares (algas), así como en plantas superiores.

La fotosíntesis puede ser **oxigénica** (emplean el H_2O como donador de electrones en la cadena transportadora generando O_2) o **anoxigénica** (utilizan H_2S como dador de electrones, produciendo S_2) (figura 16).



Figura 16. Fotosíntesis oxigénica y anoxigénica. Se esquematiza la reacción del aceptor final de electrones en la fotosíntesis oxigénica y anoxigénica.

Tomado de: <http://blogdelaboratorio.com/tag/fotosintesis>.

De este modo, los organismos fotosintéticos se pueden dividir en:

- A) **Sulfobacterias purpúreas**, que se caracterizan por emplear sulfuro de hidrógeno (H_2S) como dador de electrones acumulando azufre en su interior.



- B) **Sulfobacterias verdes**, que también realizan fotosíntesis anoxigénica, pero no acumulan S_2 en su interior.
- C) **Cianobacterias, algas y plantas** que realizan la fotosíntesis oxigénica.

En las cianobacterias, al ser organismos procariontas, el proceso se lleva a cabo en la membrana celular; en cambio, en los organismos eucariotas (algas y plantas) este proceso se lleva a cabo en organelos especiales denominados **cloroplastos**.

Durante el estudio de esta asignatura nos centraremos en la fotosíntesis oxigénica, debido a su importancia y aplicación biotecnológica.

La fotosíntesis se lleva a cabo en dos fases independientes que se realizan de forma simultánea, ya que la finalidad es obtener glucosa por fijación de CO_2 (fase oscura) pero para poder hacerlo se necesita de energía y de poder reductor, obtenidos de la fase lumínica (figura 17).

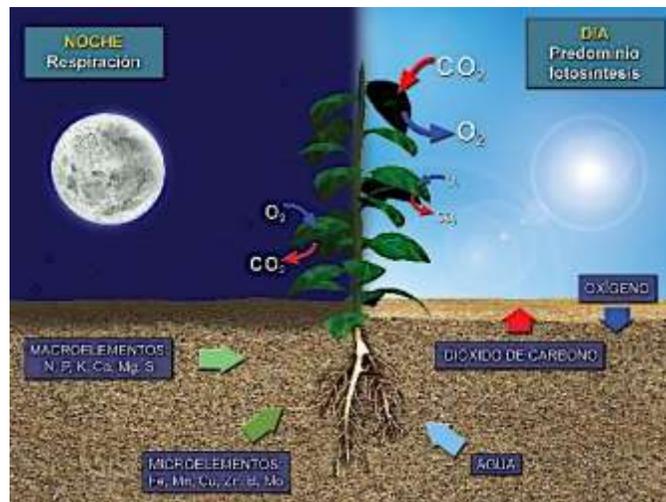


Figura 17. Fases de la fotosíntesis. En la parte izquierda se muestra la fase oscura y en la derecha la fase lumínica.

Tomado de <http://angelicacienciaactualcancez.blogspot.mx/2012/03/fotosintesis.html>.

- A) **Fase lumínica:** donde la luz solar es utilizada para la obtención de energía, en forma de ATP y poder reductor, en forma de $NADPH^+$. La obtención de energía mediante la fase lumínica de la fotosíntesis se denomina **fotofoforilación**. Consiste en una cadena de transporte de electrones, similar a la que estudiamos durante el catabolismo, sólo que el último aceptor de electrones no es el O_2 , si no el NADP para formar $NADPH$. Este proceso requiere de energía, que viene dada por la energía de luz solar.



El proceso incluye dos fotosistemas, formados por clorofilas, donde se llevará a cabo la cadena de transporte (figura 18) y se puede producir de dos formas diferentes: la **fase luminosa acíclica** donde se produce ATP; así como NADPH y la **fase cíclica**, donde únicamente se produce ATP.

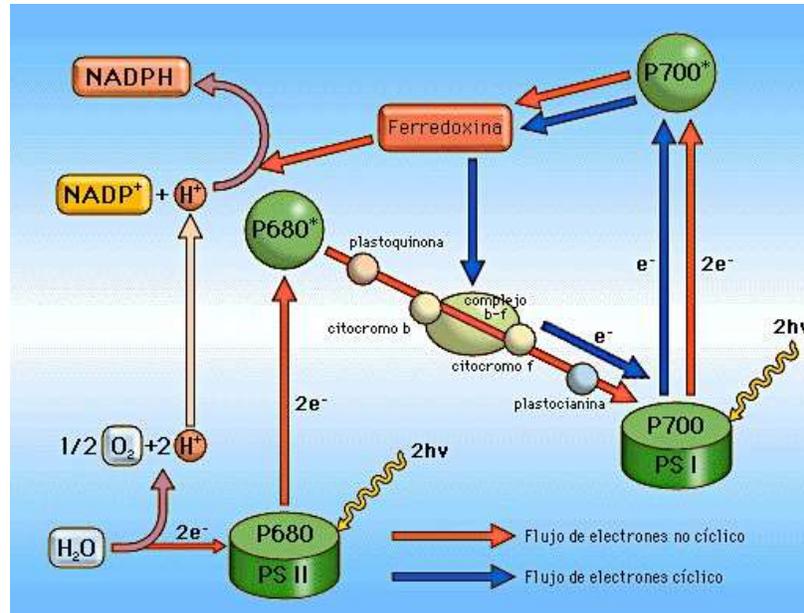


Figura 18. Fase lumínica de la fotosíntesis. Partiendo del agua se generan moléculas de energía a través de una cadena transportadora de electrones donde el receptor final es el NADP+.

Tomado de:

http://recursostic.educacion.es/ciencias/biosfera/web/estudiante/2bachillerato/Fisiologia_celular/contenidos9.htm.

Podemos decir que el proceso de la **fase luminosa acíclica** comienza en el **Fotosistema II** (PS II o P680) donde la energía luminosa excita la clorofila hasta liberar un electrón que será repuesto por la ruptura de una molécula de H_2O lo que dará origen a O_2 y H^+ . El electrón liberado por el PS I será transportado por la **plastoquinona** al **complejo b-f** que a través de la **plastocianina** se lo cederá al **Fotosistema I** (PS I o P700). Éste último, volverá a ser excitado por la luz hasta liberar el electrón que, a través de la **Ferredoxina ATP reductasa** (fd), se lo cederá al NADP para formar NADPH. Durante todo el proceso de transporte de electrones se libera energía que será utilizada para transportar protones al espacio tilacoidal, de manera que al regresar hacia el estroma (a favor de gradiente) se producirá energía suficiente para que la **ATP sintasa** pueda fosforilar una molécula de ADP formando así ATP (figura 19).

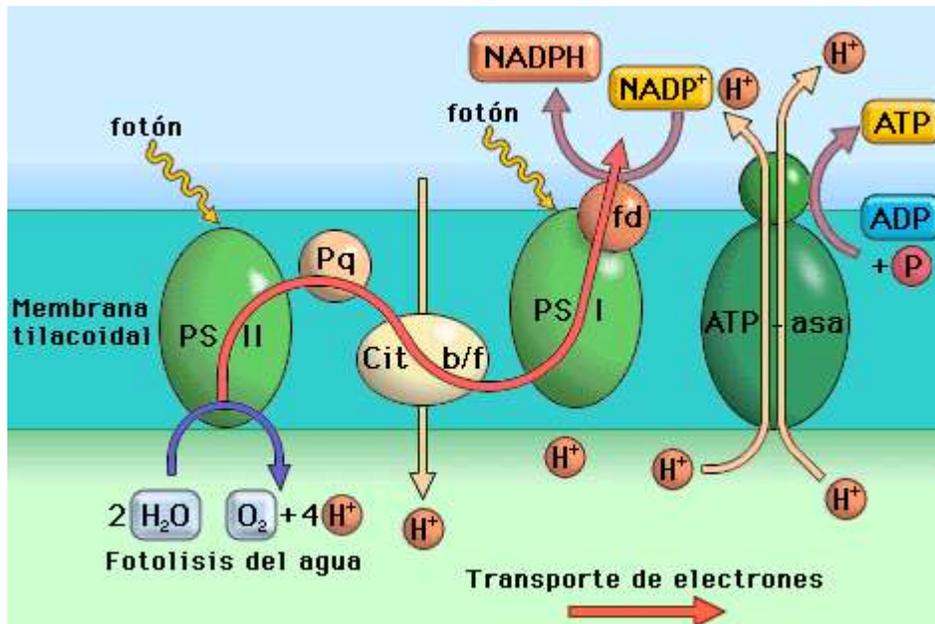


Figura 19. Transporte de electrones y protones durante la fase luminosa acíclica. Se muestran las proteínas que participan en el proceso de conversión del agua a oxígeno y ATP.

Tomado de:

http://recursostic.educacion.es/ciencias/biosfera/web/estudiante/2bachillerato/Fisiologia_celular/contenidos9.htm.

Como se indicó anteriormente, en caso de que la célula requiera únicamente energía se lleva a cabo la **fase lumínica cíclica**, donde sólo está involucrado el **PS I** (figura 20) de manera que el transporte de electrones libera energía suficiente para transportar H⁺ mismo que serán transportados por la ATP-sintasa a favor de gradiente para producir ATP.

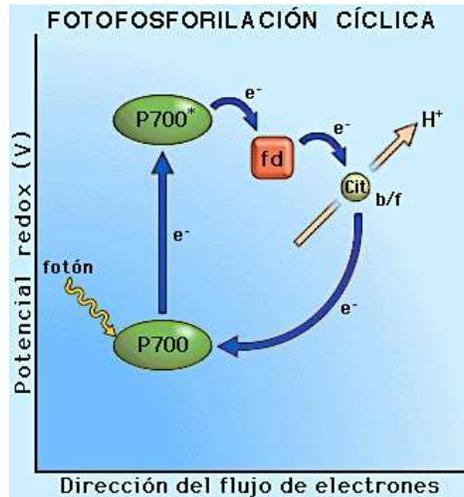


Figura 20. Fase lumínica cíclica. Se muestra el proceso de producción de ATP y cómo es el flujo de electrones y potencial redox.

Tomado de:

http://recursostic.educacion.es/ciencias/biosfera/web/estudiante/2bachillerato/Fisiologia_celular/contenidos9.htm.

- B) **Fase oscura.** Aquella en la que no se necesita luz, donde se utilizan los compuestos anteriores para la obtención de glucosa, a partir de CO_2 , mediante el denominado Ciclo de Calvin (figura 21).

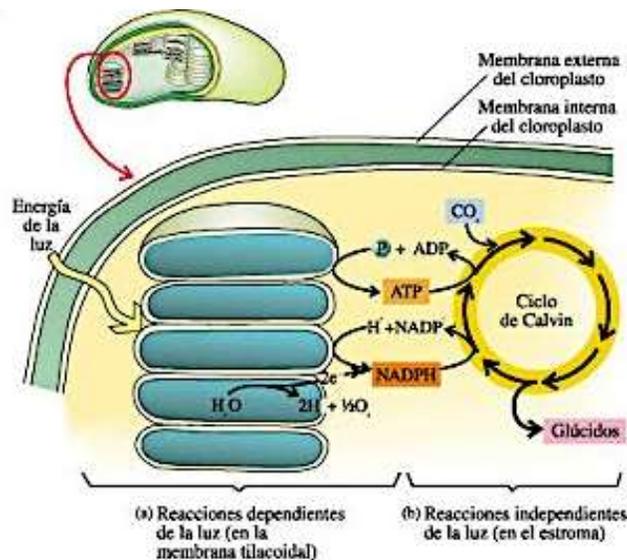


Figura 21. Relación entre la fase lumínica y la fase oscura de la fotosíntesis. A partir de la energía y CO_2 generada por la fase lumínica se sintetiza glucosa en la fase oscura.

Tomado de: <http://bioadvanced.blogspot.mx/2010/08/fotosintesis-ii-fase-oscura.html>.



El ciclo comienza con la fijación del CO_2 a una molécula de 5 átomos de carbono denominada **ribulosa 1,5-bifosfato** (RuBP) (mediante la enzima conocida por **Rubisco**) que forma un azúcar de 6 átomos de carbono muy inestable que inmediatamente es escindido para formar 2 moléculas de **ácido 3-fosfoglicérido** (APG). Éste es fosforilado (gastando una molécula de ATP) a **ácido 1,3-difosfoglicérido** (ADPG) que será reducido a **gliceraldehido 3-fosfato** (PGAL). Dos moléculas de este último compuesto se unirán para formar una molécula de **glucosa**.

El ciclo termina cuando 10 moléculas de PGAL forman 6 moléculas de **ribulosa 5-fosfato** (RuP) que será fosforilada para formar nuevamente RuBP. Como se puede observar (figura 22) en el ciclo, es necesaria una mayor cantidad de ATP que de NADPH por eso, para la célula, es clave contar con una fase lumínica cíclica que le permita compensar dicha necesidad.

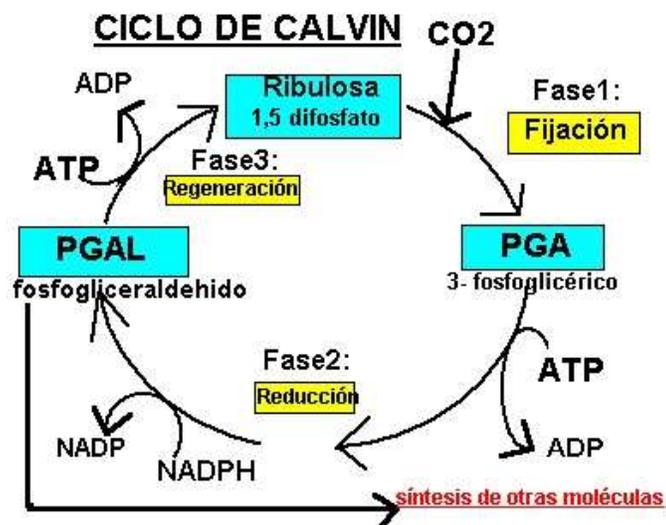
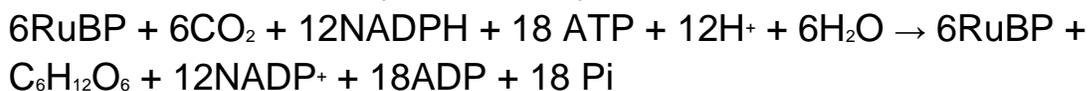


Figura 22. Esquema del Ciclo de Calvin. Se describe la generación de varias moléculas de ribulosa 1,5 difosfato con consumo de CO_2 , ATP y NADPH.

Tomado de: <http://ecociencia.fateback.com/articulos/fotosintesis.htm>.

Finalmente, la ecuación estequiométrica del proceso será:





Las moléculas de **PGAL** además de a la síntesis de glucosa, también pueden entrar a otras rutas bioquímicas y sintetizar ribulosa, aminoácidos, ácidos grasos y glicerina como se observa en la figura 23.

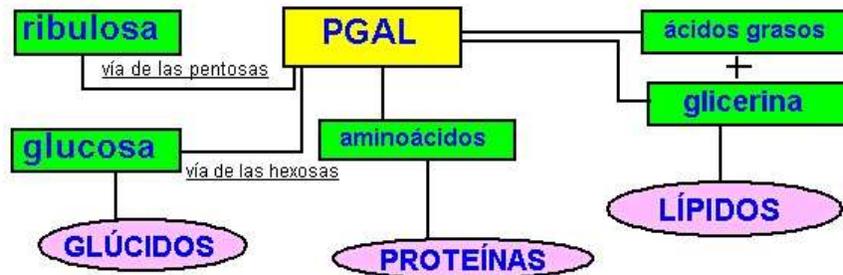


Figura 23. Rutas involucradas con el PGAL. Se muestran los diferentes metabolitos que pueden generarse tomando como precursor al PGAL.

Tomado de: <http://ecociencia.fateback.com/articulos/fotosintesis.htm>.

Actividades

La elaboración de las actividades estará guiada por tu Docente en línea, mismo que te indicará, a través del **Organizador Didáctico de Aprendizaje (ODA)**, la dinámica que tú y tus compañeros llevarán a cabo, así como los envíos que tendrán que realizar.

Autorreflexiones

Para la parte de **autorreflexiones** debes de consultar el foro *Preguntas de Autorreflexión* para realizar la actividad correspondiente y enviarlo a la herramienta de *Autorreflexiones*. Cabe recordar que esta actividad tiene una ponderación del 10% de tu evaluación.

Para el envío de tu autorreflexión utiliza la siguiente nomenclatura:



BBIQ_U1_ATR _XXYZ, donde BBIQ corresponde a las siglas de la asignatura, U1 es la unidad de conocimiento, XX son las primeras letras de tu nombre, y la primera letra de tu apellido paterno y Z la primera letra de tu apellido materno.

Cierre de la unidad

Como te darás cuenta la Bioquímica es una ciencia muy importante para la comprensión del funcionamiento de todos los seres vivos. Ello implica la interpretación de reacciones químicas, principal herramienta para que se lleve a cabo la biotransformación de las biomoléculas. Así como nosotros, que nacemos, nos reproducimos y posteriormente morimos, las células tienen el mismo proceso y para ello es importante conocer su metabolismo, que no es más que un conjunto de reacciones químicas que ocurren en la célula para la transformación de las biomoléculas y la razón por la cual hay vida en este planeta.

En esta primera unidad vimos un ligero acercamiento del cómo funcionan las biomoléculas, su metabolismo (catabolismo y anabolismo) y el impacto que tienen en las células. Todas las biomoléculas son importantes, las proteínas, los ácidos grasos, las vitaminas por citar algunas. Hablamos de los seres vivos en general, y las plantas son el principal factor de supervivencia en este planeta, su proceso fundamental es punto clave para la vida, la fotosíntesis.

Como Biotecnólogo es fundamental que se conozca este tipo de procesos tan importantes, ya que a partir de ellos podrá desarrollar tecnologías que mejoren la calidad de vida de los seres humanos.



Para saber más



Consulta los siguientes videos:

<http://www.youtube.com/watch?v=ADqoO-63ENc>

<https://www.youtube.com/watch?v=WOAcp15VLJ0>

https://youtu.be/VDEPrUJq_Vo

<https://www.youtube.com/watch?v=qZDHRErqlng>

<https://www.youtube.com/watch?v=IQjyVSigbFQ>

https://www.youtube.com/watch?v=2MPASL6Jm_A

<https://www.youtube.com/watch?v=9kP79bTd5aA>

<https://www.youtube.com/watch?v=Ox6XAJCcc48>



<http://objetos.unam.mx/biologia/metabolismoCelular/index.html>

<http://objetos.unam.mx/biologia/metabolismoCelular/index.html#>

<http://www.fagro.edu.uy/~bioquimica/docencia/material%20nivelacion/CADENA%20RESPIRATORIA.pdf>.

http://www.unac.edu.pe/documentos/organizacion/vri/cdicitra/Informes_Finales_Investigacion/Octubre_2011/IF_DECHECO%20EGUSQUIZA_FIPA/CAPITULO%20N%BA%2009

Fuentes de consulta



1. Curtis, H. Barnes, N.S. (2009) *Biología*. Editorial Médica Panamericana.
2. McKee T y McKee J. (2003). *Bioquímica: La base molecular de la vida*. España. Tercera edición. Ed McGraw Hill – Interamericana.
3. Nelson, D.L., Cox, M.M. (2009). *Lehninger: Principios de Bioquímica*. España. Editorial Omega.