UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES

PLANTEL VALLEJO

GUÍA DE ESTUDIO PARA EL EXAMEN EXTRAORDINARIO DE LA ASIGNATURA DE BIOLOGÍA III

PROGRAMA ACTUALIZADO 2004

ELABORARON:

ALVAREZ CAL Y MAYOR YOLANDA

BAÑALES LÓPEZ MARÍA ISABEL

MARTÍNEZ HERNÁNDEZ MARIA MARTHA

NAVARRO TORRES MA. ANTONIETA

RAMIREZ SALCEDO ANDREA

URBINA MENDEZ CONSUELO

VELASCO RUIZ SILVIA

FEBRERO DE 2005.

ÍNDICE

PRESENTACIÓN 2
PROGRAMA DE BIOLOGÍA III 3
MANEJO DE LA GUÍA 5
PRIMERA UNIDAD ¿CÓMO SE EXPLICA LA DIVERSIDAD DE LOS SISTEMAS VIVOS A TRAVÉS DEL METABOLISMO? 7
INTRODUCCIÓN 8
METABOLISMO 12
ENZIMAS 13
RUTAS METABÓLICAS 20
DIVERSIDAD DE LOS SISTEMAS VIVOS Y METABOLISMO 23
QUIMIOAUTÓTROFOS, FOTOAUTÓTROFOS Y HETERÓTROFOS 24
CATABOLISMO: FERMENTACIÓN Y RESPIRACIÓN CELULAR 28
ANABOLISMO: FOTOSÍNTESIS Y SÍNTESIS DE PROTEÍNAS 41
BIBLIOGRAFÍA DE CONSULTA 62
SEGUNDA UNIDAD ¿POR QUÉ SE CONSIDERA A LA VARIACIÓN GENÉTICA COMO LA BASE MOLECULAR DE LA BIODIVERSIDAD? 64
INTRODUCCIÓN 65
NATURALEZA DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA 67
ADN Y ARN DESDE LA PERSPECTIVA DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA 67
CROMOSOMA DE PROCARIONTES Y EUCARIONTES 69
EXPRESIÓN GÉNICA Y VARIACIÓN 75
RELACIONES ALÉLICAS 75
RELACIONES NO ALELICAS 80
FUENTES DE VARIACIÓN GENÉTICA 83
MUTACIONES 83
RECOMBINACIONES GENÉTICAS 92
FLUJO GÉNICO 94
BIBLIOGRAFÍA DE CONSULTA 96

PRESENTACIÓN

Esta guía de estudio, está dirigida a los alumnos que presentarán el examen extraordinario de Biología III y a los maestros sinodales que participarán en su diseño.

Para la elaboración de este material se tomaron en cuenta los contenidos temáticos, enfoques, aprendizajes, el grado de profundidad y amplitud que propone el programa actualizado, publicado en 2004.

Consta de dos unidades en las que se señala el contenido temático de cada una, así como los aprendizajes que deben alcanzar los estudiantes. Cada unidad está estructurada de la siguiente manera: inicia con la sección “explorando tus ideas” en la que se pregunta al alumno, qué sabe sobre la temática, “lecturas” sencillas en las cuales se aporta información sobre los contenidos, “esquemas” e “imágenes” que complementan y aclaran los conceptos teóricos desarrollados en las lecturas, diversas “actividades” para el autoaprendizaje y autoevaluación, así como la bibliografía respectiva.

De manera general esta guía tiene como intención el desarrollo de algunas habilidades del pensamiento como la observación, comparación, análisis, síntesis y la aplicación de la información en la resolución de algunos problemas.

PROGRAMA DE BIOLOGÍA III

QUINTO SEMESTRE

CONTENIDOS TEMÁTICOS

PRIMERA UNIDAD

¿CÓMO SE EXPLICA LA DIVERSIDAD DE LOS SISTEMAS VIVOS A TRAVÉS DEL METABOLISMO?

Propósito

El alumno comprenderá qué es el metabolismo a través del estudio de diferentes rutas metabólicas para que reconozca su importancia en la diversidad biológica

Objetivos:

Que el alumno:

- Identifique la importancia que tienen los procesos metabólicos.
- Conozca los aspectos fundamentales del metabolismo que son comunes a los sistemas vivos.

Tema I Metabolismo

- Enzimas
- Rutas metabólicas

Tema II Diversidad de los sistemas vivos y metabolismo

- Quimioautótrofos, fotoautótrofos y heterótrofos
- Catabolismo fermentación y respiración celular
- Anabolismo fotosíntesis y síntesis de proteínas

SEGUNDA UNIDAD

¿POR QUÉ SE CONSIDERA A LA VARIACIÓN GENÉTICA COMO LA BASE MOLECULAR DE LA BIODIVERSIDAD?

Tema I. Naturaleza de la diversidad genética

- ADN y ARN desde la perspectiva de la diversidad genética.
- Cromosoma de procariontes y eucariontes.

Tema II. Expresión genética y variación

- Relaciones alélicas.
- Relaciones no alélicas.

Tema III. Fuentes de variación genética

- Mutaciones.
- Recombinación genética.
- Flujo génico.

MANEJO DE LA GUÍA

Para un mejor proceso de aprendizaje y logres acreditar tu examen extraordinario, te sugerimos:

Asistir regularmente a las asesorías con profesores que te orientarán sobre las dudas que te hayan surgido durante la resolución de la guía.

Leer con atención las instrucciones y actividades propuestas, realizarlas y en caso de dudas, consultar la bibliografía que se sugiere al final de cada unidad.

Cuando termines de resolver la guía revísala nuevamente para que puedas solicitar apoyo antes de presentar el examen extraordinario, en caso de tener alguna duda.

Esta guía no se contesta de un día para otro, si le dedicas el tiempo necesario, seguramente aprobarás el examen extraordinario

Después de resolver cada uno de los temas te recomendamos que realices las actividades de autoevaluación.

Encontrarás diferentes viñetas, que tienen el siguiente significado:

EXPLORANDO TUS IDEAS Son preguntas que se plantean para que expreses de manera breve, cómo te explicas un contenido del programa, antes de empezar las actividades propuestas para su estudio.

LECTURA Te muestra información básica sobre un tema con la cual podrás realizar otras actividades propuestas.

✍ **ACTIVIDAD** Se refiere a que apliques tus conocimientos y los aprendizajes logrados en las lecturas.

PRIMERA UNIDAD

¿CÓMO SE EXPLICA LA DIVERSIDAD DE LOS SISTEMAS VIVOS A TRAVÉS DEL METABOLISMO?

PROPÓSITO:

AL FINALIZAR LA UNIDAD, EL ALUMNO COMPRENDERÁ QUÉ ES EL METABOLISMO, A TRAVÉS DEL ESTUDIO DE DIFERENTES RUTAS, PARA QUE RECONOZCA SU IMPORTANCIA EN LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA

INTRODUCCIÓN

¿Cómo se explica la diversidad de los sistemas vivos a través del metabolismo?

El estudio de los seres vivos ha conducido a caracterizarlos como sistemas. Se entiende por sistema cualquier porción de la realidad elegida para su estudio. Sin embargo los sistemas biológicos tienen ciertas cualidades que los hacen diferentes de otros, como es su complejidad, que radica en:

- Los seres vivos evolucionan, tienen una historia.
- Intercambian materia energía con el medio ambiente, por lo que se consideran sistemas abiertos.
- Están estructurados en niveles jerárquicos, cada uno de los cuales tiene una organización significativa: los sistemas biológicos se encuentran organizados en todos sus niveles, desde el molecular, pasando por el celular, tejidos, órganos, organismo, población, comunidad, ecosistema hasta la biosfera.
- Los sistemas biológicos tienen procesos de distinta naturaleza: químicos, eléctricos, circulatorios, mecánicos, etc.

Comprender a los sistemas biológicos como sistemas complejos que pueden evolucionar, que son capaces de autorregularse y de reproducirse, nos permite explicar las redes de relaciones en su medio interno y con su medio externo.

El crecimiento, la reproducción, el movimiento y todos los demás procesos biológicos se realizan gracias a un trabajo que requiere energía. Las células no tienen capacidad para producir energía por lo que deben capturarla del medio ambiente, de diversas formas. Esta energía es transformada por la célula a través de diversos procesos a los que se conoce en su conjunto como metabolismo y que se conforma por dos tipos de procesos: de degradación o catabólicos y de síntesis o anabólicos.

Las células obtienen y transforman energía de diversas formas, y para ello cuentan con diferentes mecanismos. Como estos componentes de transformación de materia-energía surgieron muy temprano en la evolución de los seres vivos, muchas de éstos tienden a ser similares en una amplia variedad de organismos, tal es el caso de las moléculas de ATP, las moléculas que transforman los electrones en las reacciones redox, (reacción química en la cual un reactivo se oxida y el otro se reduce), las que catalizan los procesos como las enzimas, entre otras.

También existen diferencias, que son reflejo de la diversidad biológica y de la gama de interacciones que existen en la naturaleza para sostener la vida de nuestro planeta.

Seguramente las primeras células eran parecidas a los organismos más pequeños hoy conocidos como células bacterianas diminutas, semejantes a bolsas membranosas con agua, genes, enzimas y ribosomas. Este tipo de bacterias tienen una capacidad muy limitada para elaborar los componentes de sus propias células, por lo que tienen que cubrir sus necesidades químicas de alimento como parásitas y toman lo que necesitan del huésped en el que viven.

¿Cómo adquirían las primeras células los nutrientes que necesitaban? Sin la capa de ozono en la tierra primitiva, la radiación solar que alcanzaba la superficie del planeta debió haber sido intensa y propiciar una gran producción de compuestos orgánicos, por lo que se podría pensar que las primeras células se alimentaban de compuestos semejantes a los de su propia constitución: aminoácidos, azúcares y pequeños ácidos grasos. A esta forma de transformar la energía se le conoce como nutrición heterótrofa y las diversas reacciones químicas que realiza la célula para obtener energía de esta manera, corresponden a procesos catabólicos.

Las células requieren de energía en forma de ATP para producir ADN, ARN y proteínas a partir de compuestos orgánicos del medio. Se sugiere que las primeras

células pudieron haber obtenido ATP directamente del medio. Sin embargo conforme aumentaban las poblaciones de organismos, las reservas de compuestos energéticos se agotaban y entonces las células desarrollaron sus propios mecanismos internos para producirlos. Probablemente uno de los primeros mecanismos fue la fermentación, que sigue siendo el más utilizado por los microorganismos.

La fermentación que se produce en ausencia de oxígeno libre, consiste en la degradación de compuestos orgánicos, principalmente azúcares, dando lugar a compuestos más sencillos y la energía que se libera es empleada para producir moléculas de ATP a partir de ADP y fosfato.

La degradación se produce a través de una serie de reacciones químicas y los organismos desarrollaron diversas vías de fermentación, que se diferencian principalmente en los productos de transformación del ácido pirúvico. La vía más utilizada por los organismos es la de Embden Meyerhof. El efecto neto de ésta es la glucólisis, que consiste en la degradación de una molécula de glucosa en dos moléculas de ácido pirúvico y dos moléculas de ATP. En las células animales y en algunas bacterias, el ácido pirúvico se transforma en ácido láctico, cuando está ausente el oxígeno libre y se impide la respiración. En las células vegetales, las levaduras y algunas bacterias el ácido pirúvico se transforma en alcohol y dióxido de carbono.

Entre las nuevas vías para obtener energía, algunas bacterias desarrollaron la capacidad de utilizar el agua como fuente de hidrógeno, como ocurre en ciertas bacterias del azufre que oxidan el sulfuro de hidrógeno para obtener la energía que les permite fijar el dióxido de carbono, desarrollando el proceso de quimiosíntesis. Se sugiere que algunas de estas evolucionaron a las cianobacterias capaces de realizar la fotosíntesis, proceso que consiste en la captura de la energía

solar y su transformación para utilizarla en la síntesis de los compuestos orgánicos que requerían.

Fue su capacidad de dividir el agua lo que aseguró a las cianobacterias su supervivencia. El oxígeno que liberaron abrió el camino para la evolución de las reacciones de oxidación aeróbica como fuente de energía para la síntesis de ATP. El metabolismo aeróbico resultó más eficaz que el metabolismo anaeróbico, que dominó a la tierra hasta ese momento.

En síntesis se puede concluir que el sol proporciona casi toda la energía que mantiene la vida en la tierra, las plantas y las algas la captan y almacenan en moléculas orgánicas como energía química; cuando los animales se alimentan de las plantas transforman esa energía para hacerla mas fácilmente aprovechable durante la realización de sus funciones.

METABOLISMO

- **Enzimas**
- **Rutas metabólicas**

APRENDIZAJES

- Describe las características de las enzimas, como punto de partida para identificar sus principales tipos y funciones.
- Reconoce que las reacciones químicas en los sistemas vivos están organizadas en diversas rutas metabólicas.
- Identifica la diversidad de los sistemas vivos partir de sus características metabólicas.

EXPLORANDO TUS IDEAS

Antes de iniciar el estudio de este tema, responde las siguientes preguntas de acuerdo con tus conocimientos en este momento.

¿Qué le sucede a una galleta dentro de tu organismo, después de que la masticas?_____

_____

¿Y cuando la galleta llega a tu estómago qué sucede?

_____

_____

ENZIMAS

LECTURA

Al total de las reacciones químicas que ocurren dentro de la célula para que ésta realice todas sus funciones, se le llama **metabolismo**. En estos procesos participan una gran variedad de **enzimas**, las cuales se encuentran en pequeñas cantidades y llevan a cabo todos los cambios químicos y transformaciones de energía en los seres vivos.

La acción de las enzimas permite que los organismos lleven a cabo sus reacciones químicas a una velocidad adecuada sin aumentar su temperatura, al reducir la cantidad de energía de activación.

Características de las enzimas:

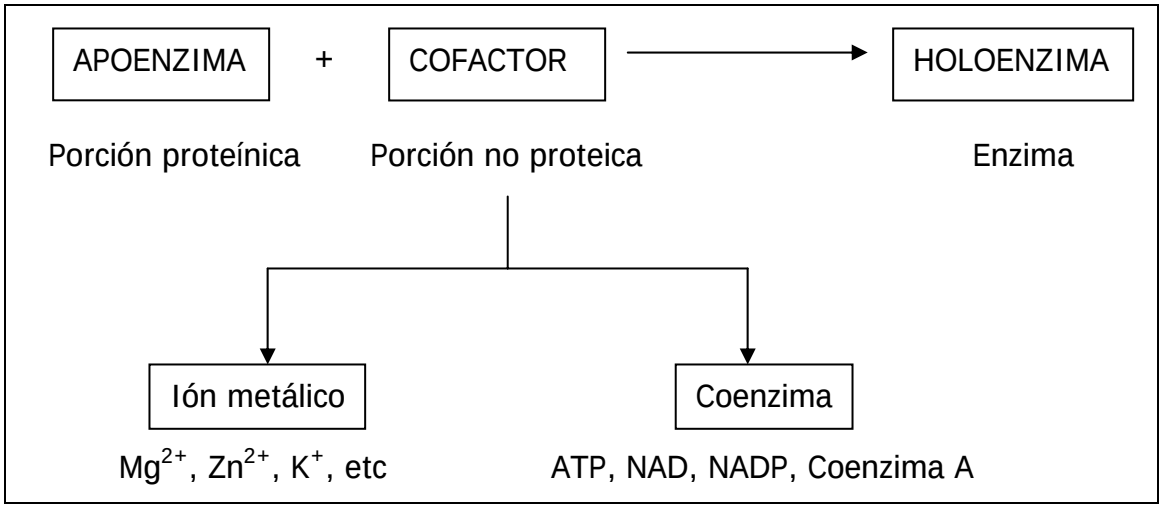
- Son **proteínas** con pesos moleculares elevados.
- Se **desnaturalizan** cuando se eleva la temperatura o si se modifica el pH donde se encuentran. **Precipitan** con el alcohol etílico y ante concentraciones elevadas de sales orgánicas como el sulfato de amonio.
- Son **catalizadores** que sirven para disminuir la energía de activación de una reacción e incrementar su velocidad.
- Son altamente **específicas**, es decir, realizan un sólo tipo de reacción química y actúan sobre una determinada molécula a la cual se le llama **sustrato.**
- Presentan una zona llamada **sitio activo**, a través del cual se unen con las moléculas que reaccionan.

Algunas enzimas son proteínas simples, y otras, proteínas conjugadas. Su actividad depende, además de su estructura proteica, de otras estructuras no proteicas denominadas **cofactores**. El complejo intacto proteína-cofactor se llama

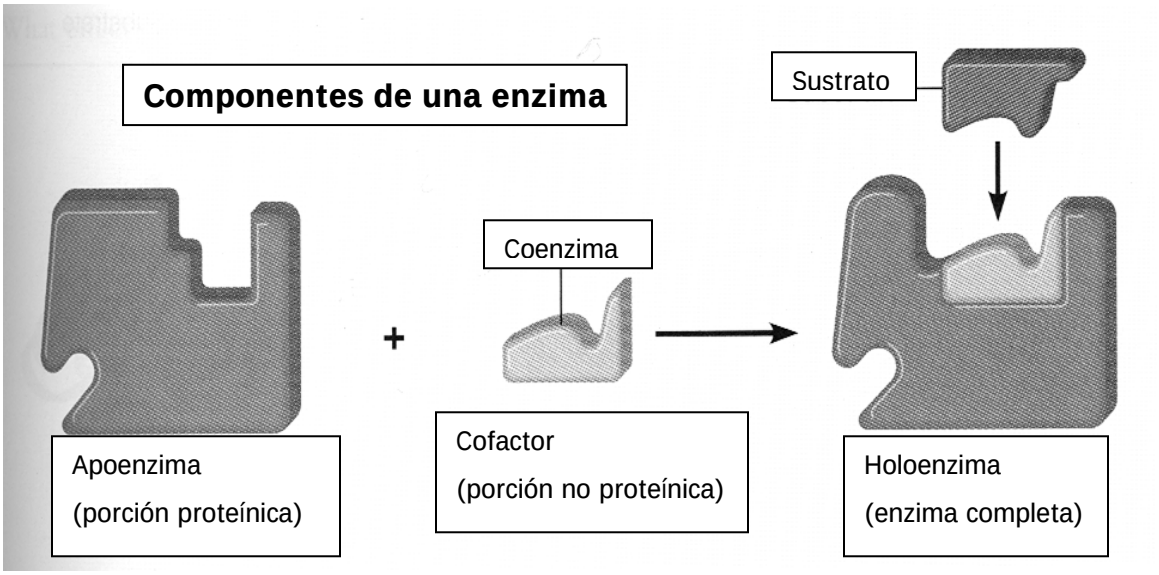
holoenzima; cuando el cofactor se separa, la proteína restante, que es inactiva, se denomina **apoenzima**.

El cofactor puede ser un ion metálico o una molécula orgánica; en este último caso se habla de **coenzima**.

Las coenzimas funcionan como **transportadores intermediarios de electrones** o de los **grupos funcionales** que son transferidos en la reacción enzimática.



Tomado de Jimeno, A., et al. 2003



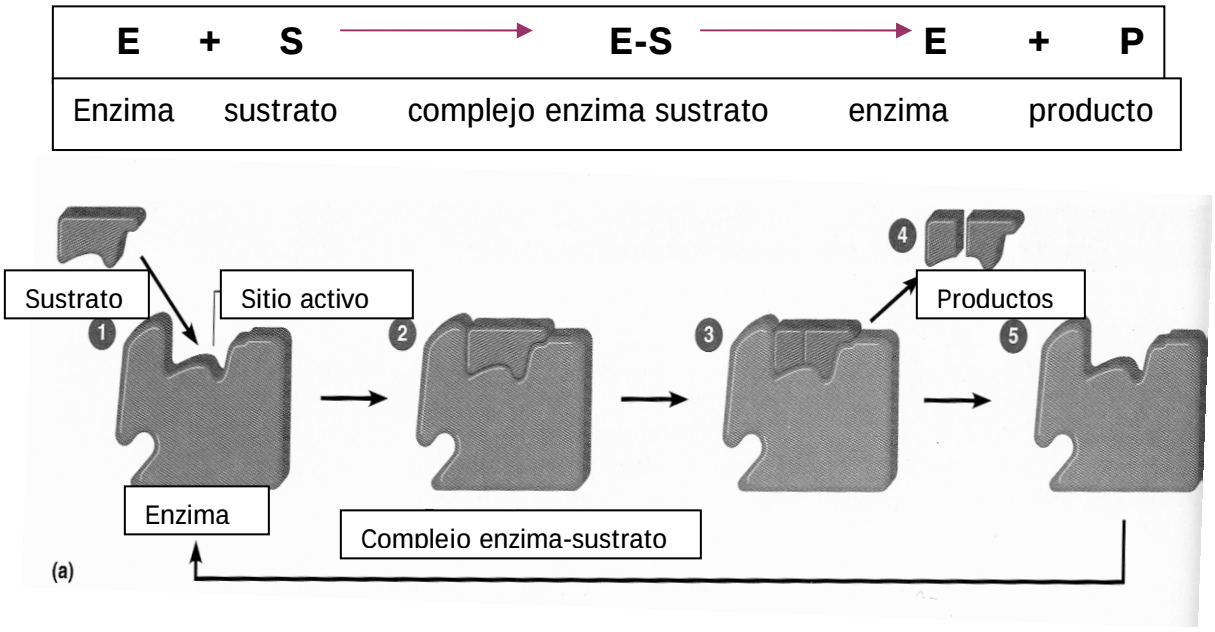
Tomado de Tortora, G. J., et al. 1988.

En el siguiente cuadro podrás observar las funciones de las coenzimas más importantes que participan en los diferentes procesos metabólicos.

Coenzimas	***Grupos transferidos***
NADH	*Fosfato*
NADPH	*Átomos de hidrógeno (electrones)*
FAD	*Átomos de hidrógeno (electrones)*
ATP	*Fosfato*
Coenzima A	*Acetil*

Actividad enzimática

Cada enzima actúa sólo con un tipo de sustrato. Esto ocurre porque la enzima posee **sitios activos**, es decir, lugares que por su estructura, permiten su asociación al sustrato formando un **complejo enzima-sustrato**.



Tomado de Tortora, G. J., et al. 1988.

Una vez que se ha llevado a cabo una reacción enzimática, los productos se separan de la enzima y ésta queda libre, sin alteración, para poder interactuar de nuevo con otro sustrato del mismo tipo.

✍ ACTIVIDAD

Clasificación y ejemplos de enzimas

En la nomenclatura internacional, las enzimas reciben el nombre del sustrato sobre el cual actúan y se le adiciona la terminación **asa**.

Complementa el siguiente cuadro colocando en la tercera columna, un ejemplo de cada enzima.

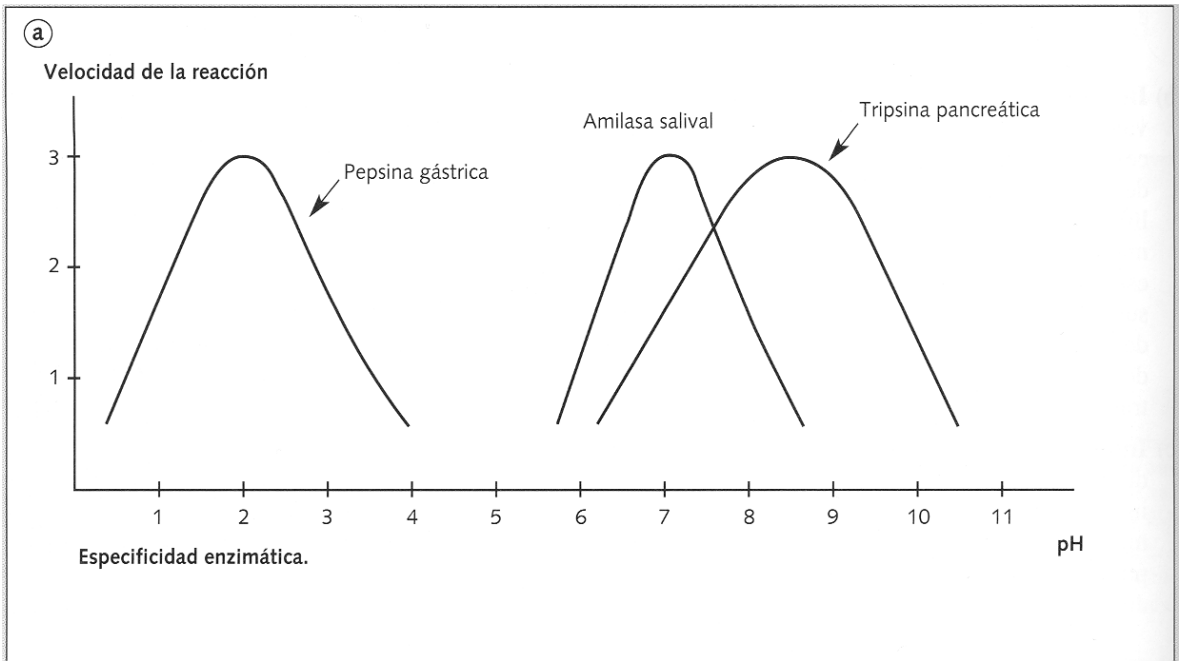
NOMENCLATURA	***REACCIÓN QUÍMICA***	***EJEMPLOS***
OXIDO REDUCTASAS	*Catalizan reacciones de oxido-reducción del sustrato*	
TRANSFERASAS	*Transferencia de grupos radicales de un sustrato a otro sin que queden libres.*	
HIDROLASAS	*Rompen enlaces mediante la adición de una molécula de agua que se une y aporta un –OH a una parte y un H a la otra parte*	
LIASAS	*Adición de dobles enlaces. Separan grupos sin la intervención del agua (sin hidrólisis) originando dobles enlaces o añadiendo grupos (CO_2, H_2O, -NH_2) a moléculas con dobles enlace (-C=O-, -C=C-) que generalmente los pierden*	

ISOMERASAS	*Catalizan reacciones de isomerización, cambian la posición de algún grupo (radical) de una parte de la molécula y la ponen en otro lugar, de la misma molécula*	
LIGASAS O SINTETASAS	*Formación de enlaces con ruptura del ATP. Catalizan la unión de moléculas o grupos mediante la energía proporcionada por la desfosforilación de ATP*	

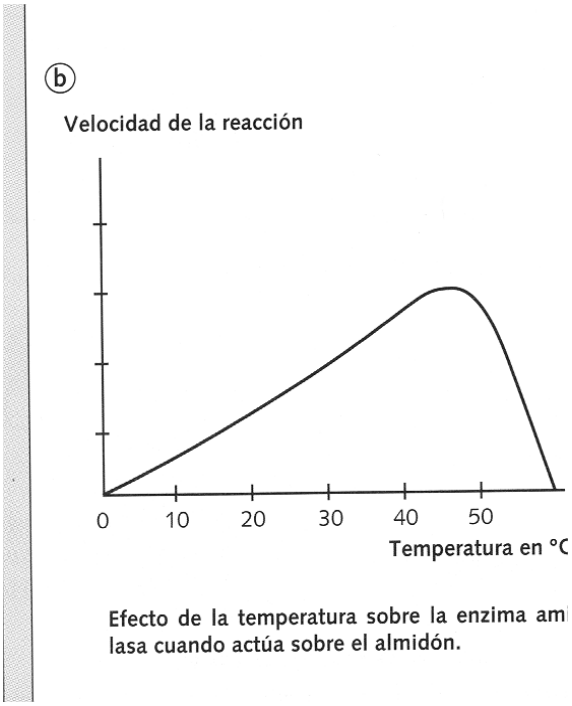
Factores que afectan la actividad enzimática

Existen factores físicos y químicos que pueden afectar la actividad enzimática (acelerándola, retrasándola e incluso la pueden inhibir), entre ellos se encuentran: la temperatura, el pH, la concentración del sustrato y la intervención de compuestos extraños a la reacción que compiten con la enzima.

Observa las siguientes gráficas e investiga los factores que afectan la actividad enzimática, para responder las siguientes preguntas.



Tomado de Jimeno, A., et al. 2003



Efecto de la temperatura sobre la enzima ami
lasa cuando actúa sobre el almidón.

Tomado de Jimeno, A., et al. 2003

En la figura A se observa cual es el pH óptimo y el que inhibe la actividad de la enzima. Contesta en el cuadro anotando los datos correspondientes.

Enzima	***pH inhibidor***	***pH óptimo***
Pepsina gástrica		
Amilasa salival		
Tripsina pancreática		

En la figura B.-Explica la relación que existe entre el incremento de temperatura y la velocidad de reacción.

_____

_____

¿Explica porqué después de 40°C la reacción no es reversible?

_____

_____

✍ ACTIVIDAD

Subraya la opción correcta

1. Moléculas que son indispensables para que ocurran las reacciones químicas en la célula

a) Aminoácidos b) Carbohidratos c) Enzimas d) Hormonas

2. El lugar donde se unen las moléculas que reaccionan con la enzima

a) Coenzima b) Sitio activo c) Holoenzima d) Apoenzima

3. Nombre que recibe la parte proteica de la enzima

a) Apoenzima b) Coenzima c) Proteína d) Holoenzima

4. Enzimas que intervienen en las reacciones para cambiar de lugar los grupos funcionales

a) Oxido-reductoras b) Transferasas c) Ligasas d) Hidrolazas

5. Coenzima cuya función es transferir los grupos fosfato

a) FAT b) NADH c) NAD d) ATP

6. Escribe tu concepto de enzima

_____

_____

_____

RUTAS METABÓLICAS

LECTURA

El **metabolismo** celular es el conjunto de todas las reacciones químicas que suceden en la célula. Sus funciones son:

- La obtención de energía química del entorno: de la luz solar, de reacciones exotérmicas o de sustancias orgánicas.
- La conversión de los nutrientes de los alimentos en precursores de las macromoléculas de las células.
- La construcción de macromoléculas propias a partir de los precursores.
- La formación y degradación de las biomoléculas necesarias para las funciones celulares.

La mayoría de las reacciones químicas que constituyen el metabolismo están ligadas en secuencias que se llaman **rutas metabólicas**, de forma que el producto de una de ellas forma el sustrato de otra. Son muy semejantes en todos los seres vivos.

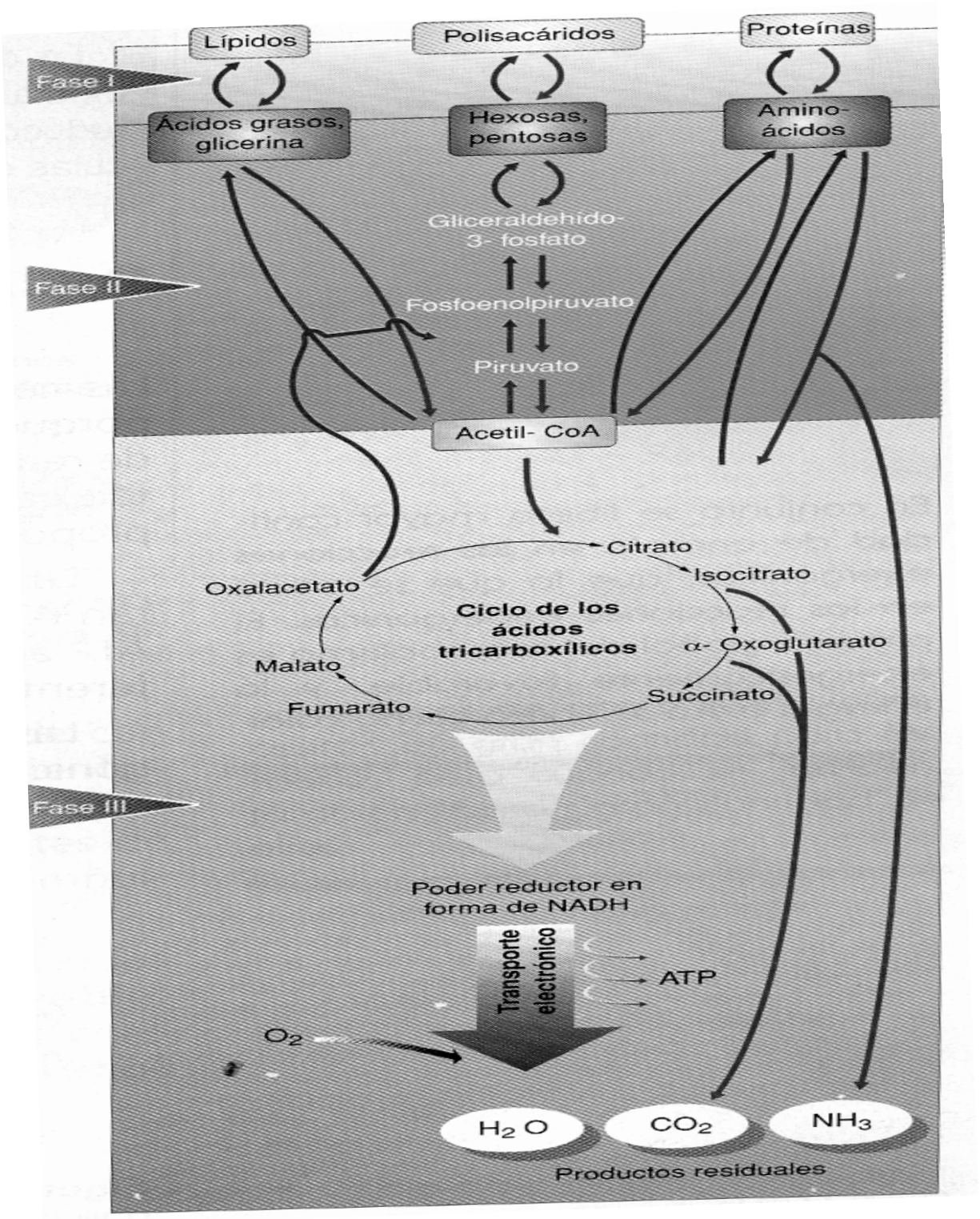
En el metabolismo celular cabe diferenciar dos grandes grupos de rutas: las catabólicas y las anabólicas. El **catabolismo** consiste en la degradación enzimática de moléculas orgánicas complejas (procedentes del entorno de la célula o de sus propios depósitos de reservas nutritivas) a moléculas sencillas.

El **anabolismo** es la construcción enzimática de moléculas orgánicas complejas a partir de moléculas precursoras sencillas. Los procesos de síntesis necesitan un aporte energético que proporciona la energía del enlace fosfato del ATP.

ACTIVIDAD

Observa el siguiente esquema que ilustra el desarrollo de las rutas metabólicas. Colorea de rojo la ruta catabólica de los lípidos, en amarillo la de los polisacáridos y en verde la de las proteínas.

Esquema en el que se representan las diferentes rutas metabolicas.



Tomado de Muñiz, H. E., et al. 1996

¿Cuáles son lo productos finales del catabolismo?

_____

_____

¿Qué tipo de metabolismo representan las flechas que van hacia abajo y cuál las que van hacia arriba?

_____

_____

¿Cuál es la molécula que sirve de enlace a todas?

_____

_____

DIVERSIDAD DE LOS SISTEMAS VIVOS Y METABOLISMO

- **Quimioautótrofos, fotoautótrofos y heterótrofos.**
- **Catabolismo: fermentación y respiración celular.**
- **Anabolismo: fotosíntesis y síntesis de proteínas.**

APRENDIZAJES

- Identifica la diversidad de los sistemas vivos a partir de sus características metabólicas
- Comprende que la fermentación y la respiración son procesos que, con distintas rutas metabólicas sirven para la degradación de biomoléculas en los sistemas vivos.
- Comprende que la fotosíntesis y la síntesis de proteínas son procesos que, por diferentes rutas metabólicas permiten la producción de biomoléculas en los sistemas vivos.

EXPLORANDO TUS IDEAS

Antes de revisar la información, responde a la siguiente pregunta: ¿Para que utilizamos los seres vivos el alimento que consumimos?

_____

_____

QUIMIOAUTÓTROFOS, FOTOAUTÓTROFOS Y HETERÓTROFOS

LECTURA

Fotosíntesis: captura de energía

Todos los seres vivos o son productores o dependen de las actividades de éstos. Los productores son **autótrofos** (del Gr. *auto*, propio, y *trophos*, nutrición), organismos que pueden elaborar moléculas orgánicas a partir de materias primas inorgánicas. La mayor parte de los productores, entre los que se incluyen plantas, algas y determinadas bacterias, son **fotoautótrofos** (autótrofos fotosintéticos), organismos con la capacidad única de absorber energía lumínica (de la luz) y convertirla en energía química almacenada de moléculas orgánicas, por el proceso de la **fotosíntesis**.

Los fotoautótrofos utilizan energía lumínica para formar ATP y otras moléculas que retienen energía química de manera temporal. Su energía impulsa la vía anabólica a través de la cual una célula, sintetiza moléculas orgánicas estables a partir de compuestos inorgánicos sencillos (dióxido de carbono y agua). Estos compuestos inorgánicos sirven como materiales de partida en la síntesis de todos los compuestos orgánicos requeridos por los organismos fotosintéticos (como carbohidratos, aminoácidos y lípidos complejos), y también como un medio de almacenamiento de energía. Entre ellos se incluyen compuestos relativamente reducidos, como glucosa y otros carbohidratos, que pueden oxidarse después en la respiración aerobia o en alguna otra vía catabólica.

Los consumidores y descomponedores son **heterótrofos** (del Gr. *heter*, otro y *trophos*, nutrición), esto es organismos que no pueden producir sus propios compuestos orgánicos y por ello, deben obtenerlos de otros organismos. Los

consumidores viven alimentándose de productores o de otros seres vivos que han ingerido a productores, mientras que los descomponedores viven de la degradación de materia orgánica muerta. La fotosíntesis no sólo sostiene a las plantas y la mayor parte de los demás productores, sino también de manera indirecta a casi todos los animales y demás organismos de la biosfera. Cada año, los organismos fotosintéticos convierten dióxido de carbono en miles de toneladas de moléculas orgánicas. La energía química almacenada en estas moléculas es el combustible de las reacciones metabólicas que sostienen casi la totalidad de la vida en el planeta.

Quimiosíntesis: vida sin sol

En 1977, una expedición oceanográfica a bordo de un sumergible científico *Alvin* estudió la fosa de las Galápagos, una profunda grieta en el piso oceánico frente a las costas del Ecuador. La expedición reveló que en el piso del abismo hay una serie de fuentes ("chimeneas") hidrotermales donde al parecer había penetrado agua de mar y había sido calentada por las rocas subyacentes. Durante su estancia en el interior de la tierra, el agua se cargó de compuestos minerales, incluyendo sulfuro de hidrógeno, H_2S, que es tóxico para la mayor parte de las especies.

A las enormes profundidades (más de 2,500 m) de la fosa de las Galápagos, no existe luz disponible para la fotosíntesis. Pero las chimeneas hidrotermales sostienen una rica y abigarrada variedad de formas de vida, lo que contrasta con el "desierto" circundante del piso abisal. Muchas de las especies encontradas en estos oasis de vida no existen en otros hábitats. Por ejemplo, alrededor de las chimeneas se reúnen grandes grupos de gusanos tubícolas gigantes (casi 3 m. de longitud) de color rojo sangre. Otros animales que se encuentran aquí son especies únicas de almejas, cangrejos, percebes y mejillones. Desde 1977 tales

comunidades de chimeneas hidrotermales, algunas tan grandes como campos de fútbol, se han identificado en muchos otros sitios oceánicos.

Al principio los científicos se preguntaron cuál era la fuente de energía que sostenía a estos organismos. La mayor parte de las comunidades del océano profundo, dependen de la materia orgánica que se hunde desde aguas superficiales esto es, se basan en energía derivada en última instancia de fotosíntesis. Sin embargo, las comunidades de las chimeneas hidrotermales están demasiado pobladas y son bastante productivas para depender de encuentros casuales con materia orgánica de aguas superficiales. En cambio, la base de la trama alimenticia en estos oasis acuáticos es ocupada por bacterias autótrofas **quimiosintéticas**, que poseen enzimas que catalizan la oxidación de sulfuro de hidrógeno para producir agua y azufre o sulfato. Tales reacciones químicas son exergónicas y aportan la energía necesaria para fijar CO_2 (disuelto en el agua) en compuestos orgánicos. Muchos de los animales consumen las bacterias directamente por filtración; otros, como los gusanos tubícolas gigantes, obtienen su energía de bacterias que viven dentro de sus tejidos.

Los científicos siguen haciéndose preguntas acerca de las comunidades de chimeneas hidrotermales. Por ejemplo, ¿cómo encuentran los organismos estas comunidades, ampliamente dispersas en el piso oceánico?, ¿cómo se han adaptado los habitantes de estas comunidades para sobrevivir a las rigurosas condiciones de vida, con alta presión, elevadas temperaturas y sustancias químicas tóxicas? Mientras continúa la investigación sobre las comunidades de chimeneas hidrotermales, los científicos esperan descubrir respuestas a éstas y otras preguntas.

La **quimiosíntesis** se define como “el proceso de producción de compuestos orgánicos a partir de la energía liberada de reacciones químicas”. Las bacterias que

llevan a cabo la quimiosíntesis reciben el nombre de **quimiosintéticas** o **quimioautótrofas**.

Otras bacterias quimioautótrofas que fijan el nitrógeno de la atmósfera, viven libremente en el suelo o asociadas a las raíces de las plantas leguminosas como frijol, chícharo, alfalfa, etc. También hay bacterias nitrificantes quimiosintéticas que fijan el CO_2 utilizando la energía desprendida de la oxidación de compuestos de nitrógeno.

Se considera que el proceso de la quimiosíntesis es importante, ya que si llegaran a desaparecer las plantas, la vida podría continuar gracias a la acción de las bacterias quimiosintéticas.

✍ ACTIVIDAD

I. Con base en la lectura contesta y resuelve el siguiente ejercicio:

¿Qué es un organismo autótrofo?

_____

_____

¿Cuál es la diferencia entre un organismo fotoautótrofo y un quimioautotrofo en relación a forma de obtener su energía?

_____

_____

¿Para que sirven los compuestos orgánicos producidos por los fotoautótrofos?

_____

_____

¿Qué es un organismo heterótrofo?

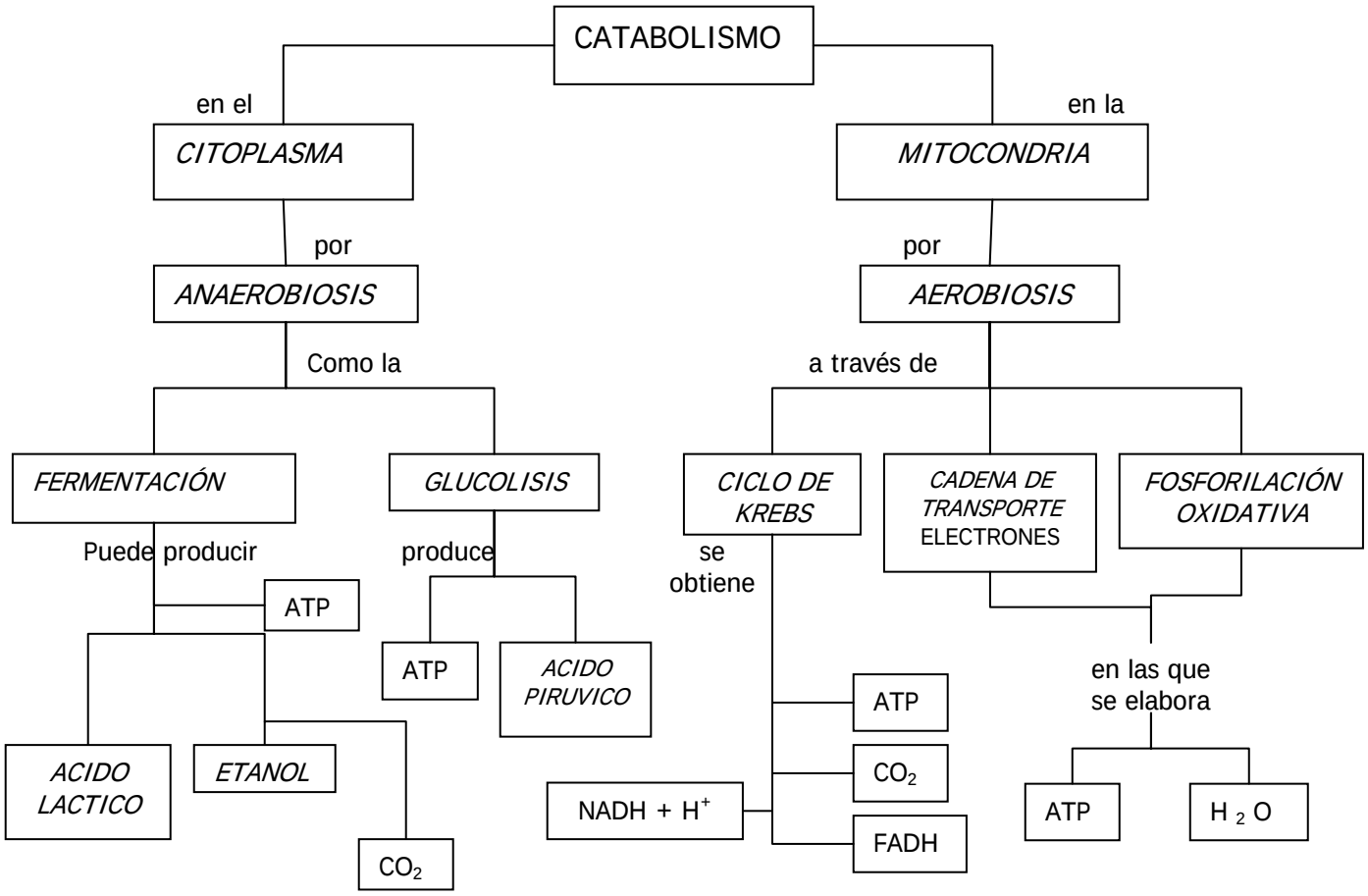
_____

_____

CATABOLISMO: FERMENTACIÓN Y RESPIRACIÓN CELULAR

ORGANIZADOR

Con objeto de que puedas ubicar y entender dos ejemplos de procesos catabólicos anaeróbicos y aeróbicos, el siguiente cuadro te muestra donde ocurre y cuales son los productos finales de éstos.



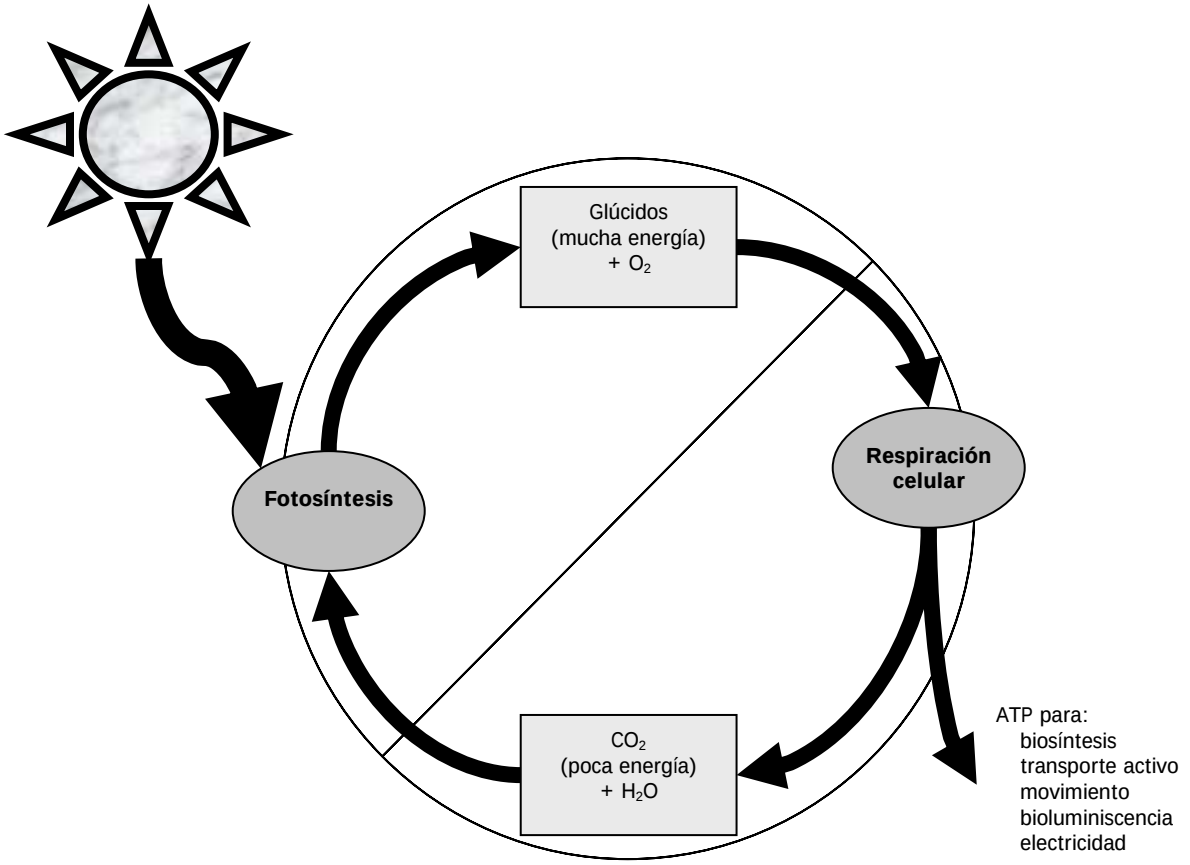
LECTURA

La combustión celular de sustancias energéticas, como los carbohidratos, las grasas y hasta las proteínas, libera la energía potencial almacenada en esas moléculas al romper sus enlaces químicos. Esta energía que se desprende, se

almacena en **moléculas de ATP**, las cuales son degradadas a su vez por la célula, que utiliza la energía que se desprende de ellas para realizar sus diferentes actividades, entre las que podemos citar están el movimiento, la reproducción y la elaboración o síntesis de moléculas. Los procesos por los cuales la energía es almacenada, degradada, transformada, se identifican como **rutas metabólicas**, una de ellas es la denominada respiración celular, que debe su nombre a que en ella interviene el oxígeno que facilita el metabolismo y por lo tanto la obtención de una gran ganancia de energía en forma de ATP.

✍ ACTIVIDAD

Observa el siguiente esquema.



En relación a la figura anterior indica con tus propias palabras, en qué utiliza la célula las moléculas de ATP.

_____

_____

_____

¿Para qué respiran las células?

_____

_____

LECTURA

La primera fase de la degradación de un combustible celular ordinario como la glucosa, se debe a una ruta metabólica que se conoce como glucólisis. En esta etapa no interviene el oxígeno molecular por lo que este proceso se considera anaeróbico.

La **glucólisis** y **fermentación** se refieren básicamente al mismo proceso, aunque sus productos finales son distintos. Como se señaló en la introducción, se trata de un proceso común a los sistemas vivos (procariontes y eucariontes).

El término glucólisis se aplica generalmente a las células eucariontes, que obtienen **ácido pirúvico** en ausencia de oxígeno; mientras, que el término fermentación se refiere a las reacciones que acontecen dentro de las bacterias (procariontes). Las levaduras y las células musculares aunque son células eucariontes, también llevan a cabo fermentación en ausencia de oxígeno, con la producción de alcohol etílico en el caso de las levaduras, o bien ácido láctico en el caso de las células musculares.

EVENTOS QUE OCURREN EN LA GLUCOLISIS
Fosforilación preliminar de la glucosa (6 Carbonos); se consumen dos moléculas de ATP
Rompimiento de la molécula de 6 carbonos para formar dos moléculas de 3 carbonos.
Oxidación y formación de un enlace fosfatídico de alta energía; se producen 2 $NADH_2$ y 2 ATP
Reordenamiento molecular y la formación de un enlace fosfatídico de alta energía; generando 2 ATP y 2 moléculas de ácido pirúvico (fin de la glucólisis e inicio de la respiración aerobia).

✍ ACTIVIDAD

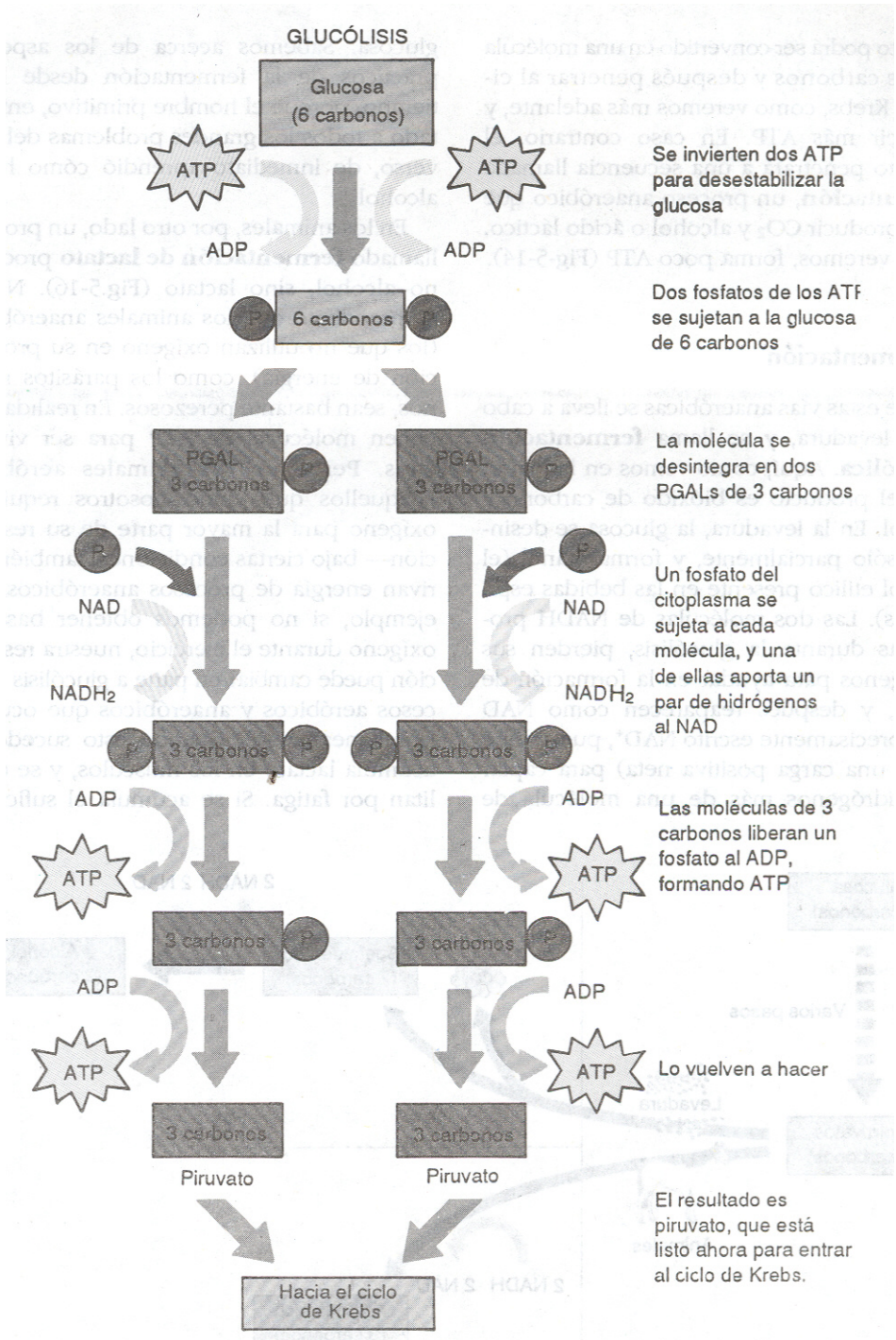
¿Qué papel desempeña el NAD en la glucólisis?

_____

_____

_____

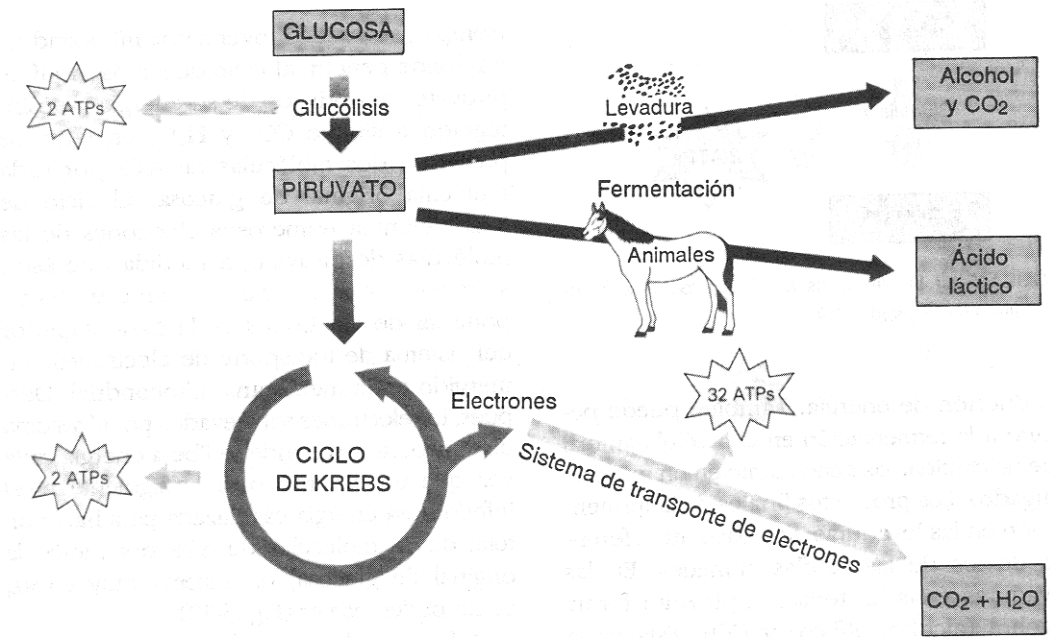
Observa el siguiente esquema, del proceso de glucólisis, marca con color azul la fosforilación preliminar, es decir cuando se consumen dos moléculas de ATP, con amarillo cuando se rompe la molécula, en rojo cuando ocurre la oxidación y formación de un enlace fosfatídico de alta energía, es decir cuando se producen NADH y ATP.



Tomado de Wallace R. A., 1992.

LECTURA

Cuando apareció el oxígeno molecular en la atmósfera hace miles de millones de años, surgió la posibilidad de degradar aún más los combustibles extrayendo de ellos una mayor cantidad de energía que se almacena en sus enlaces, durante este proceso conocido como **vía aeróbica**, el oxígeno funciona como aceptor final de electrones.



Tomado de Wallace R. A., 1992.

ACTIVIDAD

A partir del esquema anterior calcula cuantos ATP se forman por cada molécula de glucosa que se descompone.

a) Por glucólisis_____
b) Por ciclo de Krebs_____
c) Por cadena transportadora de electrones_____

Si se tiene en cuenta que ambos procesos inician con una molécula de glucosa, cuál de ellos es más eficiente en producción de energía.

LECTURA

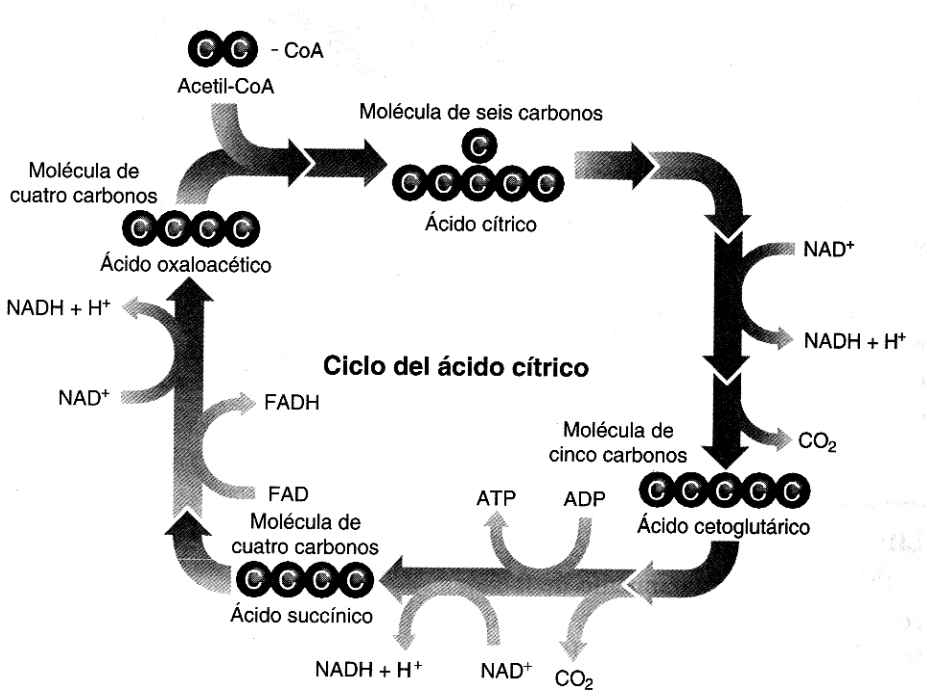
El **ciclo de Krebs** también conocido como el ciclo de los ácidos tricarboxílicos, que tiene este nombre porque en ella intervienen ácidos orgánicos con tres grupos carboxilo (- COOH). Está integrado por una serie de reacciones, mediante las cuales el ácido pirúvico se convierte en ácido cítrico, se obtiene CO_2, átomos de hidrógeno y energía (ATP).

Las reacciones del ciclo de Krebs, se realizan en la matriz de las mitocondrias, para los organismos eucariontes y en el citoplasma para los procariontes que lo llevan a cabo.

El ácido pirúvico sufre una descarboxilación y forma un grupo acetil. El grupo acetil se une a la coenzima A para formar un compuesto llamado acetil coenzima A o acetil CoA. Este compuesto cede su grupo acetil al ácido oxaloacético y se forma el ácido cítrico.

El ácido cítrico cambia a una molécula de cinco carbonos y luego a una de cuatro, liberándose una molécula de dióxido de carbono en cada reacción. Esta molécula de cuatro carbonos que reacciona para formar de nuevo la sustancia original. Como resultado, una nueva molécula de cuatro carbonos, se encuentra disponible para combinarse con cada acetil –CoA que entre al ciclo.

CICLO DEL ÁCIDO TRICARBOXÍLICO



Tomado de Biggs, A. et al. 2000.

✍ ACTIVIDAD

Sigue la secuencia de reacciones del ciclo de la figura anterior y encierra en un círculo los lugares en los que el NAD^+ y el FAD toman los electrones que se liberan.

Con un triángulo señala los CO_2 que se liberan con la ruptura de las moléculas.

LECTURA

La **cadena de transporte de electrones** es un proceso que se realiza en las crestas mitocondriales, está integrada por una serie de pigmentos respiratorios de la mitocondria, que acarrean a los electrones desde las coenzimas reducidas (NADH, $FADH_2$), hasta el oxígeno, siendo este el último aceptor y formando agua.
Puesto que los electrones asociados con las coenzimas reducidas se encuentran en un nivel de energía relativamente alto, mientras que su unión con el oxígeno constituye un nivel de energía mucho más bajo, el paso de electrones a lo largo de la cadena de transporte de electrones tiene como consecuencia la liberación de energía. **Esa energía se emplea para formar ATP**: cuando el donador de electrones es el $FADH_2$ se sintetizan dos moléculas de ATP, pero se forman tres moléculas de ATP cuando el donador es el NADH, cuyo nivel de energía es más alto.

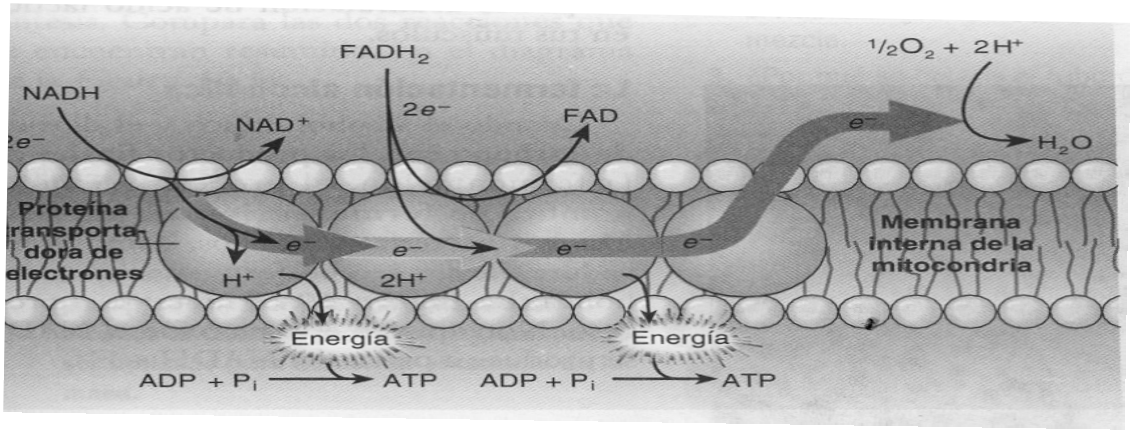
✍ ACTIVIDAD

I. Investiga el nombre de los transportadores de electrones que intervienen en la cadena.

_____

_____

II. El siguiente esquema representa la cadena respiratoria, marca con rojo los sitios de formación de ATP y anota el número que se formó de éstos, e indica los nombres de los citocromos que intervienen en el proceso.



Tomado de Biggs, A. et al. 2000.

III. Selecciona la respuesta correcta

1. Se define como la fase degradativa del metabolismo y su finalidad es la obtención de energía que se almacena en moléculas de ATP.

a) metabolismo
b) anabolismo
c) catabolismo
d) síntesis
e) fotosíntesis

2. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es verdadera en la fermentación?

a) Se produce una ganancia neta de ATP
b) Se produce una ganancia neta de NADH
c) Es un proceso aeróbico
d) Pueden ser realizados por una bacteria
e) Producen más energía por molécula de glucosa de lo que hace la respiración aeróbica

3. Se define como la transformación de ácido pirúvico en etanol y dióxido de carbono sin la intervención de oxígeno

a) fermentación pútrida
b) fermentación láctica
c) fermentación alcohólica
d) fermentación butírica
e) glucólisis

4. ¿Qué enunciado acerca de la fermentación láctica es falso?

a) La fermentación láctica produce moléculas de ATP además de las que se producen por la glucólisis.
b) La fermentación láctica oxida NADH + H^+ a NAD^+.
c) La fermentación láctica se lleva a cabo en las células musculares en ausencia de oxígeno.
d) La fermentación láctica puede llevarse a cabo en condiciones anaeróbicas
e) La fermentación láctica en células musculares usualmente crea una necesidad de oxígeno, que después debe satisfacerse.

5. El proceso que convierte glucosa (6C) en dos moléculas de piruvato (3C) es:

a) glucólisis
b) fermentación
c) ciclo del ácido cítrico
d) transporte de electrones respiratorios
e) ciclo de Calvin-Benson

6. ¿Dónde se lleva a cabo la glucólisis?

a) en el citoplasma
b) en la matriz mitocondrial
c) en la membrana interna de las mitocondrias
d) en la membrana externa de las mitocondrias
e) en el estroma de los cloroplastos

7. Casi todo el ATP producido en la respiración aeróbica proviene de:
   a) Glucólisis
   b) El sistema de transporte de electrones
   c) El ciclo del ácido cítrico
   d) Fermentación
   e) Ósmosis inversa
8. El proceso que convierte al piruvato (3C) en tres moléculas de CO_2 es:
   a) glucólisis
   b) fermentación
   c) el ciclo del ácido cítrico
   d) transporte de electrones respiratorios
   e) ciclo de Calvin- Benson

9. Durante la fosforilación oxidativa, se forma agua. ¿De dónde vienen los átomos de oxígeno que forman el agua?
   a) Dióxido de carbono
   b) Glucosa
   c) Oxígeno molecular
   d) Piruvato
   e) Lactato

10. ¿Cuál de las siguientes opciones no es una función de la glucólisis?
   a) Producción de ATP
   b) Producción de NADH
   c) Producción de $FADH_2$
   d) Formación de Piruvato
   e) Producción de CO_2

11. ¿Qué proceso en las células eucariontes normalmente es anterior a la ausencia o presencia de oxígeno?

a) Fermentación
b) Glucólisis
c) Ciclo de Krebs
d) Fosforilación oxidativa
e) Transporte de electrones

12. ¿Cuál de las siguientes moléculas produce el ciclo de Krebs para después cambiarlas a energía en el sistema de transporte de electrones?

a) ATP y CO_2
b) CO_2 y FAD
c) $FADH_2$ y NADH
d) NADH y ATP
e) NADH, $FADH_2$ y ATP

ANABOLISMO: FOTOSÍNTESIS Y SÍNTESIS DE PROTEÍNAS

EXPLORANDO TUS IDEAS

Existen plantas que pierden sus hojas en una época del año (caducifolias) como ocurre con el árbol de durazno y otras que tienen follaje durante todo el año (perenifolias) ¿Qué piensas que le ocurriría a una planta perenifolia si le quitas todo su follaje? Fundamenta tu respuesta

_____

_____

LECTURA

La fotosíntesis se lleva a cabo en los organelos citoplasmáticos llamados cloroplastos. Cada una de las células de los tejidos fotosintéticos en las plantas superiores tiene entre 25 y 75 cloroplastos, aunque este número varía dependiendo de la especie, del tejido y del hábitat del vegetal. En general, los cloroplastos tienen una longitud entre 2 y 6 µ (micras). Tiene forma de balón de fútbol americano, y están rodeados por una doble membrana. En un cloroplasto se distinguen dos regiones: una externa, constituida por una doble matriz líquida, llamada estroma. El estroma contiene un sistema interno de membranas que se pliegan para formar vesículas o sacos, conocidos de manera individual como tilacoides. Los tilacoides se apilan uno sobre otro, semejando una columna que recibe el nombre de grana. La membrana de los tilacoides se extiende y se une con la membrana de otros tilacoides, formando interconexiones llamadas lamelas o intergrana. Los grana y las lamelas presentan espacios o canales internos llamados lumen.

Dentro de los cloroplastos se encuentran los pigmentos, nombre genérico de las sustancias que poseen una cierta coloración. En el caso de la plantas, se conocen varios pigmentos; entre los mas abundantes sobresalen las clorofilas a y b, que producen colores verdes, y los carotenos, xantofilas y antocianinas que dan colores amarillos, rojos y azules, respectivamente. Aunque las clorofilas son muy similares en su estructura química, cada una capta diferentes longitudes de onda del espectro de luz solar. La clorofila corresponde alrededor del 5% del peso seco del cloroplasto.

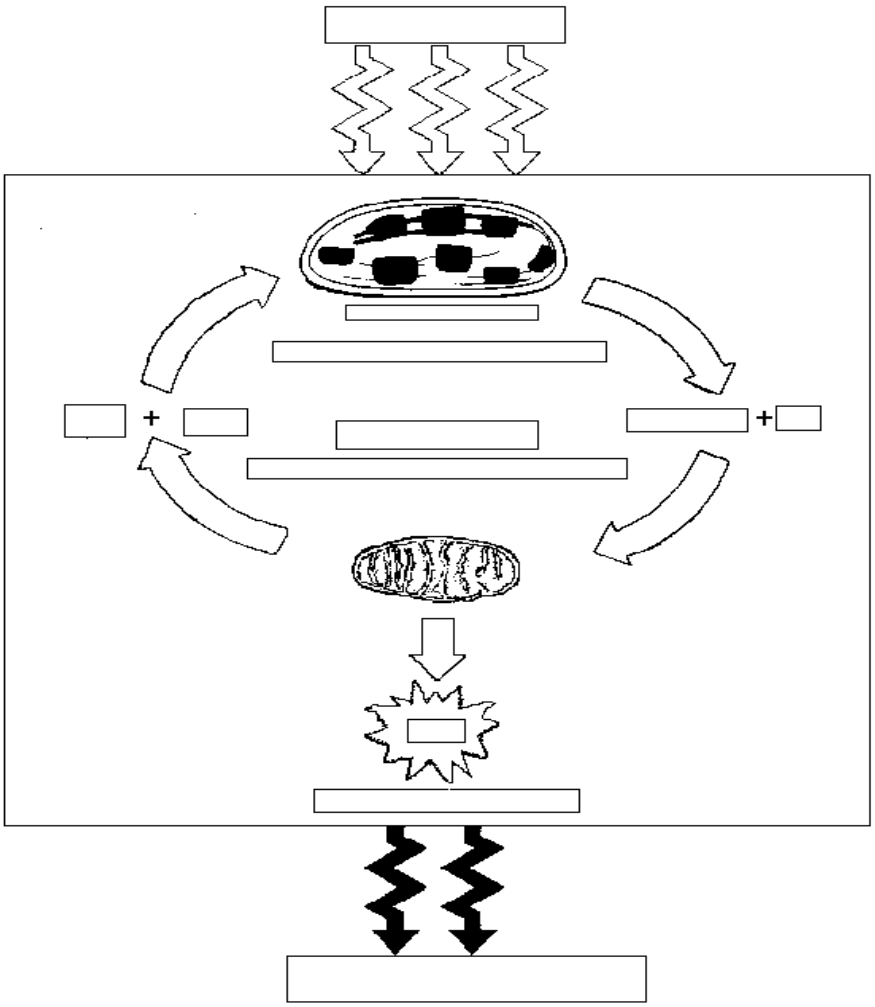
✍ ACTIVIDAD

I. Complementa el siguiente cuadro

<table>
<tr><th colspan="5">PARTES DEL CLOROPLASTO</th></tr>
<tr><td>Región externa</td><td></td><td>Doble membrana</td><td></td><td>_____: cubre, protege e intercambia sustancias.</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Región interna</td><td rowspan="5"></td><td rowspan="5">Sistema interno de membranas</td><td rowspan="5"></td><td>_____: matriz de sustancia líquida.</td></tr>
<tr><td>_____: saco o bolsa rodeado de membrana interna.</td></tr>
<tr><td>_____: apilamiento de tilacoides.</td></tr>
<tr><td>_____: puentes de unión entre los grana.</td></tr>
<tr><td>_____: canal o espacio interno.</td></tr>
</table>

II. En el siguiente dibujo se representa el flujo energía a través de la mitocondria, el cloroplasto y los productos que se obtienen en las reacciones que se realizan en cada uno de ellos. Selecciona la palabra o frase que complemente el esquema.

CLOROPLASTO	ENERGÍA BIOLOGICA (ATP)
GLUCOSA	ENERGIA SOLAR
OXÍGENO	ENERGÍA CALORIFICA
MITOCONDRIA	PARA EL TRABAJO CELULAR
GAS CARBONICO	SITIO DE LA FOTOSINTESIS
AGUA	SITIO DE LA RESPIRACIÓN CELULAR



LECTURA

La fotosíntesis es el proceso anabólico que realizan diversos grupos autótrofos; consiste en la transformación de energía luminosa en energía química a partir de CO_2 y H_2O, para producir compuestos orgánicos y oxígeno, con la participación de varias enzimas.

En los organismos eucariontes el proceso fotosíntetico se realiza en los cloroplastos, mientras que en los procariontes, ocurre en su sistema de membranas.

Durante las reacciones de fotosíntesis, algunos compuestos inorgánicos, como el agua y el dióxido de carbono, se transforman en compuestos orgánicos como la glucosa y, además, se libera oxígeno a la atmósfera.

La fotosíntesis se lleva a cabo en dos etapas conocidas como **fase oscura y fase luminosa.** Las primeras reacciones de la fotosíntesis requieren luz para dar inicio al proceso, por lo que se le denomina fase luminosa y se lleva a cabo en la membrana de los grana. Parte de los productos obtenidos en esta fase, pasan al estroma del cloroplasto donde ocurre otro conjunto de reacciones que, como no requieren de la luz, se les conoce como reacciones en fase oscura. Cabe aclarar que esta última fase también se presenta en el día, aunque la luz no sea indispensable en esta etapa del proceso.

Fase luminosa.

Dentro de la fase luminosa, se consideran dos grupos de reacciones: las **no cíclicas** y las **cíclicas**. Durante las reacciones no cíclicas la fotosíntesis se realiza

en dos sitios conocidos como **fotosistemas I** y **II**; mientras que en las reacciones cíclicas sólo participa el **fotosistema I**.

Fase oscura o ciclo de Calvin.

Durante las reacciones de la fase oscura que se producen en el estroma, el ATP y NADPH producidos en las reacciones de la fase luminosa se usan para reducir el dióxido de carbono a carbono orgánico. Esto se produce mediante el ciclo de Calvin. En este ciclo, una molécula de dióxido de carbono se combina con una molécula inici8al, un glúcido de cinco carbonos llamado ribulosa difosfato (RuBP). En cada vuelta del cilo entra un átomo de carbono. Tres vueltas del ciclo producen una molécula tricarbonada, el gliceraldehído fosfato. Dos moléculas de gliceraldehído fosfato (seis vueltas del ciclo) se combinan para formar una molécula de glucosa. Con cada vuelta del ciclo, la RuBP se regenera. El gliceraldehído fosfato puede también usarse como materia prima para otros compuestos necesarios para la célula.

✍ ACTIVIDAD

I. Complementa el siguiente cuadro indicando la etapa de la fotosíntesis que se lleva a cabo en cada una de las estructuras del cloroplasto.

ESTRUCTURA DEL CLOROPLASTO	***ETAPA DE LA FOTOSINTESIS***
Tilacoide	
Estroma	

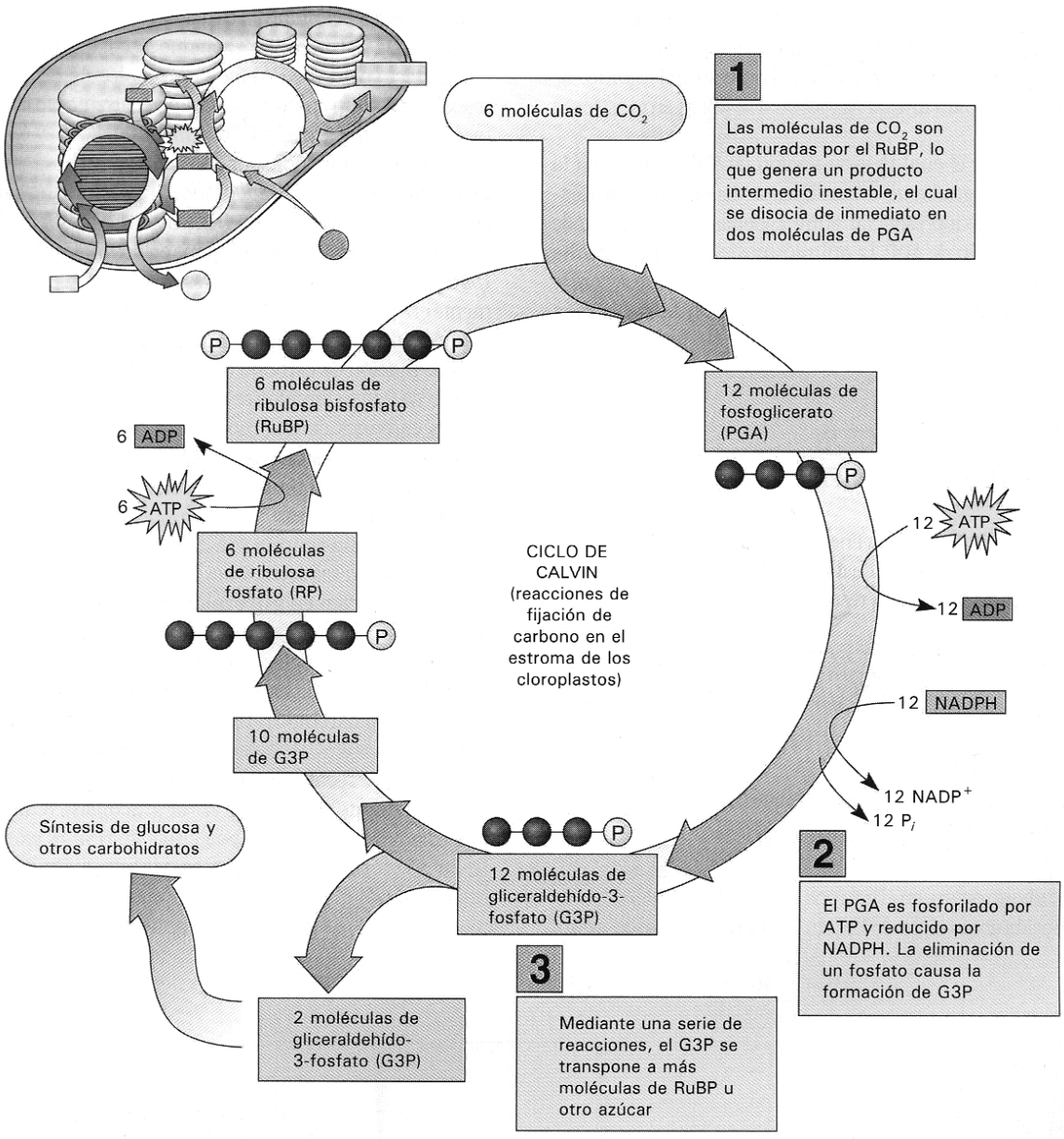
II. Complementa los siguientes cuadros.

FASE LUMINOSA DE LA FOTOSÍNTESIS			
Reacciones	***Participan***	***Producto(s)***	***Se utiliza en***
No cíclicas	*Fotosistemas I y II*		*Fase oscura* *La respiración*
Cíclicas		*ATP*	

FASE OSCURA DE LA FOTOSÍNTESIS	
PRODUCTO	***SE UTILIZA EN***
	La nutrición de las plantas y de los seres vivos que se alimentan de ellas.
ADP	
NADP	*La fase luminosa como materia prima en la formación de NADPH + H^+*

✍ ACTIVIDAD

Observa el siguiente diagrama llamado Ciclo de Calvin–Benson para contestar el siguiente cuestionario.



Tomado de Solomon, P. E., et al., 2003.

¿Cuántas moléculas de dióxido de carbono ingresan al ciclo de Calvin? _____

¿Cuántos ATP son utilizados y que compuestos forman? _____

_____

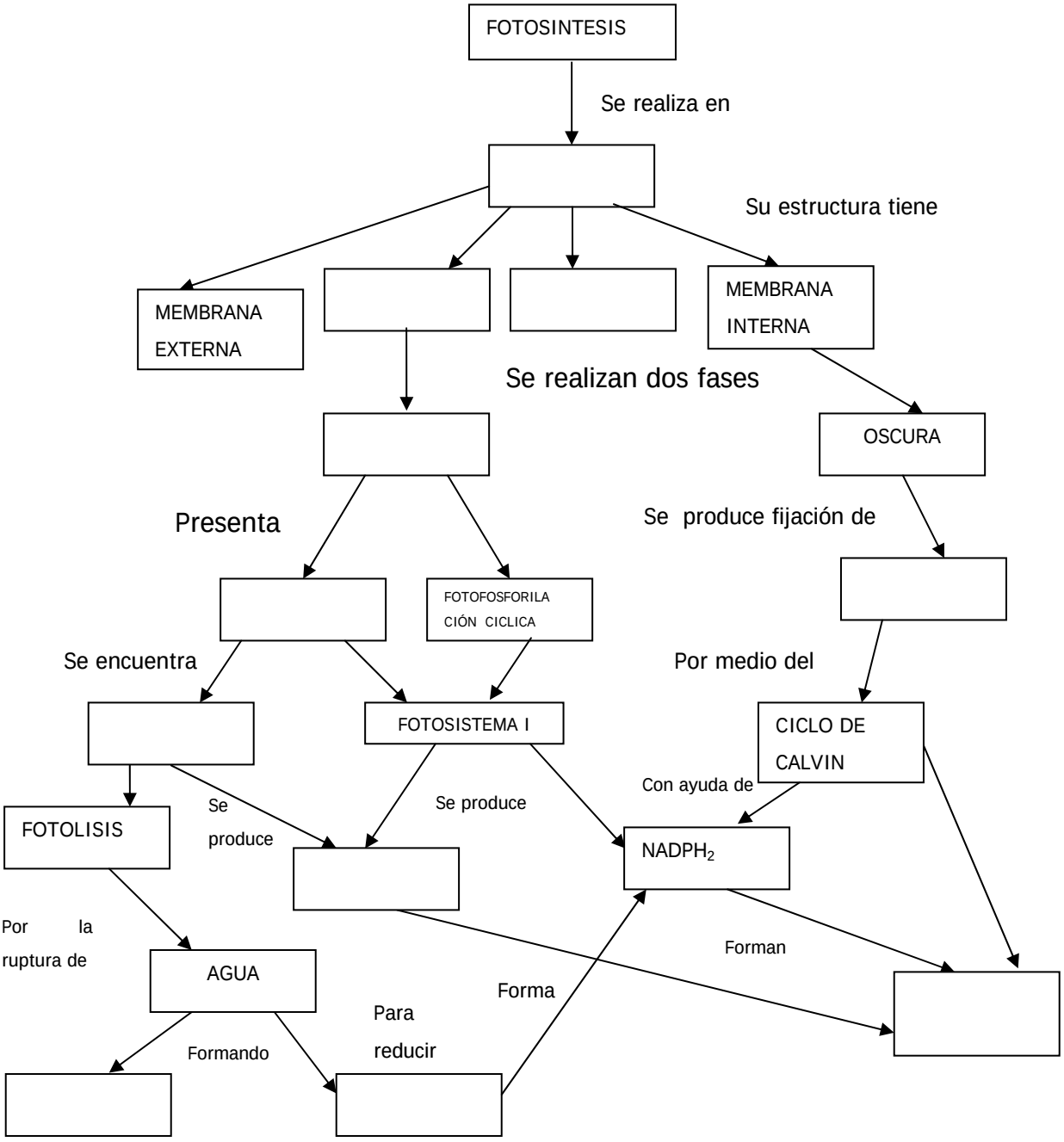
_____

¿Cuántos $NADPH^+$ se utilizan y que compuestos se utilizan?_____

_____

¿A partir de que compuesto se forma la glucosa y otros azúcares?_____

Complementa el siguiente diagrama



✍ ACTIVIDAD

Anota dentro del paréntesis la respuesta correcta:

1. El proceso fotosintético se realiza en ( )
   a) cloroplastos
   b) vacuolas
   c) mitocondrias
   d) lisosomas
   e) nucleolo
2. Las reacciones dependientes de la luz (fase luminosa) se realizan en ( )
   a) membrana externa
   b) estroma
   c) tilacoides
   d) lamelas
   e) membrana interna
3. La fijación del dióxido de carbono (fase oscura) se realiza en ( )
   a) espacio intermembranal
   b) lamelas
   c) estroma
   d) granas
   e) membrana externa
4. El pigmento azul–verde que se encuentra en todas las plantas fotosintéticas se llama ( )
   a) carotenos
   b) clorofila
   c) ficobilinas
   d) xantofilas
   e) ficocianinas

6. Los electrones que son expulsados de la clorofila y son transferidos a otros compuestos conocidos como ( )

a) transportadores de electrones
b) fluorescentes
c) dadores de electrones
d) moléculas fácilmente oxidables
e) dependientes de la luz

7. La fotosíntesis depende en gran parte de las longitudes de onda que corresponden a la luz ( )

a) invisible
b) visible
c) coloreada
d) blanca
e) fotónica

Relaciona ambas columnas. Algunas preguntas requieren más de una respuesta.

Fotosistema activado por luz de longitud de onda de 680 nm: _____ Fotosistema en el que NADP actúa como receptor de electrones: _____ Fotosistema que interviene en la fotofosforilación cíclica: _____ Dos productos principales de las reacciones luminosas; estos productos se utilizan posteriormente en las reacciones oscuras: _____ Los centros de reacción del sistema de pigmentos II se conocen como centros de reacción _____ debido a la longitud de onda a la que responden Sistema(s) de pigmentos que intervienen en la fotofosforilación acíclica: _____	1. Carbohidratos 2. ADP 3. ATP 4. NAP^+ 5. NADPH 6. P680 7. P700 8. Oxígeno 9. Fotosistema I 10. Fotosistema II 11. Sistema de pigmentos I 12. Sistema de pigmentos II 13. Fotosistema I

SÍNTESIS DE PROTEÍNAS

EXPLORANDO TUS IDEAS

¿De dónde toman las células el material que necesitan para mantenerse vivas?

_____

_____

LECTURA

La célula es un sistema bioquímico, cuyo funcionamiento es posible a través de la presencia de una organización molecular, macromolecular, y supramacromolecular que constantemente se renueva y que da por resultado la conservación de la vida. Esto lo consigue gracias a la existencia de una formidable cantidad de compuestos muy versátiles llamados **proteínas**. Aunque hay miles de proteínas celulares, todas comparten una propiedad en común: **todas se producen a partir de las instrucciones dictadas por el ácido desoxirribonucleico (ADN)**, **al ácido ribonucleico (ARN),** este es un proceso anabólico.

El **ADN de eucariontes**, siempre está confinado en el núcleo celular y sin embargo, la información que posee tiene efecto en todo el funcionamiento de la célula (metabolismo). ¿Cómo es esto posible? El primer paso consiste en **transcribir** (copiar) la información codificada en el ADN (se trata de la información correspondiente a un gen o cuando mucho a un grupo de genes afines), en una molécula químicamente parecida a él pero de una sola hebra: el ARN mensajero (ARN_m).

A continuación la información del ARN_m es **traducida** (descifrada) para la elaboración de largas cadenas de aminoácidos, que se conocen como polipéptidos. Los polipéptidos tras unirse a otros polipéptidos y componentes celulares

constituyen las **proteínas funcionales** de la célula. Puesto que las propiedades de las células determinan las propiedades de un organismo, existe una conexión entre los genes y la estructura y capacidad funcional de un ser vivo.

Los dos tipos de ácidos nucleicos: el **ADN** o **ácido desoxirribonucleico** y el **ARN** o **ácido ribonucleico**, están compuestos por subunidades llamadas **nucleótidos**. Estas subunidades estas compuestas por:

- Una base nitrogenada, derivada de la purina (adenina y guanina) o de la pirimidina (citosina, timina y uracilo.
- Una pentosa, que puede ser ribosa (en los ribonucleótidos) o desoxirribosa (en los desoxirribonucleótidos).
- Acido fosfórico.

Los **desoxirribonucleótidos** monofosfato de adenina, guanina, citosina y timina forman parte del ADN. Los **ribonucleótidos** monofosfato de adenina, guanina, citosina y uracilo forman parte de los ARN.

Los nucleótidos monofosfato que constituyen parte de los ácidos nucleicos están unidos y forman cadenas de **polinucleótidos**. El ADN está constituido por dos cadenas antiparalelas de nucleótidos unidas por puentes de hidrógeno, dos entre la adenina y timina (A=T) y tres entre la guanina y la citosina (C ≡ G). El ARN esta constituida por una sola cadena.

Existen tres tipos de ARN:

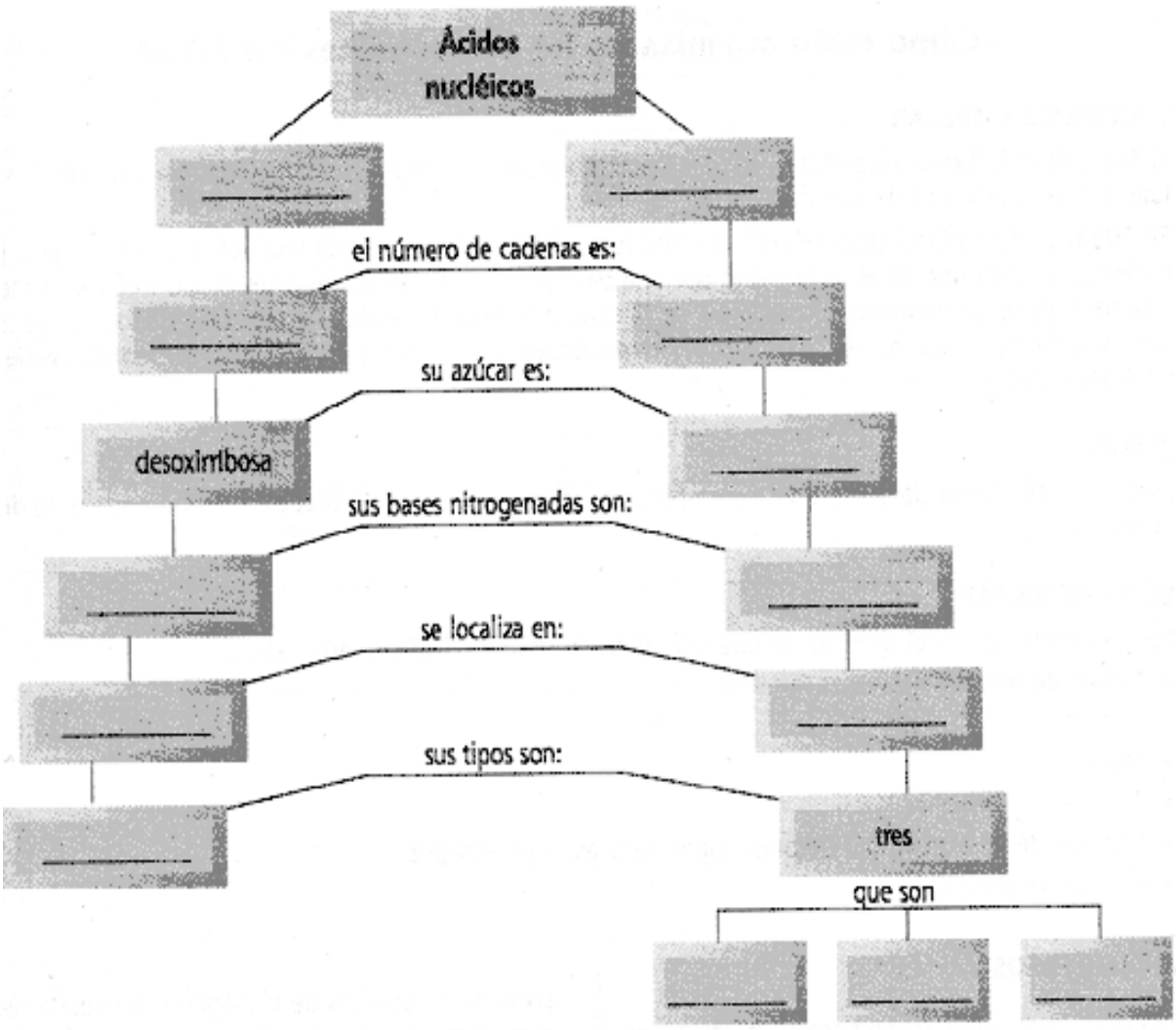
- **ARN**$_m$ (mensajero). Su función es llevar la información o mensaje genético desde el ADN que se encuentra en el núcleo, hasta el sitio donde se forman las proteínas en el citoplasma.
- **ARN**$_r$ (ribosomal). Se localiza en los ribosomas, sitios donde se forman las proteínas en el citoplasma.

- **ARN$_t$** (de transferencia o transportador de aminoácidos). Es una molécula en forma de trébol cuya tarea principal es transportar los aminoácidos desde el citoplasma hasta el sitio donde se forman las proteínas.

✍ ACTIVIDAD

Completa el siguiente mapa conceptual utilizando los siguientes términos

***Ribosa,*ARN$_m$,*ARN$_r$,*ARNt,*ACGT,*ADN,*ARN,*ACGU,*núcleo,*núcleo y citoplasma,*único,*Dos,*Una**



LECTURA

Transcripción

Durante este proceso, la información codificada en el ADN, es copiada o transcrita en nucleótidos de **ARN**$_m$ a partir de los siguientes eventos:

1. Una enzima rompe los puentes de hidrógeno que une las bases A-T y C-G del ADN.
2. En el núcleo celular hay nucleótidos de ARN libres que se alinean a lo largo de una de las cadenas de ADN abiertas. (Recuerda que ambas hélices de ADN se mantienen unidas cuando, una adenina (A), se acopla a una timina (T) y una citosina (C) a una guanina (G). Recuerda también que el ARN tiene uracilo en lugar de timina).
3. Por acción de la enzima ARN polimerasa, los nucleótidos del ADN se unen con los del ARN a través de sus bases nitrogenadas: adenina con uracilo (A-U) y guanina con citosina (G-C).
4. La formación de la cadena de **ARN**$_m$, continúa hasta que la ARN polimerasa llega a una secuencia de ADN que actúa como "señal de terminación de la transcripción". Al final del proceso se forma una cadena de **ARN**$_m$ completa.

La certeza de que el ARNm era una copia funcional de las instrucciones genéticas del ADN, dejaba dudas todavía. Las proteínas contienen 20 aminoácidos diferentes, pero el ADN y el ARN contienen sólo cuatro nucleótidos diferentes. De alguna manera, estos nucleótidos constituyen un **código genético** para los aminoácidos.

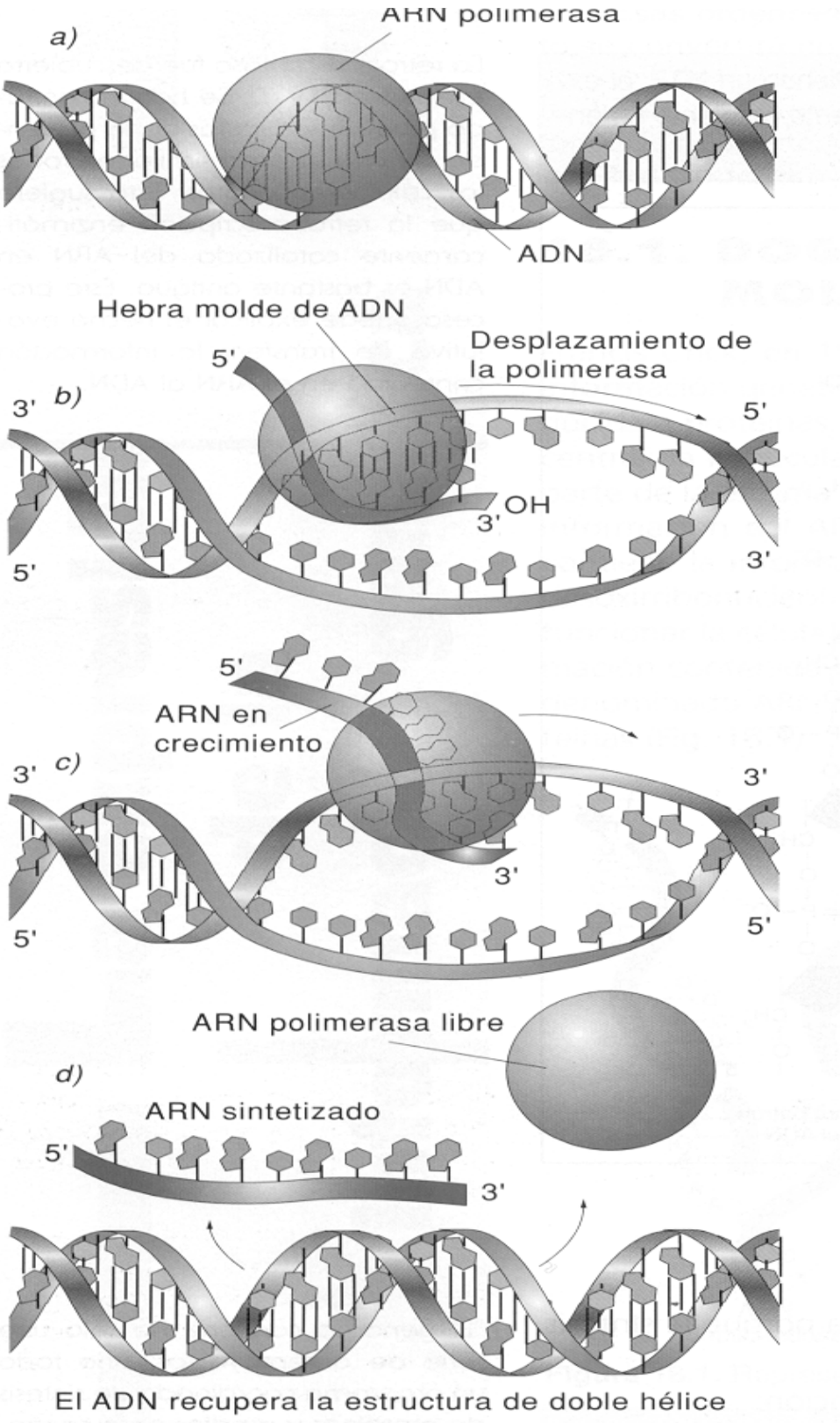
La idea del código, tal como se vio más tarde, resultó ser de una gran utilidad, no sólo como una metáfora muy representativa, sino como una analogía útil para la investigación. Los científicos, al tratar de comprender cómo la secuencia de

nucleótidos de la doble hélice podía controlar las estructuras tan diferentes de las proteínas, abordaron el problema utilizando métodos criptográficos para el descifrado de códigos.

La estructura primaria de cada clase de molécula proteica consta de una secuencia linear específica de aminoácidos de hasta 20 nucleótidos en una cadena lineal de ADN. Si cada nucleótido “codificara” para un aminoácido, sólo se especificarían cuatro aminoácidos con estas cuatro bases. Si fueran dos bases las que especificaran un aminoácido, tomando todas las combinaciones posibles se codificarían 4 x 4, o sea 16 aminoácidos, número todavía insuficiente para alcanzar los 20. Siguiendo la analogía del código, se necesitan como mínimo tres nucleótidos para especificar cada aminoácido. Con tres nucleótidos se pueden formar unas 4 x 4 x 4 (64) combinaciones posibles, cada una de las cuales recibe el nombre de **codón**, y son más de las necesarias.

De los 64 codones existentes, 61 codifican algún aminoácido en particular. Otros tres son señales de paro, que provocan la terminación de la síntesis de la cadena polipeptídica.

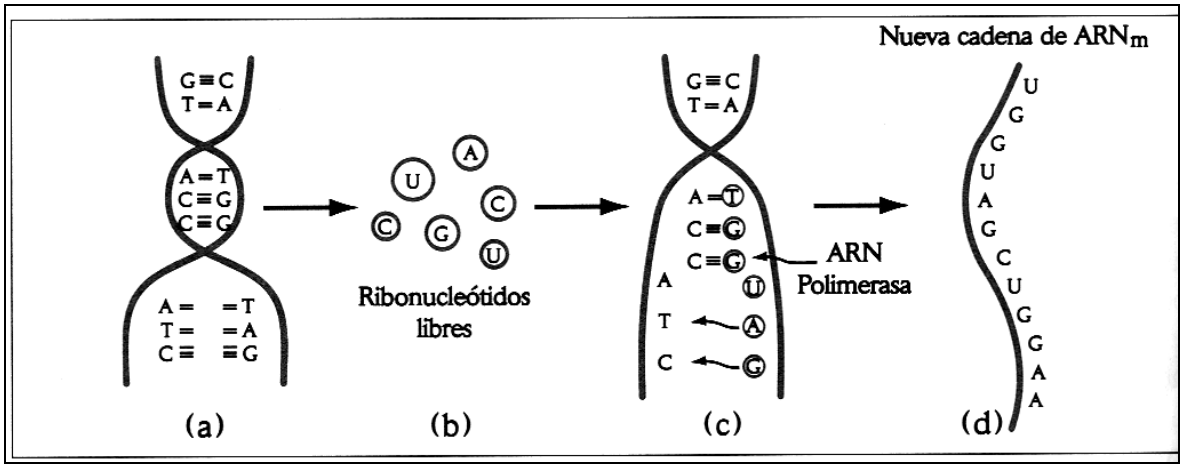
Puesto que hay 61 tripletes para codificar 20 aminoácidos, existen “sinónimos”, por ejemplo, los seis codones diferentes de la leucina. La mayoría de los sinónimos se diferencian sólo por el tercer nucleótido. Cada codón, sin embargo, especifica un solo aminoácido.



Tomado de VALDIVIA, B. *et al.* 2003.

✍ ACTIVIDAD

Observa la siguiente imagen, identifica y describe abajo de cada inciso las etapas de la transcripción que correspondan.



Tomado de Valdivia, B. et al. 2003.

a)_____

b)_____

c)_____

d)_____

LECTURA

Traducción

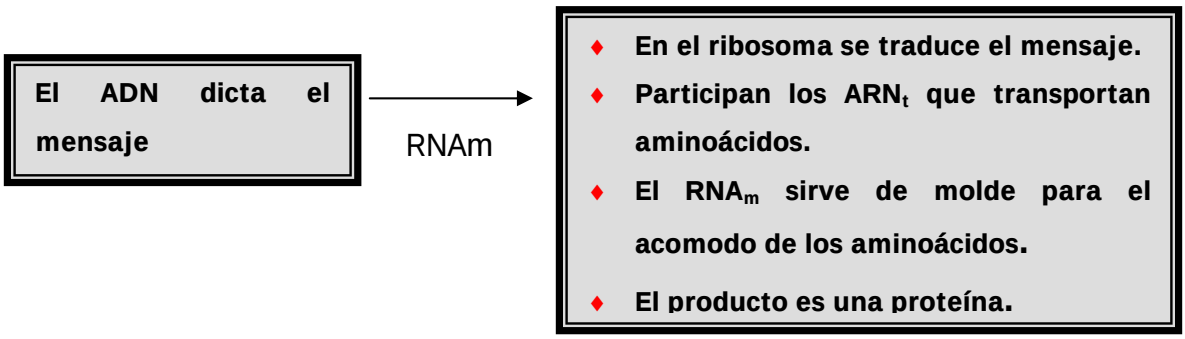
En general se entiende como traducción al proceso de cambiar el mensaje de un idioma a otro. La formación de proteínas se considera una traducción, ya que cambia el lenguaje de bases de los ácidos nucleicos al lenguaje de aminoácidos, que unidos forman una proteína. Para ello, el ARN_m sale del núcleo y lleva la información hasta los ribosomas, estructuras supramacromoleculares formadas por ARN_r y proteínas ribosomales. Los ribosomas constituyen el sitio donde se traducirá el mensaje enviado por el ADN.

Varias moléculas pequeñas de **ARN_t** acarrean la materia prima (los aminoácidos) al lugar de montaje, para formar las proteínas particulares que dicta el ARN_m. En el ARN_t existen dos sitios, cada uno con una función específica. Uno de ellos se llama **anticodón** y tiene como función aparearse de manera complementaria con las tres bases de cada **codón** del ARN_m. En el lado opuesto al anticodón, se encuentra el sitio de unión con un aminoácido específico. Debe haber al menos 20 tipos de moléculas de ARN_m.

Los principales eventos de este proceso son los siguientes.

1. Instalación del ARN_m en el ribosoma.
2. Activación enzimática de aminoácidos para su adhesión a moléculas de ARN_t.
3. Apareamiento específico entre los codones del ARN_m y los anticodones del ARN_t. (esto ocurre en los ribosomas).
4. Elongación o crecimiento de la molécula de proteína que se esta sintetizando mediante enlaces peptídicos y por acción de enzimas específicas.
5. Terminación. El proceso concluye cuando el ribosoma llega a cualquiera de las señales de terminación (UAA, UAG, UGA) en el ARN_m.

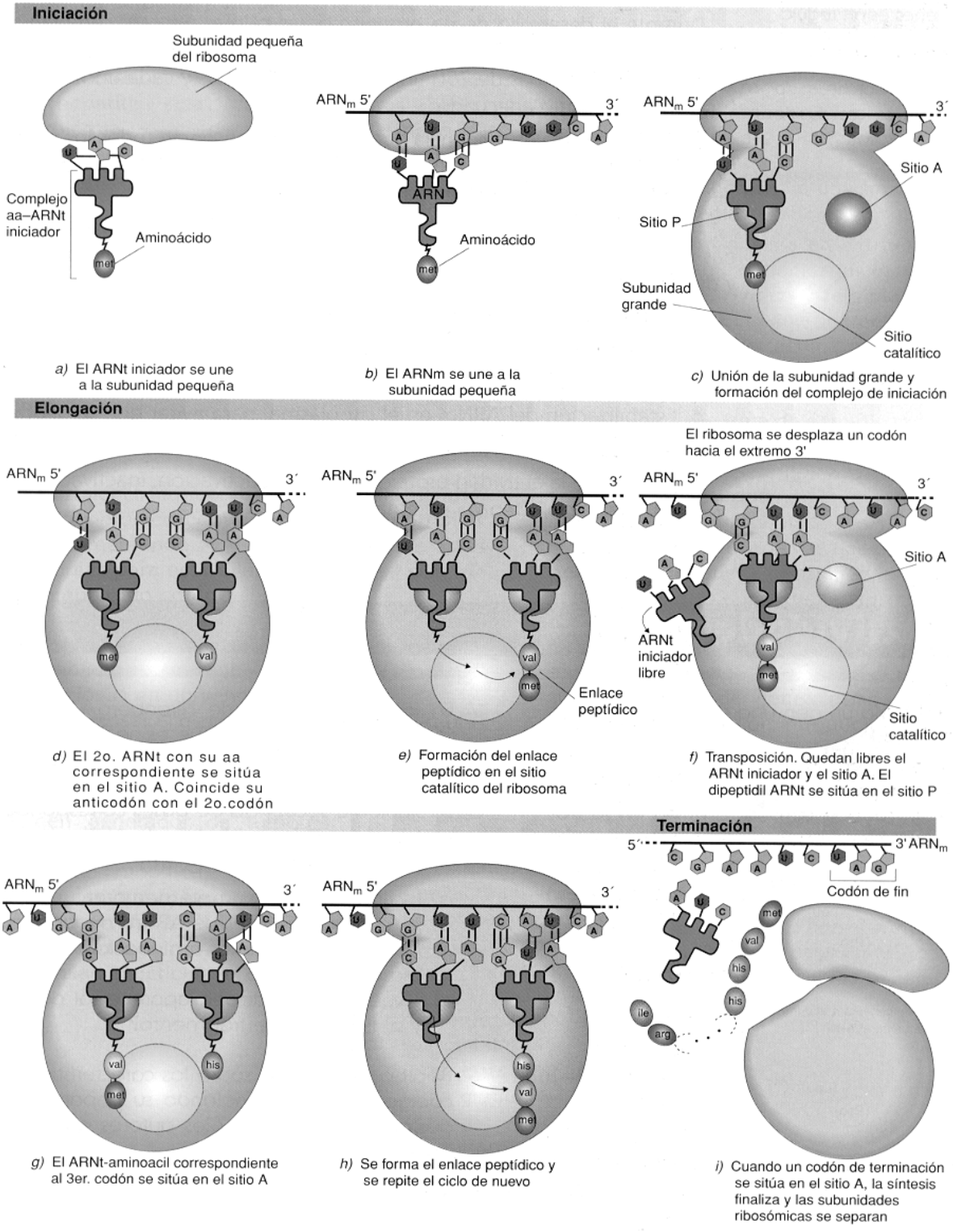
Podemos representar de la siguiente manera, las ideas anteriormente expresadas:



Tomado de VALDIVIA, B. *et al.* 2003.

✍ ACTIVIDAD

I. La siguiente imagen representa la etapa de traducción del proceso de síntesis de proteínas. Analízala y explica con tus propias palabras qué entiendes por **traducción** y cuáles son los productos finales.



Tomado de Muñiz, H. E., et al. 1996.

II. Una cadena de ADN tiene la siguiente secuencia de bases

A G G T T C A C C T A A A T G

a) ¿Cuál será la secuencia de nucleótidos del ARN mensajero cuando se transcriba?

_____

b) ¿Cuál sería la secuencia de aminoácidos cuando se traduzca? Para responder a esta pregunta selecciona del siguiente cuadro, la información que te resulte útil:

_____

Triplete del codón	***Aminoácido que codifica***
UUG	***LEUCINA***
UAC	***TIROSINA***
GUU	***VALINA***
UCC	***SERINA***
AAG	***LISINA***
UGG	***TRIPTÓFANO***
AUU	***ISOLEUCINA***

III. Coloca en el paréntesis una **C** si el enunciado es cierto y una **F** cuando sea falso

1. Un nucleótido está formado por una base nitrogenada, un azúcar y un fosfato ( )
2. El ADN se localiza principalmente en el citoplasma de la célula ( )
3. El ARN_t copia la información genética del ADN ( )
4. Durante la duplicación del ADN, la enzima helicasa abre las cadenas en los sitios de iniciación ( )
5. La información genética fluye desde las proteínas al ADN ( )

BIBLIOGRAFÍA DE CONSULTA

ALBERTS B. et al. 1994 ***Biología molecular de LA CELULA*** 3ª Edición Omega. Barcelona

AUDESIRK, T *et al.* 2003. ***La vida en la tierra*** 6ª edición Prentice Hall. México

BIGGS, A*. et al*. 2000. ***Biología. Dinámica de la vida***. Mc Graw Hill. México.

CAMPBELL, N *et al.* 2001. ***Biología***. 3ª edición Prentice may. México

CURTIS H. 1999. ***Introducción a la Biología*** Panamericana; Argentina, Buenos Aires

FRIED G. H. 1990. ***Biología***. McGraw-Hill, México, 430 pp.

JIMENO A., *et al.* 2003. ***Biología.*** Santillana. México

MUÑIZ H. E., *et al* 1996. ***Biología***. Mc Graw- Hill. México

SOLOMÓN P. E., *et al.* 2003. ***Biología de Villee*** 3ª Edición Interamericana. Mc. Graw Hill. México.

STARR, C *et al* 2004. ***Biología, la unidad y diversidad de la vida.*** 10ª edición Thomson. México

TORTORA, J. G., et al. 1988. ***Microbiology an Introduction.*** 6ª Edición. Benjamín-Cummings. California. USA.

VALDIVIA, B. *et al.* 2003. ***Biología, la vida y sus procesos*** 2ª reimpresión Publicaciones Cultural, México

WALLACE R. A. 1992. ***Biología, El mundo de la vida***, Harla, México.

SEGUNDA UNIDAD

¿POR QUÉ SE CONSIDERA A LA VARIACIÓN GENÉTICA COMO LA BASE MOLECULAR DE LA BIODIVERSIDAD?

PROPÓSITO:

AL FINALIZAR LA UNIDAD, EL ALUMNO COMPRENDERÁ LAS FUENTES DE VARIACIÓN GENÉTICA Y LAS FORMAS DE TRANSMITIRLAS, A PARTIR DEL ESTUDIO DE LOS MECANISMOS DE MUTACIÓN RECOMBINACIÓN Y SU EXPRESIÓN, PARA QUE SE VALORE SU IMPORTANCIA EN LA BIODIVERSIDAD

INTRODUCCIÓN

¿Por qué se considera a la variación genética como la base molecular de la biodiversidad?

Aunque la estructura genética de un solo organismo prácticamente no cambia durante toda su vida, la composición genética de una especie como un todo cambia conforme pasan las generaciones. Con el tiempo, las mutaciones y la progenie variable inyectan diversidad en el material genético de una especie. Dicho de otro modo, la especie *evoluciona*. La teoría científica de la **evolución** afirma que los organismos modernos descendieron, con modificaciones, de formas de vida preexistentes y que, en última instancia, todas las formas de vida de planeta tienen un antepasado común. La fuerza más importante en la evolución es la **selección natural**, el proceso por el cual organismos con *adaptaciones* (características que les ayudan a sobrellevar los rigores de su ambiente) sobreviven y se reproducen con mayor éxito que otros que no tienen esas características. Las características de adaptación que surgen en la mutación genética se pasan a la siguiente generación.

Las poblaciones presentan una gran variación genética que originalmente fue introducida por mutación. La reproducción sexual, con sus procesos asociados **entrecruzamiento, distribución independiente** de cromosomas durante la **meiosis** y **unión aleatoria de gametos**, también contribuye a la variación genética.

La **reproducción sexual** permite a la variabilidad introducida por las **mutaciones**, combinarse de nuevas formas que pueden expresarse como nuevos fenotipos. Otra fuente de variación es el **flujo génico**, que consiste en la ganancia

o pérdida de alelos de una población por el movimiento de individuos o de gametos. El flujo de genes se presenta cuando individuos fértiles entran o salen de una población, o cuando los gametos (como espermatozoides o granos de polen) son transferidos de una población a otra. El flujo de genes tiende a reducir las diferencias genéticas entre poblaciones.

La variación se puede encontrar en dos niveles: **genético y cromosómico**. La variación génica se puede observar en una misma especie, en donde los individuos que pertenecen a ésta, expresan de diferente manera su dotación genética (todos los genes). La variación cromosómica se refiere a la organización (procarionte, eucarionte), al número y al tipo de cromosomas que cada especie tiene.

Durante los procesos de división celular, las células hijas mantienen la misma información genética que la célula progenitora. Sin embargo llegan a ocurrir cambios en el material genético conocidos como **mutaciones**. Las mutaciones son indispensables para la evolución, ya que son fuentes de la variabilidad genética que, tras la selección natural, permiten la adaptación de algunos organismos a las condiciones del ambiente.

En esta segunda unidad se intentará dar respuesta a la pregunta generadora de esta parte del programa, que nos lleva o conduce a entender el papel de los genes en la diversidad de los sistemas vivos. Como recordarás en el último tema de la primera unidad se abordó la síntesis de proteínas y en ellas se desarrolló el papel del ADN y ARN en las funciones celulares.

NATURALEZA DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA

- **ADN y ARN desde la perspectiva de la diversidad genética.**
- **Cromosoma de procariontes y eucariontes.**

APRENDIZAJE

- Analiza el papel del material genético en la diversidad
- Contrasta la estructura del cromosoma procarionte y eucarionte, como punto de partida para explicar la diversidad genética.

ADN Y ARN DESDE LA PERSPECTIVA DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA

EXPLORANDO TUS IDEAS

¿Qué tipos de células conoces?

_____

_____

¿Qué características te permiten diferenciar a estas células?

_____

_____

LECTURA

Desde el punto de vista biológico, una deducción importante del modelo del ADN y del mecanismo de la síntesis de proteínas, es que ambos nos brindan una

explicación del porqué los humanos somos diferentes de los conejos, plantas, virus o elefantes. Nosotros sintetizamos proteínas humanas, y no otras, debido al orden específico de los nucleótidos de nuestro ADN. Por ejemplo, al alimentarnos de un bistec procedente de una vaca, degradamos sus proteínas hasta convertirlas en aminoácidos (materias primas), que serán reordenadas y utilizadas en la formación de nuestras proteínas humanas ordenadas por instrucciones de nuestro ADN.

Es el objeto de la genética elucidar las leyes que presiden la transmisión de generación en generación, de este "algo" que nosotros conocemos como genes, de descifrar lo que es hereditario en la variabilidad, de comprender el origen de las diferencias, ya entre especies – y por tanto de los mecanismos de la evolución- ya entre individuos de una misma especie, de estudiar, en fin la distribución de los genes dentro de las poblaciones.

El principio unificador es tanto el del programa genético que controla los procesos que desde el huevo o la simiente conducen a la formación de un organismo, como el del funcionamiento mismo de este organismo.

Lo que sustenta a la vez la diversidad y la unidad de los seres vivos es el modo de replicación de la doble hélice del ADN, sirviendo cada una de sus hebras para la síntesis de una hebra complementaria y, por tanto, idéntica a la primera. El sistema asegura, por una parte, la reproducción conforme del material hereditario y hace posible, por otra, que una modificación de dicho material sea transmitida a la descendencia. El conjunto del funcionamiento de los seres vivos puede resumirse en una frase: la colocación de un aminoácido dado, de entre los veinte que componen las proteínas, depende de un grupo de tres bases de las cuatro que componen el ADN, lo que puede expresarse así: 1:20:3:4. La especificidad está asegurada por los enlaces que se establecen entre las bases complementarias.

CROMOSOMA DE PROCARIONTES Y EUCARIONTES

EXPLORANDO TUS IDEAS

¿Todos los seres vivos presentan el mismo tipo de material genético? Explica

_____

_____

¿Habrá diferencias en la organización del material genético de organismos simples y complejos? Explica

_____

_____

LECTURA

La principal división del mundo vivo no es entre plantas y animales, como se ha utilizado durante mucho tiempo, sino que se sitúa entre los seres vivos con células procariontes (que carecen de membrana nuclear) y los seres vivos con células eucariontes (que sí tienen núcleo y compartimientos). Clasificar de esta manera a los seres vivos, como lo hizo de manera formal Stainer en la década de los 70's, ha permitido comprender mejor su naturaleza y origen, así se han logrado establecer algunas relaciones evolutivas entre un determinado grupo de organismos. Con base en estas características, Lynn Margulis a partir de la propuesta de Whittaker, clasificó a los seres vivos en cinco reinos (monera, protoctista, fungi, plantae y animalia) aportando nuevas herramientas para saber como estudiarlos.

Esta diferencia entre células procariontes y eucariontes fue establecida por el biólogo francés Eduard Chatton en 1920, pero comenzó a ser aceptada a partir de

la década de los setentas después de las publicaciones del bacteriólogo canadiense R. y Steiner.

TABLA 5-1 *Estructuras celulares, sus funciones y distribución en las células vivas*

Estructura	Función	Procariotas[a]	Plantas	Animales
Superficie celular				
Pared celular	Protege y sostiene a la célula	Presente	Presente	Ausente
Membrana plasmática	Aisla el contenido celular del medio; regula el movimiento del material que entra y sale de la célula; se comunica con otras células	Presente	Presente	Presente
Organización del material genético				
Material genético	Codifica la información necesaria para construir una célula y controla la actividad celular	DNA	DNA	DNA
Cromosomas	Contienen y controlan el uso del DNA	Único, circular, sin proteínas	Muchos, lineales, con proteínas	Muchos, lineale con proteínas
Núcleo	Contenedor de los cromosomas rodeado por una membrana	Ausente	Presente	Presente
Envoltura nuclear	Delimita el núcleo; regula el movimiento de los materiales que entran y salen del núcleo	Ausente	Presente	Presente
Nucleolo	Sintetizan los ribosomas	Ausente	Presente	Presente
Estructuras citoplasmáticas				
Mitocondrias	Producen energía mediante metabolismo aeróbico	Ausente	Presente	Presente
Cloroplastos	Realizan la fotosíntesis	Ausente	Presente	Ausente
Ribosomas	Dan lugar a la síntesis de proteínas	Presente	Presente	Presente
Retículo endoplásmico	Sintetizan componentes de membrana y lípidos	Ausente	Presente	Presente
Aparato de Golgi	Modifica y empaca proteínas y lípidos; sintetiza carbohidratos	Ausente	Presente	Presente
Lisosomas	Contiene enzimas digestivas intracelulares	Ausente	Presente	Presente
Plástidos	Almacenan alimentos y pigmentos	Ausente	Presente	Ausente
Vacuola central	Contiene agua y desechos; proporciona presión de turgencia para sostener a la célula	Ausente	Presente	Ausente
Otras vesículas y vacuolas	Contiene alimentos que se obtienen a través de fagocitosis; contienen productos secretores	Ausente	Presente (en la mayor parte)	Presente
Citoesqueleto	Da forma y sostén a la célula; coloca y mueve las partes de la célula	Ausente	Presente	Presente
Centriolos	Sintetizan los microtúbulos de los cilios y flagelos; puede producir el huso mitótico en células animales	Ausente	Ausente(en la mayor parte)	Presente
Cilios y flagelos	Mueven a la célula a través de un fluido o mueven los fluidos que pasan por la superficie celular	Ausente[b]	Ausente(en la mayor parte)	Presente

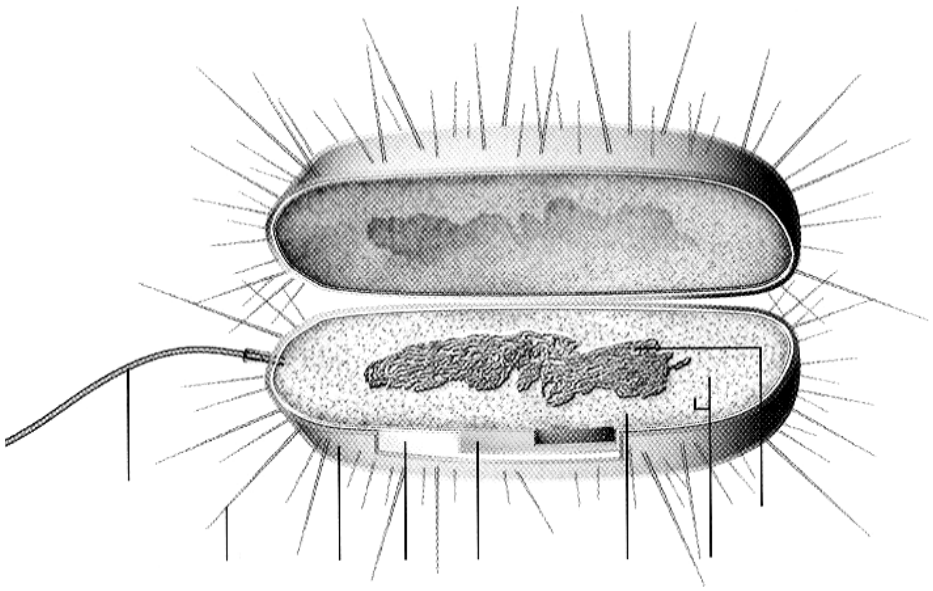
[a] Muchas estructuras se enlistan como "ausente" en los procariotas; sin embargo, sus funciones con frecuencia son esenciales para la vida de cualquier célula. En los procariotas estas funciones se realizan, pero no en estructuras visibles. Por ejemplo, los procariotas sintetizan enzimas digestivas sobre los ribosomas adosados a la membrana celular e inmediatamente secretan las enzimas, con las que digieren los alimentos fuera de la célula. Por lo tanto, aunque los procariotas no contienen retículo endoplásmico, vesículas secretoras o lisosomas, se realiza la función de estos organelos.

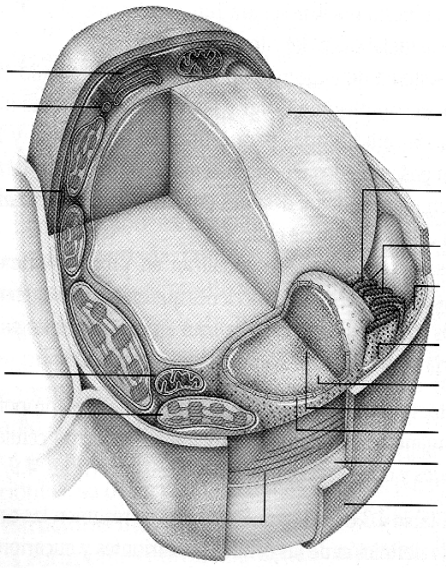
[b] Muchos procariotas tienen estructuras llamadas flagelos pero no están hechos de microtúbulos y se mueven de manera diferente que los cilios y los flagelos de los eucariotas.

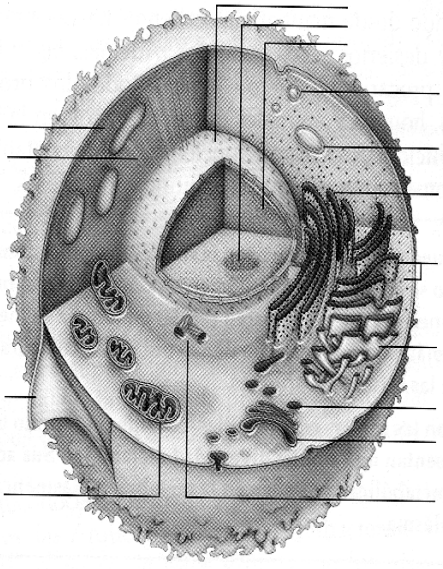
Tomado de Audesirk. T., et al. 2003

✍ ACTIVIDAD

Las siguientes imágenes, corresponden a una célula procarionte, una célula animal y una célula vegetal; coloca sobre cada línea el nombre que le corresponde a cada estructura, de acuerdo a la información que contiene el cuadro anterior.







Tomado de Starr, C., et al. 2004

LECTURA

Cromosoma procarionte

En el caso de la mayoría de los procariontes, su genoma está formado por un sólo cromosoma, constituido por una sola molécula de ADN de cadena doble y cerrada con apariencia de una densa maraña llamada **nucleoide**, que ocupa aproximadamente un tercio del tamaño de la célula.

Las bacterias presentan frecuentemente pequeños elementos adicionales de ADN fuera del nucleoide, que no son esenciales para las funciones básicas de la célula; estos componentes se llaman **plásmidos**.

Los plásmidos son moléculas simbióticas que no pueden sobrevivir fuera de las células. Algunos de ellos son muy complejos y contienen muchos genes por lo que son considerados como **genoma plasmídico**. A menudo los plásmidos son útiles a la célula huésped porque promueven la fusión celular, confieren resistencia a antibióticos, o producen toxinas. Suelen ser circulares aunque existen algunos lineales.

Cromosoma eucarionte

En las células eucariontes, el ADN es el principal componente del núcleo, Pero no se encuentra suelto sino formando parte de la cromatina. En 1879 Fleming uso este término de cromatina (del griego chroma, color) para designar a las sustancia que toma tonalidades intensas con colorantes básicos, en el núcleo de las células debido a la presencia de una sustancia llamada por él nucleína, (compuesto fosforado). Se había observado, que en el núcleo se formaban pequeñas estructuras cilíndricas a las que más tarde se llamaron cromosomas. La estructura

del cromosoma en este tipo de organismos resulta más compleja que en los procariontes.

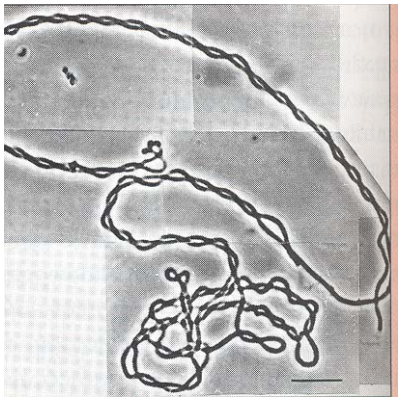
Gracias al desarrollo de ciertas técnicas citológicas, se pudo aislar la cromatina del núcleo que es una masa gelatinosa compuesta por ADN, ARN, proteínas básicas (histonas) y proteínas ácidas (no histónicas). La cantidad de ARN y de proteínas no histónicas es variable de célula a célula, pero la cantidad de histonas nos revela una relación de uno a uno con el ADN. Estas proteínas son de cinco clases y su papel es proporcionar una estructura estable al ADN. Estas histonas se unen con fuerza al ADN para formar una estructura llamada nucleosoma.

✍ ACTIVIDAD

Las imágenes corresponden a la estructura y organización de los cromosomas procarionte y eucarionte; obsérvalas detenidamente y completa el siguiente cuadro:

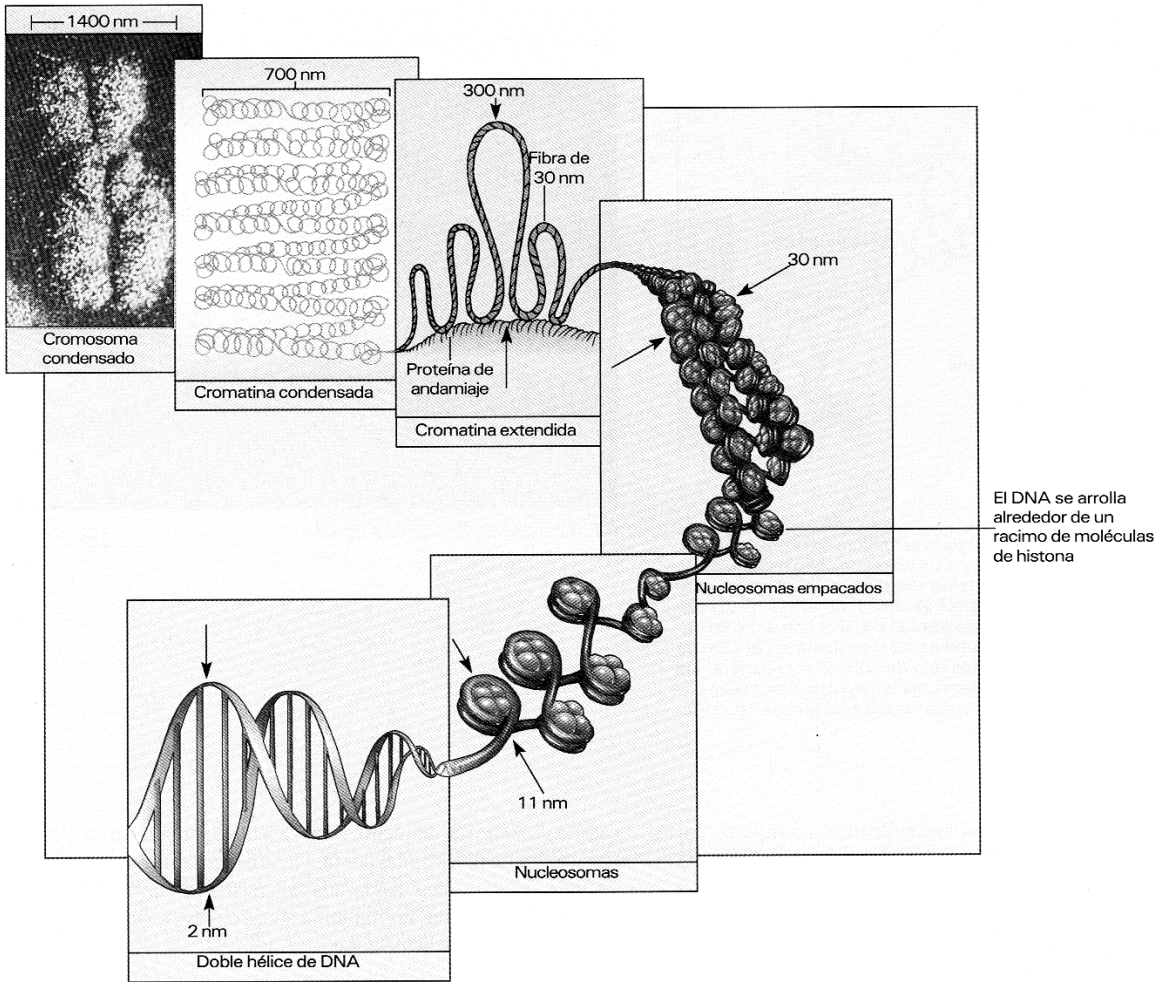
CARÁCTERÍSTICAS	***CROMOSOMA PROCARIONTE***	***CROMOSOMA EUCARIONTE***
LOCALIZACIÓN		
TIPO DE PROTEÍNAS		*Histonas*
TAMAÑO	*pequeño*	
ESTRUCTURA		*Condensado con centrómero y cromátidas*
NÚMERO		

Cromosoma procarionte



Tomado de Tortora, J. G., et al. 1988

Estructura y organización del cromosoma eucarionte



Tomado de Solomón, P. E., et al. 2003

EXPRESIÓN GÉNICA Y VARIACIÓN

- **Relaciones alélicas**
- **Relaciones no alélicas**

APRENDIZAJES

- Compara las relaciones entre alelos en la transmisión y expresión de la información genética, para comprender la variación.

RELACIONES ALÉLICAS

LECTURA

¿Cómo estableció Gregor Mendel los cimientos de la genética moderna?

Gregor Mendel dedujo muchos de los principios de la herencia a mediados del siglo XIX, antes de que se descubrieran el ADN, los genes, los cromosomas o la meiosis. Esto lo hizo utilizando ciertas variedades de plantas de chícharo o guisante (*Pisum sativum*) para sus experimentos ya que estas plantas poseen características que resultan ventajosas.

Para explicar los resultados de sus experimentos, Mendel propuso que cada característica de la planta estaba controlada por un par de **factores** separados, cada uno proveniente de un progenitor. Los factores corresponden a las unidades de herencia que hoy en día conocemos como **gen** y que Mendel denominó *elemente*. Un gen es una unidad de material hereditario localizado en un lugar específico (**locus**) de un cromosoma. Es importante recalcar el hecho de que en la época de Mendel no se tenía conocimiento de los cromosomas ni de los genes.

Mendel utilizó letras como símbolos para representar las formas alternativas de un gen (**alelos**). Empleó **letras mayúsculas** para representar los **alelos dominantes** y **minúsculas** para los **alelos recesivos**. A los organismos de línea pura se les denomina **homocigotos** (*homo*: igual), porque poseen dos factores iguales para una característica. En cambio, a los organismos que presentan factores distintos para un carácter dado, se les llama **híbridos** o **heterocigotos** (de *hetero*: diferente). Por ejemplo, una planta de línea pura u homocigótica para la forma de semilla lisa, se representa con las letras **AA**, lo que significa que tiene dos factores iguales dominantes para esa característica. En cambio una planta de línea pura de forma de semilla arrugada se representa como **aa**, lo que indica que tiene dos factores iguales recesivos. Por último, un organismo heterocigoto se representa con una letra mayúscula y una minúscula, **Aa**, es decir, cada progenitor aportó un gen distinto, uno dominante y uno recesivo.

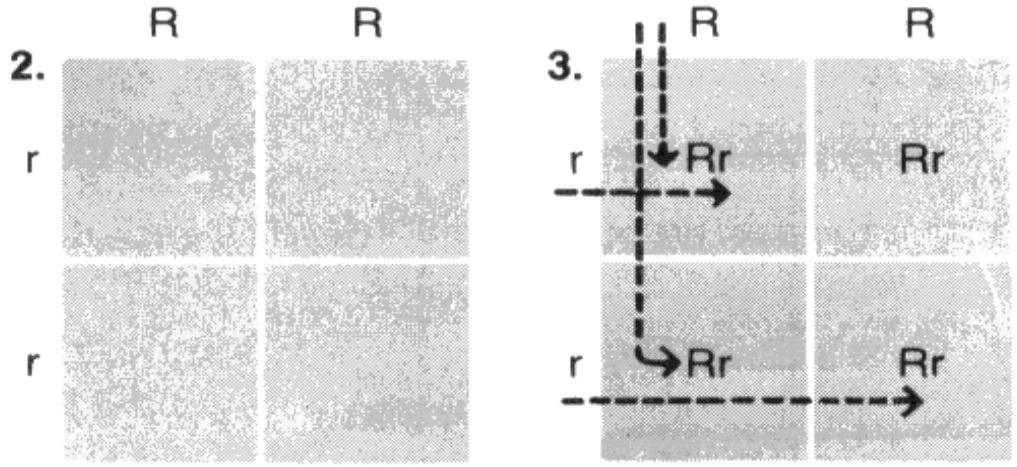
Se denomina **genotipo** a la constitución genética de un organismo, se manifieste o no, y se representa por letras. La manifestación visible de los genes, esto es, la apariencia de un organismo constituye su **fenotipo**, por ejemplo, planta de semilla amarilla, de semilla verde, de semilla lisa o arrugada, etc. Con base en esto, dos individuos pueden mostrar el mismo fenotipo, semilla amarilla pero diferentes genotipos: AA o Aa.

Recientemente las leyes de Mendel se han agrupado en dos:

La **primera ley de Mendel**, o **de la segregación**, establece que los dos genes que controlan una característica se separan al formarse los gametos, por lo que cada uno lleva sólo un gen o factor hereditario de cada par.

La **segunda ley de Mendel**, o **de la segregación independiente**, postula que cuando se consideran dos características en una cruza, los genes que controlan uno de los caracteres se separan y se distribuyen en los gametos de manera independiente de los genes que controlan la otra característica.

Para representar la posible combinación de genes de una cruza y la descendencia que resulta, se emplea el **cuadro de Punnet**. Éste es un cuadro de doble entrada en el que los gametos masculinos se colocan en la parte superior, uno sobre cada casilla, y los femeninos a un lado, también por separado. Dentro de cada casilla, se representa el tipo de combinación que resulta de la unión del gameto masculino



con el femenino. Es decir, dentro de la cuadrícula se indican los posibles genotipos de la descendencia.

¿Cómo se heredan los rasgos individuales?

Un rasgo es un aspecto observable o mesurable del fenotipo de un organismo, como por ejemplo, el color de los ojos o el tipo sanguíneo. Las características se heredan dependiendo de los tipos de alelos que los progenitores transmiten a sus descendientes. Cada progenitor hereda a sus descendientes una copia de cada gen, de modo que éstos heredan un gen materno y uno paterno. La combinación

de estos genes en el hijo (AA, Aa, aa), determina si éste manifiesta o no un rasgo en particular. Los alelos dominantes enmascaran la expresión de los alelos recesivos.

Los organismos con dos alelos dominantes (dominantes homocigóticos, AA) tienen el mismo fenotipo que los organismos con un alelo dominante y uno recesivo (heterocigóticos, Aa). Debido a que cada alelo se segrega al azar durante la meiosis, las leyes de probabilidad permiten predecir las proporciones relativas de descendientes con un rasgo en particular.

Los principios de la genética generalmente han sido estudiados en plantas y animales, por ejemplo en chícharos, moscas del vinagre, ratones, entre otros. Esto es debido a que con estos organismos es posible efectuar cruzamientos a voluntad del experimentador y obtener un número de descendientes tal, que es posible cuantificar las características observadas y disponer de resultados estadísticos significativos.

La herencia humana, siempre ha despertado interés y curiosidad en el hombre mismo. Una vez que se lograron consolidar los principios de la genética, llegó el turno de preguntarse si estos principios deducidos y comprobados con otros organismos también eran válidos para los humanos.

Se ha llegado a la plena confirmación de la validez de los principios generales de la genética para la especie humana.

✍ ACTIVIDAD

En la siguiente tabla se aprecian algunas características humanas que se transmiten de acuerdo con la herencia mendeliana simple, (es decir se encuentran bajo el control de un par de genes alelos, algunos dominantes y otros recesivos).

A) Subraya de estas características las que tú presentas

RECESIVO	***DOMINANTE***
Entrada de pelo recta	*Entradas de pelo en pico*
Cabello rubio	*Cabello negro*
Cabello lacio	*Cabello rizado*
Cabello rojo	*Cabello no rojo*
Sin mechón blanco	*Mechón blanco frontal*
Vello escaso	*Vello abundante*
Sin sudoración. (Sin glándulas sudoríparas)	*Con sudoración.*
Remolino del cabello a la izquierda	*Remolino del cabello a la derecha*
Calvicie normal (varón)	*Calvicie precoz (varón)*
No percibe sabor de la FTC	*Si percibe FTC**
Ojos grandes	*Ojos pequeños*
Pestañas cortas	*Pestañas largas*
Sin Pliegue mongólico	*Con pliegue mongólico*
Lóbulo de las orejas pegados a la cabeza	*Lóbulo de las orejas despegado*
Labios delgados	*Labios anchos, gruesos*
Sin capacidad de enrollar la lengua	*Enrollar la lengua.*
Dedo pulgar recto	*Capacidad de curvar el dedo pulgar 45 grados*
Ausencia de hoyuelos en la barba	*Presencia de hoyuelos en la barba*

B) Selecciona cinco de esas características y escribe tu posible genotipo para cada una de ellas.

_____

_____

_____

RELACIONES NO ALELICAS

LECTURA

VARIACIONES SOBRE EL TEMA MENDELIANO:

Hay herencia ligada al sexo

No toda la herencia se apega a la simple modalidad dominante-recesiva: En muchos animales son los cromosomas sexuales, que suelen designarse como **X** y **Y,** los que determinan el sexo. El resto de los cromosomas, que son idénticos en ambos sexos, se llaman autosomas. En muchos animales las hembras tienen dos cromosomas **X,** en tanto que los machos tienen un cromosoma **X** y uno **Y.**

El cromosoma **Y** tiene un número mucho menor de genes que el cromosoma **X**. Debido a que los machos tienen una sola copia de la mayor parte de los genes del cromosoma X, los rasgos recesivos del cromosoma X tienen mayor probabilidad de ser expresados fenotípicamente en los machos. De tal manera que si un carácter **recesivo** se ubica en el cromosoma X se va a expresar en los descendientes del sexo masculino (XY). Como ocurre en el caso de la hemofilia y el daltonismo

Existen otros casos de herencia humana en los que no se observan patrones de dominancia o recesividad, como ocurre en los siguientes casos:

- En la **dominancia incompleta**, los heterocigotos tienen un fenotipo intermedio entre los dos fenotipos homocigóticos.
- Se presenta **codominancia** cuando dos tipos de proteínas cada una codificada por un alelo diferente de un locus individual, contribuyen al fenotipo.
- Muchos rasgos son determinados por varios genes diferentes de distintos loci que contribuyen al fenotipo, fenómeno que se denomina herencia **poligénica.**

- A veces uno de los muchos pares de genes que controlan un carácter asume gran importancia y los otros actúan como modificadores que hacen variar la intensidad con la que se manifiesta un carácter (fenómeno conocido como **expresividad**). O bien, hacen variar la frecuencia con que se presenta en los individuos de una determinada generación (**penetrancia**).

✍ ACTIVIDAD

Algunos caracteres dependen de sistemas de genes conocidos como poligenes, ejemplos de este tipo de herencia multifactorial son: el color de la piel y de los ojos.

En el siguiente cuadro, se encuentran representados diferentes genotipos para el color de ojos, con sus respectivos fenotipos.

Genotipo	***Fenotipo (color)***
AABB	*Negro*
AABb *AaBB*	*Café*
AaBb *AAbb* *aaBB*	*Café claro (miel)*
Aabb *aaBb*	*Azul*
aabb	*Azul claro*

Aplica los criterios para la elaboración de un tablero de Punnett, escribe los genotipos correspondientes en el siguiente cuadro, e ilumina cada ojo con en color que le corresponda de acuerdo con la información del cuadro anterior.

Progenitores **X**

AaBb (Café claro) X AaBb (Café claro)

♂ \ ♀	**AB**	**Ab**	**aB**	**ab**
AB				
Ab				
aB				
ab				

FUENTES DE VARIACIÓN GENÉTICA

- **Mutaciones**
- **Recombinación genética**
- **Flujo génico**

APRENDIZAJES

- Distinguir los principales tipos de mutación y su papel como materia prima de la variación en los sistemas vivos.
- Explica las bases de la recombinación genética para comprender su importancia en el proceso de variación.
- Reconoce el papel del flujo génico como factor de cambio en el nivel de población.

MUTACIONES

EXPLORANDO TUS IDEAS

¿Las mutaciones son nocivas o benéficas para los seres vivos?. Explica

_____

_____

¿Una mutación puede originar una nueva especie? Fundamenta tu respuesta

_____

_____

¿Se pueden producir mutaciones “bajo pedido”?. Explica

_____

_____

LECTURA

En células procariontes como las bacterias, las variaciones genéticas se originan por: **mutaciones y por recombinación genética como la transducción** (los virus transportan genes de una bacteria a otra adquiriendo la última nueva información), **transformación** (los genes de bacterias muertas quedan en el medio y posteriormente penetran a otras bacterias) o **conjugación** (los plásmidos de una bacteria pasan a otra mediante la formación de un puente citoplásmico).

Las variaciones genéticas en organismos eucariontes se deben a: **mutaciones, entrecruzamiento y recombinación genética.**

ACTIVIDAD

Con base en la información anterior anota en la columna correspondiente, las fuentes que producen la variación genética en células procariontes y eucariontes.

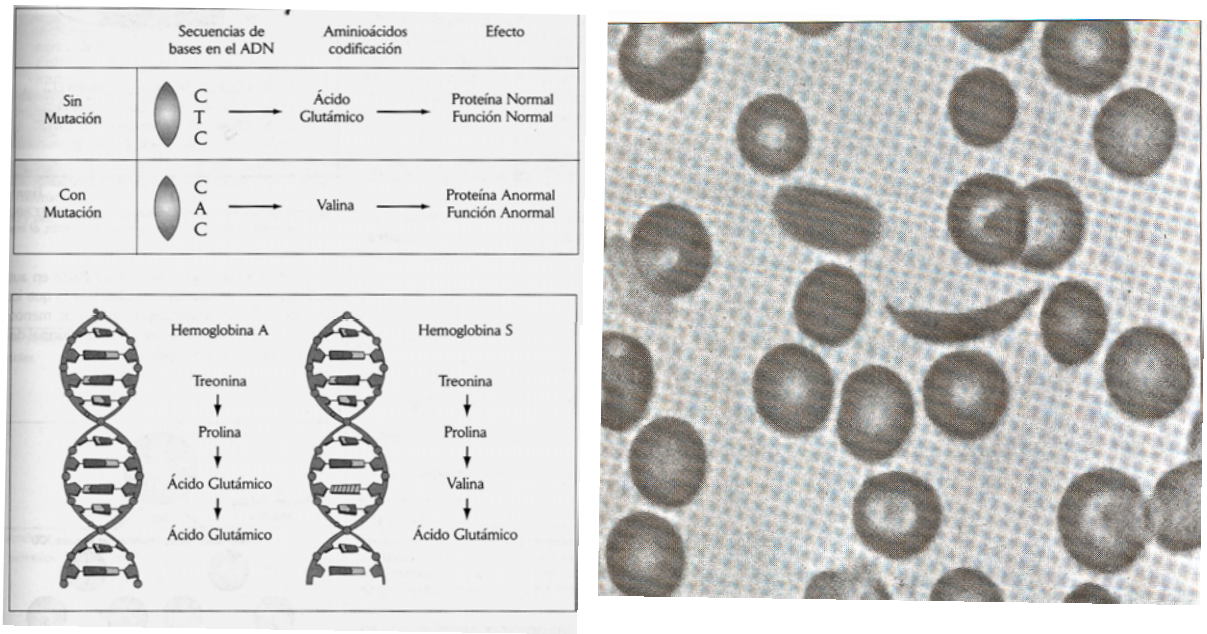
CÉLULA PROCARIONTE	CÉLULA EUCARIONTE

LECTURA

Las mutaciones pueden ocurrir tanto en las células somáticas como en las reproductoras o gametos; en el primer caso, no afectan a la siguiente generación, pero si afecta a las células sexuales, son heredables a los descendientes. Se distinguen dos tipos principales de mutaciones:

Mutaciones génicas o puntuales. Pueden consistir en la omisión, la repetición o la sustitución de nucleótidos en la cadena de ADN.

Son importantes porque afectan el sentido en la funcionalidad de las proteínas, por ejemplo: la enfermedad conocida como anemia falciforme o drepanocítica es causada por una mutación puntual que afecta a la molécula de la hemoglobina normal transformándola en una molécula anormal llamada hemoglobina S. La sustitución de un nucleótido en un triplete altera la información genética. La hemoglobina normal contiene ácido glutámico, el cual es sustituido por valina en la hemoglobina S. Esto se traduce en una modificación en la estructura y la función de la hemoglobina y del eritrocito que la contiene.

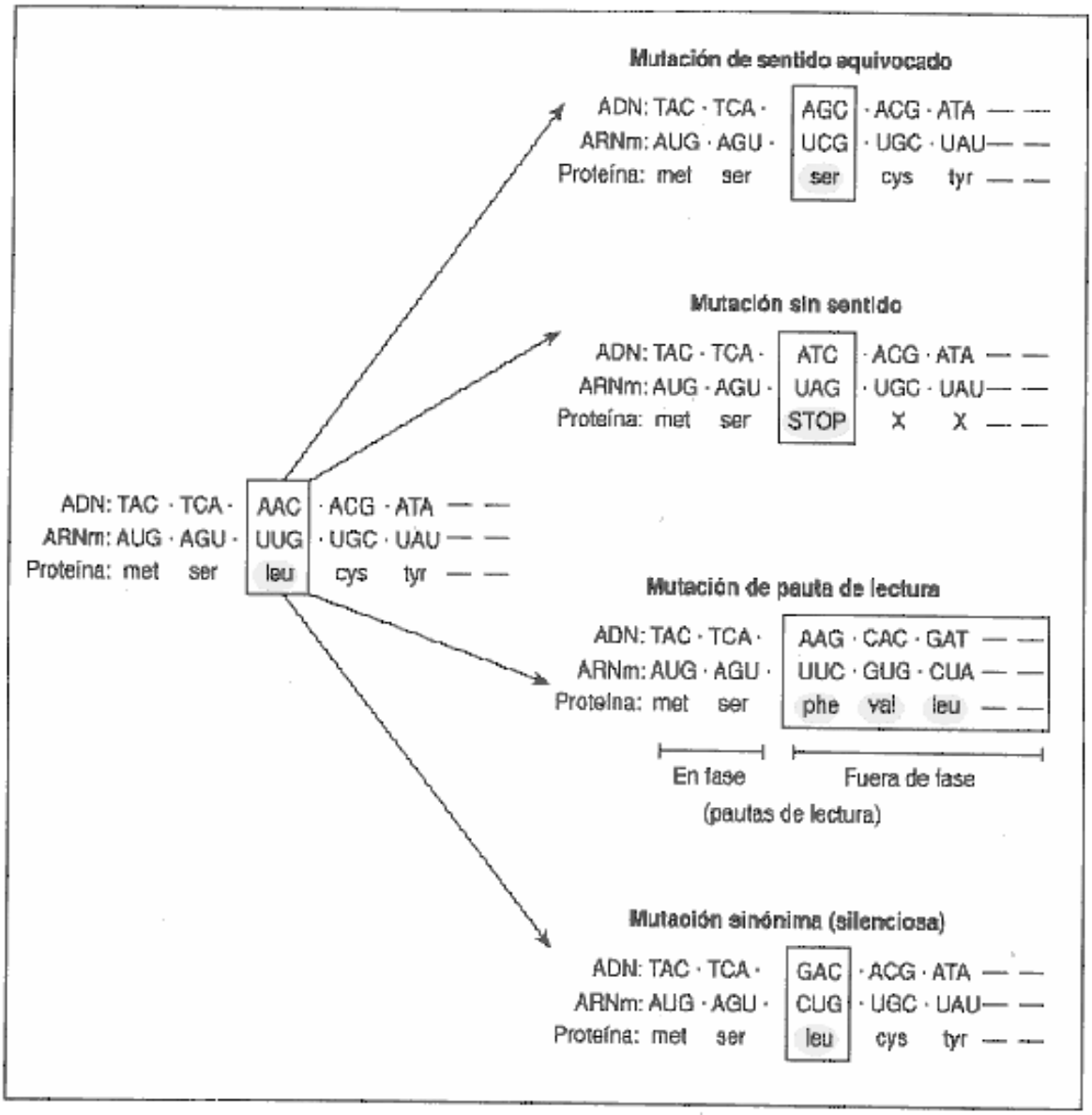


Tomado de Valdivia, B., et al. 2003.

Ejemplo de una mutación génica. El aminoácido ácido glutámico es sustituido por valina que produce la anemia falciforme. En la imagen de la izquierda se representa la modificación de la molécula de ADN y en la derecha los glóbulos rojos normales y alterados en forma de hoz.

✍ ACTIVIDAD

El siguiente esquema representa los diferentes tipos de mutaciones génicas o puntuales, por ejemplo: en el caso de la mutación de sentido equivocado, en el tercer triplete del ADN una Adenina se sustituyó por una guanina, por lo cual también el codón del ARN_m es modificado dando lugar a un aminoácido equivocado (la leucina es sustituida por la serina).



Diferentes clases de mutaciones producidas por los cambios de nucleótidos indicados.

Tomado de Muñiz, H. E., et al. 1996.

Analiza la imagen de izquierda a derecha, localiza y marca con rojo las modificaciones de ADN en cada caso y relaciónalas con los tipos de mutación.

Mutación de sentido equivocado

_____

_____

Mutación sin sentido

_____

_____

Mutación de pautas de lectura

_____

_____

Mutación sinónima (silenciosa)

_____

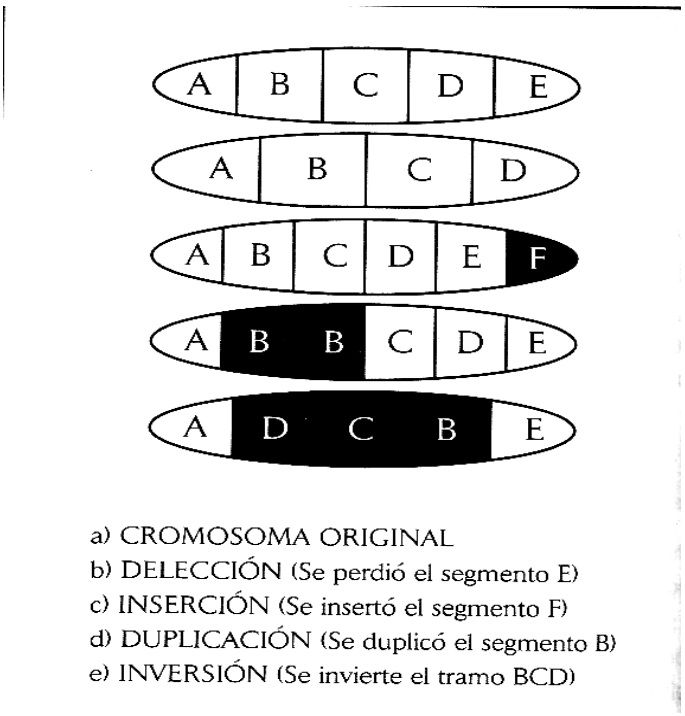
_____

LECTURA

Mutaciones cromosómicas. Estas pueden consistir en alteraciones del número cromosómico o en cambios en la estructura del cromosoma. Las mutaciones estructurales ocurren cuando hay un reacomodo de los genes que constituyen al cromosoma. Entre el tipo de mutaciones estructurales se pueden citar las mutaciones por deficiencia, por inserción, por duplicación, por inversión, por translocación.

Las mutaciones por deficiencia o delección, ocurren cuando un segmento del cromosoma se rompe o pierde. La inserción se da cuando una sección del cromosoma se introduce en otro lugar del mismo o en otro cromosoma, mientras

que la duplicación resulta cuando múltiples copias de un gen se repiten en el cromosoma. La mutación por inversión sucede cuando un segmento cromosómico se rompe y se vuelve a unir en forma invertida a la secuencia original. Por último, la translocación se lleva a cabo cuando se rompe una sección de un cromosoma y se une a otro cromosoma. Lo anterior se representa en la siguiente figura.



Tomado de Valdivia, B., et al. 2003.

Un ejemplo de mutación estructural por delección es el síndrome de *Cri du chat* conocido comúnmente como maullido de gato, que se presenta cuando el cromosoma cinco pierde un fragmento con consecuencias patológicas e incluso letales.

Las causas de la mayoría de las mutaciones son inciertas y ocurren al azar en la naturaleza, los genetistas las llaman **espontáneas** y a las que surgen por influencia de cualquier factor artificial, **inducidas**.

✍ ACTIVIDAD

Con base en la imagen anterior, representa los diferentes tipos de mutaciones cromosómicas estructurales a través de una analogía. Si el cromosoma normal es representado mediante la frase "**el próximo martes voy a cenar con mi amiga"**, como se modificaría esta frase en el caso de una delección, una inserción, una duplicación y una inversión.

Cromosoma normal: **el próximo martes voy a cenar con mi amiga.**

Delección: _____

Inserción: _____

Duplicación: el próximo próximo martes voy a cenar con mi amiga

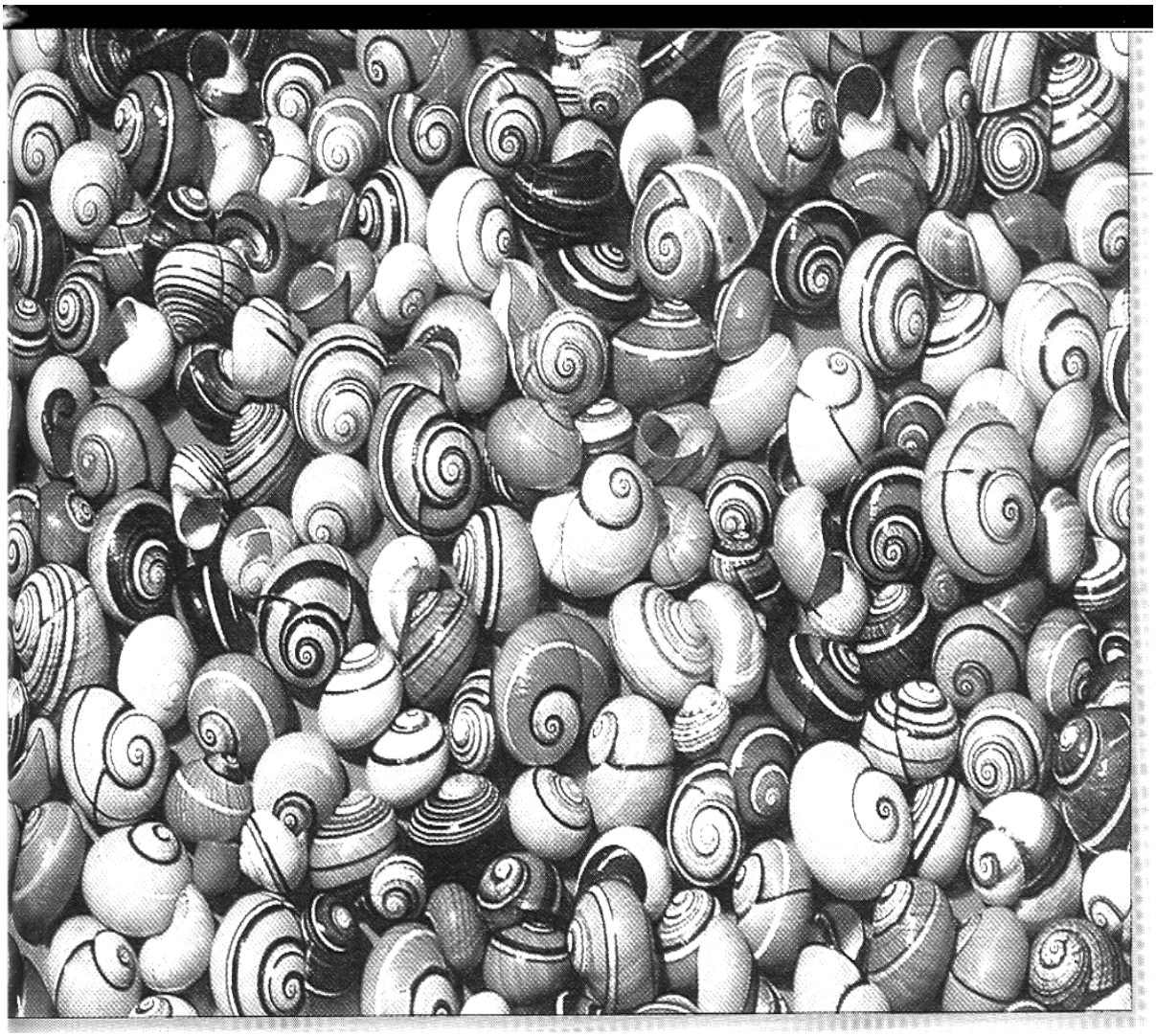
Inversión: _____

📖 LECTURA

Las mutaciones cromosómicas numéricas son el resultado del aumento o disminución del número total de cromosomas de una especie. La causa principal es la no disyunción de una pareja de cromosomas homólogos durante la meiosis. Las más comunes son las trisomías cuando en lugar de dos cromosomas homólogos hay tres, y las monosomías existe un solo cromosoma en vez del par. Los síndromes de Down y Klinefelter. En ambos casos los individuos que padecen estas alteraciones tienen 47 cromosomas en lugar de 46.

✍ ACTIVIDAD

Investiga y describe las características de los individuos que presentan los dos síndromes mencionados anteriormente.



Tomado de Star, C., et al. 2004.

En esta fotografía se observan caracoles de diferentes tonalidades y diseños que constituyen poblaciones de una misma especie que proviene de distintas islas del Caribe. Observa detenidamente la fotografía y contesta las siguientes preguntas.

1. ¿Todos los patrones de tonalidades y ornamentación son iguales? Explica

_____

_____

2. ¿A qué crees que se deba? Con base en la información anterior argumenta tu respuesta.

_____

_____

3. ¿Qué otras causas pueden ocasionar esta variabilidad?

_____

_____

4. ¿Qué papel tienen las mutaciones en la biodiversidad?

_____

_____

Ejemplos de caracteres hereditarios en humanos

Tomado de Campbell, N., et al. 2001.

1. A partir de los tres pares de caracteres en la especie humana del siguiente cuadro, observa a los integrantes de tu familia e indica en qué porcentaje se presentan los rasgos que se ilustraron. Explica las probables causas de tus resultados.

_____

_____

_____

_____

_____

RECOMBINACIONES GENÉTICAS

LECTURA

La recombinación es un proceso fundamental de la vida. Los genes de los organismos se combinan en ordenaciones siempre cambiantes para crear organismos únicos. La recombinación produce variación genética, a partir de la cual se ha generado la enorme biodiversidad que existe en el planeta.

Uno de los métodos importantes con que los organismos eucarióticos aumentan la variabilidad en la descendencia, es con la reproducción sexual. La reproducción sexual produce nuevas combinaciones genéticas de tres maneras:

- Por la segregación independiente en la meiosis
- Por el entrecruzamiento con recombinación genética en la meiosis
- Por la combinación de los genomas de dos individuos distintos (los padres) en la fecundación

En cada generación, todos los alelos se segregan en combinaciones nuevas.

Cuando un organismo se reproduce asexualmente implicando en el proceso sólo a la mitosis, su descendencia será exactamente igual al progenitor excepto cuando se produce alguna mutación en el proceso de duplicación. Con el tiempo se pueden formar varios clones y cada uno será portador de una o más mutaciones, pero las combinaciones favorables puede que nunca se concentren en un genotipo, porque no ocurre el intercambio genético.

Los organismos que se reproducen asexualmente, lo hacen a mayor velocidad que los de reproducción sexual. Hablando en términos biológicos parece ser que la

única ventaja de la reproducción sexual es la de promover la variabilidad, la de estimular la formación de nuevas combinaciones de alelos entre los hijos. Implica una adquisición de nuevos genes, combinación de información genética que a veces, se vuelve más eficiente.

La exposición a compuestos químicos son también fuente de variación al alterar la estructura del ADN o aportar ADN adicional.

Los sistemas vivos no solo somos sistemas energética y materialmente abiertos, también los somos desde el punto de vista informacional. De tal manera que para asegurar nuestra continuidad evolutiva damos entrada a genes frescos.

¿Qué significado biológico tiene la recombinación?

Existen varios significados por ejemplo a nivel de organismo permite repartir su información genética heredándola a un nuevo individuo, que además tendrá otras características genéticas trasferidas por la acción del entrecruzamiento.

Es decir, le sirve para perpetuar su especie e imprimirle características adicionales a las suyas. Así cumple con una de sus funciones principales: la reproducción y la variación.

En cuanto al significado evolutivo de la recombinación genética, se nota al observar que los individuos de una población cualquiera (de los dos millones que existen en la tierra aproximadamente), vemos que no hay dos individuos exactamente iguales, sino que cada uno es diferente a los demás de su misma especie, es decir cada individuo es un ejemplar único. Por lo tanto la recombinación genética es una de las causas de la gran diversidad de los seres

vivos, aumentando de esta forma las probabilidades de supervivencia en un ambiente cambiante.

✍ ACTIVIDAD

A partir de la información anterior cómo explicarías:

a) ¿Por qué los hermanos no son idénticos entre sí, no obstante tener los mismos padres?_____

_____

b) La diversidad de características entre los individuos de una misma especie.

_____

_____

FLUJO GÉNICO

LECTURA

El flujo génico es el desplazamiento de alelos hacia dentro y fuera de una población. Puede producirse por la inmigración o la emigración de los individuos en edades reproductoras. En el caso de las plantas y muchos invertebrados acuáticos, puede producirse también gracias al desplazamiento de gametos (por ejemplo, el polen) procedentes de poblaciones distantes.

El flujo génico puede colocar alelos nuevos en una población, o puede cambiar las frecuencias génicas existentes. Su efecto global en la poblaciones es el de reducir las diferencias con otras poblaciones. La selección natural, en cambio, actúa remarcando las diferencias entre poblaciones, haciéndolas más adaptadas a las diferentes condiciones locales. El flujo génico, por lo tanto, suele contrarrestar el efecto de la selección natural.

No debe subestimarse la importancia de la recombinación, en la evolución. Un simple cambio mutacional puede perderse o pasar inadvertido en una población pero, su efecto se modifica y amplifica mediante la recombinación, dando materia prima para el cambio evolutivo; la recombinación es su fuente principal. La mutación, en si misma, tendría poco efecto en la variación sin el impacto tremendo de la recombinación.

BIBLIOGRAFÍA DE CONSULTA

CAMPBELL, N *et al.* 2001. ***Biología***. 3ª edición Prentice-Hall. México

JIMENO A., *et al.* 2003. ***Biología.*** Santillana. México

MUÑIZ H. E., *et al* 1996. ***Biología***. Mc Graw- Hill. México

KLUG, W., *et al.* 1999. ***Conceptos de genética***. Prentice-Hall. España

SOLOMÓN P. E., *et al*. 2003. ***Biología de Villee*** 3ª Edición Interamericana. Mc. Graw Hill. Mexico.

STARR, C *et al* 2004. ***Biología, la unidad y diversidad de la vida.*** 10ª edición Thomson. México

VALDIVIA, B. *et al.* 2003. ***Biología, la vida y sus procesos*** 2ª reimpresión Publicaciones Cultural, México