

# **Actualización de la materia Biología para la EBAU en la Región de Murcia**

**M<sup>a</sup> Dolores García García (coord.)**

**Joaquina Aledo Cánovas**

**Araceli García Buendía**

**M<sup>a</sup> Jesús González López**

**Francisco José Laveda Molina**

**Visitación Navarro Bueno**

**Fernando Ruiz-Erans Vivancos**

**Julio 2018**

**Joaquina Aledo Cánovas** (IES Miguel Hernández, Alhama de Murcia)  
**Araceli García Buendía** (IES Poeta Julián Andúgar, Santomera)  
**M<sup>a</sup> Dolores García García** (Coordinadora de Biología, Universidad de Murcia)  
**M<sup>a</sup> Jesús González López** (IES Beniaján, Murcia)  
**Francisco José Laveda Molina** (IES Poeta Sánchez Bautista, Murcia)  
**Visitación Navarro Bueno** (CEC San Pedro Apóstol, San Pedro del Pinatar)  
**Fernando Ruiz-Erans Vivancos** (Colegio San Buenaventura-Capuchinos, Murcia)

**Digitum: Repositorio Institucional de la Universidad de Murcia / Docencia / Facultad de Biología / Material Docente**

**2018**

Utilice este identificador para citar o enlazar este ítem: <http://hdl.handle.net/10201/60679>

Este ítem está sujeto a una licencia Creative Commons (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

## Índice

✓ <u>PRESENTACIÓN</u> .....	i
<u>Puntos eliminados del documento de recomendaciones</u> .....	iii
✓ DOCUMENTO DE RECOMENDACIONES Y ORIENTACIONES PARA LA PREPARACIÓN DE LA EBAU	
<u>Introducción</u> .....	1
<u>Materia Biología</u> .....	3
✓ DESARROLLO DE ALGUNOS CONTENIDOS	
Bloque 2.- LA CÉLULA VIVA. MORFOLOGÍA, ESTRUCTURA Y FISIOLOGÍA CELULAR	
<u>2.1.- Modelos de organización celular</u> .....	19
<u>2.2.- Estructura y función del aparato o complejo de Golgi</u> .....	20
<u>2.3.- Peroxisomas</u> .....	21
<u>2.4.- Fases del ciclo celular</u> .....	22
<u>2.5.- Analogías y diferencias entre mitosis y meiosis</u> .....	24
<u>2.6.- Balance energético de la respiración aerobia</u> .....	25
<u>2.7.- Catabolismo de lípidos</u> .....	27
<u>2.8.- Descripción de los fotosistemas</u> .....	28
<u>2.9.- Fases de la quimiosíntesis y ejemplos</u> .....	32
Bloque 3.- GENÉTICA Y EVOLUCIÓN	
<u>3.1.- Diferencias en la expresión génica entre procariontes y eucariotas</u> .....	33
<u>3.2.- Agentes mutágenos</u> .....	34
<u>3.3.- Comparación de las teorías evolutivas de Darwin-Wallace y Neodarwinismo</u> .....	35
<u>3.4.- Factores que afectan a la evolución biológica</u> .....	36
<u>3.5.- Pruebas de la evolución</u> .....	37
Bloque 4.- EL MUNDO DE LOS MICROORGANISMOS Y SUS APLICACIONES. BIOTECNOLOGÍA	
<u>4.1.- Clasificación de los microorganismos</u> .....	43
<u>4.2.- Criterios de clasificación de los virus</u> .....	45
<u>4.3.- Principales enfermedades causadas por microorganismos</u> .....	47
<u>4.4.- Papel de los microorganismos en los ciclos geoquímicos</u> .....	49
<u>4.5.- Formación de una bacteria transgénica</u> .....	52

<a href="#">4.6.- Bacterias transgénicas: biorremediación (degradación de vertidos de hidrocarburos del petróleo) .....</a>	<b>53</b>
<a href="#">4.7.- Ingeniería genética y medicina. Obtención de insulina .....</a>	<b>54</b>

**Bloque 5.- LA AUTODEFENSA DE LOS ORGANISMOS. LA INMUNOLOGÍA Y SUS APLICACIONES**

<a href="#">5.1.- Mecanismos de defensa orgánica .....</a>	<b>55</b>
<a href="#">5.2.- Características del SIDA, transmisión y modo de acción de VIH sobre el sistema inmunitario.....</a>	<b>67</b>

✓ **ALGUNAS CUESTIONES RESUELTAS**

<a href="#">Justificación .....</a>	<b>69</b>
<a href="#">Bloque 1. La base molecular y físico-química de la vida.....</a>	<b>71</b>
<a href="#">Bloque 2. La célula viva. Morfología, estructura y fisiología celular .....</a>	<b>81</b>
<a href="#">Bloque 3. Genética y evolución.....</a>	<b>91</b>
<a href="#">Bloque 4. El mundo de los microorganismos y sus aplicaciones. Biotecnología .....</a>	<b>101</b>
<a href="#">Bloque 5. La autodefensa de los organismos. La inmunología y sus aplicaciones ...</a>	<b>105</b>

✓ [REFERENCIAS](#) ..... **109**

## PRESENTACIÓN

En el contexto de los procesos de enseñanza-aprendizaje, uno de los aspectos fundamentales es la actualización de los contenidos. De hecho, la renovación de contenidos en una materia puede llegar a entenderse como innovación educativa. La actualización del currículo debe hacerse atendiendo a los avances observados en las disciplinas de conocimiento y a los cambios ocurridos en la vida social. En el caso del conocimiento científico, como en otros, sus contenidos están sujetos a los permanentes descubrimientos y la redefinición de sus límites, por lo que es necesario investigar, estudiar y actualizar los contenidos, porque siempre hay algo nuevo para desarrollar y poner al día.

La Biología está experimentando continuamente avances en campos muy diversos; tal vez, los que más predicamento adquieren son los relacionados con los ámbitos molecular y celular, y es en estos ámbitos en los que ahonda el currículo de Biología de 2º de Bachillerato exigible para la evaluación de Bachillerato para el acceso a la Universidad, según se recoge en la orden ECD/42/2018, de 25 de enero (BOE 26 de enero de 2018).

Desde la convicción de que la revisión y actualización de contenidos es primordial para las tareas educativas, y dadas la extensión y la complejidad de los contenidos de la materia Biología, se consideró de interés revisar tanto la obra de Ortuño Tomás (2012) como el documento de Recomendaciones y Orientaciones para la preparación de la EBAU disponible hasta el momento en la *web* de la Universidad de Murcia, de modo que pudieran introducirse algunos de los contenidos reflejados en la orden ministerial arriba citada que, hasta el momento, no estaban incluidos en el documento y adaptar y modular a lo establecido en la orden para el nivel educativo del Bachillerato.

Para desarrollar esta tarea, se formó un grupo de trabajo, inicialmente más extenso, que se concretó en los autores del presente documento. A través de numerosas reuniones, el grupo fue perfilando lo que aquí se presenta.

En relación con el documento de Recomendaciones y Orientaciones, se introdujeron los estándares de aprendizaje 3.11.1 *Argumenta distintas evidencias que muestran el hecho evolutivo*, 3.12.1 *Identifica los principios de las teorías darwinista y neodarwinista comparando sus diferencias* y 4.4.1 *Reconoce y explica el papel fundamental de los microorganismos en los ciclos geoquímicos*, evaluables según la matriz de especificaciones de la orden ministerial. Además, se modificó alguna recomendación para adaptar la exigencia a lo establecido en la matriz de especificaciones y se modularon, concretando el nivel de exigencia, contenidos de los distintos bloques. Asimismo se han eliminado algunos contenidos recogidos en el documento hasta ahora vigente, que figuran al final de esta Presentación. La propia estructura del documento preexistente se modificó, situando las Orientaciones a continuación de las Recomendaciones de los temas correspondientes, de modo que sea más sencillo consultarlas. Además, las orientaciones se presentan en distintos color y fuente (cursiva) para poder identificarlas fácilmente.

Durante el trabajo de revisión del documento, fueron surgiendo dudas en determinados aspectos que, a juicio de todos, parecía conveniente aclarar para ofrecer un criterio lo más uniforme posible, en particular, aunque no sólo, en relación con los nuevos estándares incluidos, de modo que se resolvieran eventuales incongruencias derivadas de la consulta de obras de distintas editoriales. Los nuevos contenidos que se proponen afectan a todos los bloques de contenidos recogidos en el RD 1105/2014 excepto los del Bloque 1 por entender que, en él, no había aspectos sujetos a controversia.

Se ha tratado de presentar los contenidos de la manera más clara y simplificada posible sin

menoscabo del necesario rigor, con ilustraciones aclaratorias y, siempre que fue factible, en forma de cuadro comparativo.

A su vez, se estimó interesante elaborar un apartado de cuestiones resueltas que pudieran servir de orientación sobre cómo enfocar o plantear las respuestas a los futuros examinandos en la EBAU. Las cuestiones resueltas se refieren a todos los bloques incluidos en la matriz de especificaciones y documento de recomendaciones, con especial incidencia en los nuevos contenidos incluidos.

De este trabajo surge este documento, que se estructura en tres partes: 1ª.- Documento de Recomendaciones y orientaciones para la preparación de la EBAU, 2ª.- Desarrollo de algunos contenidos y 3ª.- Algunas cuestiones resueltas.

Deseamos y confiamos en que este trabajo cumpla la función pretendida, informativa y aclaratoria, en la que hemos puesto ilusión y dedicación, siempre sobre la base de la dilatada experiencia profesional de todos.

Los autores

Julio 2018

### **Puntos eliminados del documento de recomendaciones**

- I.4. Se eliminan los conceptos de difusión y diálisis. En Orientaciones Tema 1, se eliminan los estados de sol y gel de los coloides. Conocer el fundamento de los procesos de difusión y diálisis.
- II.12. Se excluyen los glioxisomas.
- II.16. Se excluyen los puntos de control del ciclo celular excepto el punto R.
- II.20. Se eliminan los ciclos biológicos.
- II.21. Se elimina la parasexualidad en las bacterias.
- II.30. Se elimina la asimilación fotosintética del nitrógeno (nitratorreductasa y nitritorreductasa).
- II.31. Se elimina el concepto de fotorrespiración.
- IV.7. En Recomendaciones del tema 14, desaparece la Importancia social y económica de la microbiología industrial.
- IV.13. Se elimina la clonación del ADN. En Orientaciones del tema 15, se elimina el apartado sobre las etapas del proceso de clonación de un gen.
- IV.14. En Orientaciones del tema 15, se eliminan las aplicaciones de la Ingeniería genética en el ámbito de la agricultura. Producción de plantas transgénicas: transformación (*Agrobacterium*) y regeneración. Resistencia a herbicidas.





**DOCUMENTO DE  
RECOMENDACIONES Y  
ORIENTACIONES PARA LA  
PREPARACIÓN DE LA EBAU**



## INTRODUCCIÓN

Este documento resulta ser la adaptación del anterior a los estándares de aprendizaje evaluables (Matrices de especificaciones desarrolladas en la ECD/42/2018, de 25 de enero (BOE 26 de enero de 2018), por la que se determinan las características, el diseño y el contenido de la evaluación de Bachillerato para el acceso a la Universidad para el curso 2018-19.

Según dicha orden:

### Artículo 5. Matrices de especificaciones.

1. Las matrices de especificaciones establecen la concreción de los estándares de aprendizaje evaluables asociados a cada uno de los bloques de contenidos, que darán cuerpo al proceso de evaluación. Así mismo, indican el peso o porcentaje orientativo que corresponde a cada uno de los bloques de contenidos establecidos para las materias objeto de evaluación, de entre los incluidos en el Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre.

### Artículo 6. Longitud de las pruebas.

1. Se realizará una prueba por cada una de las materias objeto de evaluación.
2. Cada prueba constará de un número mínimo de 2 y un número máximo de 15 preguntas.
3. Cada una de las pruebas de la evaluación de Bachillerato para el acceso a la Universidad tendrá una duración de 90 minutos. Se establecerá un descanso entre pruebas consecutivas de, como mínimo, 30 minutos. No se computará como periodo de descanso el utilizado para ampliar el tiempo de realización de las pruebas de los alumnos con necesidades específicas de apoyo educativo a los que se les haya prescrito dicha medida.

### Artículo 7. Pruebas y tipología de preguntas.

1. Preferentemente, las pruebas se contextualizarán en entornos próximos a la vida del alumnado: situaciones personales, familiares, escolares y sociales, además de entornos científicos y humanísticos.

2. Cada una de las pruebas contendrá preguntas abiertas y semiabiertas que requerirán del alumnado capacidad de pensamiento crítico, reflexión y madurez. Además de estos tipos de preguntas, se podrán utilizar también preguntas de opción múltiple, siempre que en cada una de las pruebas la puntuación asignada al total de preguntas abiertas y semiabiertas alcance como mínimo el 50 %.

3. A los efectos de la presente orden, las categorías de preguntas se definen de la siguiente manera:

a) De opción múltiple: Preguntas con una sola respuesta correcta inequívoca y que no exigen construcción por parte del alumno, ya que este se limitará a elegir una de entre las opciones propuestas.

b) Semiabiertas: Preguntas con respuesta correcta inequívoca y que exigen construcción por parte del alumno. Esta construcción será breve, por ejemplo un número que da respuesta a un

problema matemático, o una palabra que complete una frase o dé respuesta a una cuestión siempre que no se facilite un listado de posibles respuestas.

c) Abiertas: Preguntas que exigen construcción por parte del alumno y que no tienen una sola respuesta correcta inequívoca. Se engloban en este tipo las producciones escritas y las composiciones plásticas.

### **Artículo 8. Contenido de las pruebas.**

1. Al menos el 70 % de la calificación de cada prueba deberá obtenerse evaluando estándares de aprendizaje seleccionados entre los definidos en la matriz de especificaciones de la materia correspondiente, que figura en el anexo I de esta orden ministerial y que incluye los estándares considerados esenciales. Las administraciones educativas podrán completar el 30 % restante de la calificación evaluando estándares de los establecidos en el anexo I del Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato.

2. Los porcentajes de ponderación asignados a cada bloque de contenido en cada materia harán referencia a la puntuación relativa que se asignará a las preguntas asociadas a los estándares de aprendizaje evaluados de los incluidos en dicho bloque. Estas ponderaciones son orientativas.

3. En la elaboración de cada una de las pruebas de la evaluación se procurará utilizar al menos un estándar de aprendizaje por cada uno de los bloques de contenido, o agrupaciones de los mismos, que figuran en la matriz de especificaciones de la materia correspondiente.

## **MATERIA BIOLOGÍA**

### **RECOMENDACIONES Y ORIENTACIONES PARA LA PREPARACIÓN DE LAS PRUEBAS DE ACCESO A LA UNIVERSIDAD- BACHILLERATO Y CICLOS FORMATIVOS**

El documento que se propone está basado en las directrices establecidas, en relación a esta materia, en el BOE (RD 1467/2007, de 2 de noviembre por el que se establece la estructura del bachillerato y se fijan sus enseñanzas mínimas y RD 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato) y cumple con los objetivos y criterios de evaluación marcados en el Decreto nº 221/2015, de 2 de septiembre, por el que se establece el currículo de Bachillerato en la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.

BLOQUE 1. LA BASE MOLECULAR Y FÍSICO-QUÍMICA DE LA VIDA.

BLOQUE 2: LA CÉLULA VIVA. MORFOLOGÍA, ESTRUCTURA Y FISIOLÓGÍA CELULAR

BLOQUE 3: GENÉTICA Y EVOLUCIÓN.

BLOQUE 4: EL MUNDO DE LOS MICROORGANISMOS Y SUS APLICACIONES. BIOTECNOLOGÍA

BLOQUE 5: LA AUTODEFENSA DE LOS ORGANISMOS. LA INMUNOLOGÍA Y SUS  
APLICACIONES.

BLOQUE 1. LA BASE MOLECULAR Y FÍSICO-QUÍMICA DE LA VIDA.

#### **I. RECOMENDACIONES**

##### **Tema 1.-Bioelementos y biomoléculas.**

**1.-** Bioelementos: Concepto y Clasificación.

**2.-** Biomoléculas: Concepto y Clasificación.

**3.-** El agua: Estructura molecular y propiedades que se derivan de su poder disolvente, de su elevado calor específico y elevada fuerza de cohesión entre sus moléculas. Principales funciones biológicas del agua (disolvente, estructural, bioquímica y termorreguladora).

**4.-** La materia viva como dispersión coloidal. Conceptos de disolución verdadera y dispersión coloidal. Ósmosis.

**5.-** Las sales minerales en los seres vivos. Funciones estructural, osmótica y reguladora.

### **I. ORIENTACIONES Tema 1**

- 1. Definir qué es un bioelemento. Conocer su clasificación en primarios, secundarios y oligoelementos (esenciales en todos los organismos y no esenciales en todos los organismos). Conocer algún ejemplo de ellos.*
- 2. Definir qué son las biomoléculas. Conocer su clasificación en inorgánicas (agua y sales inorgánicas o minerales) y orgánicas (glúcidos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos). Función que desempeñan en la célula.*
- 3. Conocer la estructura molecular del agua y relacionarla con sus propiedades físico-químicas (acción disolvente, elevada fuerza de cohesión y elevado calor específico). Resaltar sus funciones biológicas (disolvente, estructural, bioquímica y termorreguladora) y las propiedades físico-químicas con las que están relacionadas.*
- 4. Conocer los conceptos de disolución verdadera y dispersión coloidal. Conocer el fundamento del proceso de ósmosis.*
- 5. Describir algunas funciones de las sales minerales en los seres vivos, insolubles en agua (función estructural) y solubles en agua (funciones osmótica y reguladora).*

**Tema 2.- Biomoléculas orgánicas que constituyen las células: glúcidos, lípidos, prótidos y ácidos nucleicos.**

#### **GLÚCIDOS**

**6.-** Composición química general y nomenclatura. Funciones generales (energética y estructural) y clasificación (monosacáridos, oligosacáridos y polisacáridos: homo- y heteropolisacáridos).

**7.-** Monosacáridos: Definición. Propiedades físicas y químicas (sólidos cristalinos, sabor y color, actividad óptica y solubilidad). Conocimiento de la estructura lineal y de las formas cíclicas (en anillo, piranosa y furanosa). Conceptos de carbono asimétrico, enantiómeros (D y L) y carbono anomérico ( $\alpha$  y  $\beta$ , según posición de  $-\text{OH}$ ). Conocimiento de las estructuras de las triosas (gliceraldehído y dihidroxiacetona), pentosas (ribosa, desoxirribosa y ribulosa) y hexosas (glucosa, galactosa y fructosa).

**8.-** Disacáridos: Definición. Enlace glicosídico. Composición (reconocer las estructuras), localización del disacárido, función y carácter reductor/no reductor de maltosa ( $\alpha\text{-D-Glu (1}\rightarrow\text{4) } \alpha/\beta\text{-}$

D-Glu), sacarosa ( $\alpha$ -D-Glu (1 $\rightarrow$ 2)  $\beta$ -D-Fru), lactosa ( $\beta$ -D-Gal (1 $\rightarrow$ 4)  $\alpha/\beta$ -D-Glu) y celobiosa ( $\beta$ -D-Glu (1 $\rightarrow$ 4)  $\alpha/\beta$ -D-Glu).

**9.- Polisacáridos:** Composición, localización y función de los homopolisacáridos de reserva: almidón y glucógeno y estructurales: celulosa y quitina.

### **LÍPIDOS**

**10.- Generalidades:** Composición química. Funciones generales (energética, estructural y biocatalizadora). Clasificación: lípidos saponificables (ácidos grasos, acilglicéridos, fosfoglicéridos y esfingolípidos) y lípidos insaponificables (terpenos o isoprenoides y esteroides).

**11.- Ácidos grasos:** Definición. Clasificación (saturados e insaturados). Propiedades químicas (insolubilidad en agua, carácter anfipático, puntos de fusión y su relación con la longitud de la cadena y grado de insaturación). Ácidos grasos esenciales (concepto y nombrar ejemplos: linoleico,  $\alpha$ -linolénico y araquidónico).

**12.- Acilglicéridos:** Composición química general de un mono, di y triglicérido. Procesos de esterificación y saponificación (jabones). Funciones.

**13.- Fosfoglicéridos y esfingolípidos:** Composición química general (reconocer ejemplos: fosfatidilcolina y esfingomielina) y diferencias entre ellos. Importancia del carácter anfipático en la estructura y fluidez de las membranas.

**14.- Terpenos o isoprenoides:** Unidad estructural: isopreno (5 C). Composición y función de diterpenos (20 C, como el fitol, vitaminas A, E ó K) y tetraterpenos (40 C, como el  $\beta$ -caroteno o las xantofilas). Esteroides: Unidad estructural (esterano o ciclopentanoperhidrofenantreno). Función de esteroides como el colesterol y de hormonas esteroideas (ejemplos: progesterona y testosterona).

### **PROTEÍNAS Y BIOCATALIZADORES**

**15.- Aminoácidos proteicos:** Estructura general. Carácter anfótero. Clasificación según la cadena lateral: apolar, polar sin carga y polar con carga (ácida o básica). Aminoácidos esenciales (concepto).

**16.- Enlace peptídico.** Péptidos, oligopéptidos y proteínas.

**17.- Niveles de organización de las proteínas:** estructura primaria (secuencia de aminoácidos), secundaria ( $\alpha$ -hélice y  $\beta$ -láminar), terciaria (enlaces que estabilizan la estructura, proteínas globulares y fibrosas) y cuaternaria (hemoglobina).

**18.-** Propiedades de las proteínas: solubilidad, desnaturalización y renaturalización. Clasificación de las proteínas (holo y heteroproteínas) y función de las mismas (transportadora, reserva, estructural, enzimática, hormonal, defensa y contráctil).

**19.-** Concepto de Biocatalizador. Enzimas: Definición y características (actividad y especificidad enzimática). Factores que regulan la actividad enzimática (concentración de sustrato,  $T^{\circ}$ , pH, inhibidores y cofactores). Las vitaminas: Definición, clasificación (hidrosolubles y liposolubles) y función como coenzimas.

### **ÁCIDOS NUCLEICOS**

**20.-** Ácidos nucleicos: Definición de nucleósidos y nucleótidos. Fórmula química general. Bases púricas y pirimidínicas.

**21.-** Ácido desoxirribonucleico (ADN): Composición, localización y función. Estructura primaria y secundaria (doble hélice): complementariedad y antiparalelismo de las cadenas. Empaquetamiento del ADN en eucariotas (cromatina y cromosomas). Conocimiento de los procesos de desnaturalización y renaturalización del ADN.

**22.-** Ácido ribonucleico (ARN): Composición y estructura general. Tipos de ARN (ARN mensajero, transferente y ribosómico): estructura, localización y función.

### **I. ORIENTACIONES Tema 2**

*1. Reconocer las fórmulas desarrolladas (estructura lineal/formas cíclicas) de las moléculas que aparecen en el Programa de Contenidos. Ciclación (enlace hemiacetalico/hemiacetalico y carbono anomérico). Describir el enlace glucosídico (o glicosídico) como característico de los disacáridos y polisacáridos. Explicar a qué se debe el carácter reductor/no reductor de estas moléculas.*

*2. Reconocer las fórmulas desarrolladas de los ácidos grasos, acilglicéridos, fosfoglicéridos (fosfatidilcolina), esfingolípidos (esfingomielina), terpenos (vitamina A y caroteno) y esteroides (colesterol). Describir el enlace éster como característico de los lípidos. Conocer la reacción de saponificación como típica de los lípidos que contienen ácidos grasos, y las diferencias que existen respecto al proceso de hidrólisis que se produce en los organismos (enzimas específicas “lipasas”, y productos formados: “no se producen jabones, sino ácidos grasos y glicerina”). Recordar la importancia del carácter anfipático en la estructura y fluidez de la membrana.*



3. *Conocer el concepto de aminoácido esencial y nombrar algunos. Identificar y describir el enlace peptídico. Concepto de péptido, oligopéptido y proteína. Describir la estructura de las proteínas. Relacionar solubilidad con proteínas globulares y funciones varias, e insolubilidad con proteínas fibrosas y funciones estructurales. Explicar en qué consiste la desnaturalización y renaturalización de proteínas, y condiciones en las que se producen.*

4. *Conocer el concepto de biocatalizador (enzimas, hormonas y vitaminas). Explicar el concepto de enzima y las características que la distinguen de los demás catalizadores (actividad y especificidad). Factores que regulan la actividad enzimática (concentración de sustrato, Tª, pH, inhibidores y cofactores). Explicar el concepto de vitamina, clasificación (hidrosolubles y liposolubles) y función de las vitaminas hidrosolubles (complejo B) como coenzimas.*

5. *Definir, conocer la composición y reconocer la estructura general de los nucleósidos, nucleótidos y ácidos nucleicos. Describir el enlace fosfodiéster como característico de los polinucleótidos. Diferenciar y analizar los diferentes tipos de ácidos nucleicos de acuerdo con su composición, estructura, localización y función. Reconocer los grados de empaquetamiento del ADN.*

## **BLOQUE 2: LA CÉLULA VIVA. MORFOLOGÍA, ESTRUCTURA Y FISIOLÓGÍA CELULAR.**

### **II. RECOMENDACIONES**

#### **Tema 3.- Modelos de organización celular.**

1.- Células procariotas. Células eucariotas (vegetal y animal).

#### **Tema 4.- Componentes de la célula procariótica: envolturas celulares, estructuras externas a la pared bacteriana, citoplasma y nucleoide.**

2.- Envolturas celulares: composición, estructura y función de la membrana plasmática, pared bacteriana (gram + y gram -) y cápsula bacteriana.

3.- Flagelos, pili bacterianos y fimbrias.

4.- Citoplasma: citosol/hialoplasma y morfoplasma (estructuras citoplasmáticas: ribosomas, inclusiones, vesículas y plásmidos).

5.- Nucleoide.

#### **Tema 5.- Componentes de la célula eucariótica: envueltas celulares, citoplasma, orgánulos subcelulares y citoesqueleto; núcleo.**

**6.- Membranas celulares: composición química y estructura (modelo de mosaico fluido).** Funciones de la membrana plasmática: función de intercambio de sustancias (permeabilidad selectiva); transporte pasivo (difusión simple, mediada o facilitada (permeasas y canales iónicos) y transporte activo (concepto); transporte de macromoléculas y partículas: endocitosis (fagocitosis y pinocitosis) y exocitosis.

**7.- Revestimientos de la membrana.**

Glucocálix: Composición y función.

Pared celular: Composición, estructura (lámina media, pared primaria y secundaria) y funciones (impermeabilización, resistencia mecánica o daños físicos, defensa/protección contra invasiones bióticas, fenómenos osmóticos (turgencia y plasmólisis), determinante de la forma de las células, de la rigidez de las células y tejidos (determina el crecimiento) y de soporte (sostén) de la planta.

**8.- Hialoplasma o citosol.**

**9.- Citoesqueleto: Componentes fibrosos (microfilamentos y microtúbulos).** Estructura y función. Estructura de los microfilamentos de actina y función (p.e. microvellosidades). Estructura de los microtúbulos de tubulina y función (p.e. centríolos, cilios y flagelos)

**10.- Ribosomas: Composición, estructura, localización y función.**

**11.- Sistemas de endomembranas: morfología y función de cada uno de ellos.**

Retículo endoplásmico: diferencias en estructura y función entre REL y RER.

Aparato o complejo de Golgi: Dictiosoma. Estructura y función.

Lisosomas: Origen, estructura y función: digestión intracelular.

Vacuola vegetal: diversidad de funciones.

**12.- Peroxisomas: morfología, composición y función.**

**13.- Mitocondrias: morfología, estructura, identificación al microscopio electrónico y función.**

**14.- Cloroplastos: morfología, estructura, identificación al microscopio electrónico y función.**

**15.- El núcleo celular. El núcleo interfásico: morfología, estructura (envoltura nuclear, nucleoplasma, nucléolo y cromatina).** Identificación al microscopio electrónico de cada uno de sus componentes relacionándolos con su función. El núcleo mitótico: cromosomas. Morfología del cromosoma metafásico (cromátidas, centrómero, constricciones secundarias, cinetocoros y telómeros). Tipos de cromosomas según la posición del centrómero. Dotación cromosómica en

células por parejas de cromosomas homólogos (haploide y diploide). Cromosomas no homólogos: heterocromosomas o cromosomas sexuales. Autosomas: resto de la dotación cromosómica.

## **II. ORIENTACIONES Temas 3, 4 y 5**

- 1. Describir y diferenciar los dos tipos de organización celular. Comparar las características de las células vegetales y animales.*
- 2. Conocer la composición, estructura y función de los componentes de la célula procariótica.*
- 3. Conocer la composición, estructura y función de los componentes de la célula eucariótica. Se excluyen los glioxisomas.*
- 4. Reconocer, en micrografías obtenidas por microscopía electrónica, la estructura de la mitocondria, el cloroplasto y el núcleo celular.*

### **Tema 6.- Ciclo celular. Mitosis. Meiosis.**

**16.-** El ciclo celular. Descripción de las fases.

**17.-** División celular: mitosis y citocinesis. Descripción morfológica y genética de la secuencia de acontecimientos que tienen lugar en la célula en cada una de las etapas del proceso.

**18.-** Diferencias en la división de células animales y vegetales. Significado biológico de la mitosis en organismos unicelulares (reproducción asexual) y pluricelulares (crecimiento y reparación de tejidos). Diferencias entre la división celular de procariotas y eucariotas.

**19.-** División celular por meiosis: descripción morfológica y genética de la secuencia de acontecimientos que tienen lugar en cada una de las etapas del proceso.

**20.-** Significado biológico de la meiosis en relación con la reproducción sexual.

**21.-** Analogías y diferencias más significativas entre mitosis y meiosis

## **II. ORIENTACIONES Tema 6**

- 1. Conocer las fases del ciclo celular ( $G_1$ , S,  $G_2$  y M). Describir y reconocer las etapas de la división celular, mitosis y citocinesis. Conocer las diferencias que existen entre la citocinesis en células animales y vegetales. Destacar el papel de la mitosis como proceso básico en el crecimiento y reparación de tejidos (en pluricelulares) y en la reproducción asexual (en unicelulares). Describir concisamente las fases de la meiosis, estableciendo las diferencias en cada una de ellas respecto a la mitosis. Destacar los procesos de recombinación genética y de*

*segregación cromosómica como fuente de variabilidad. Se excluyen los puntos de control excepto el punto R.*

### **Tema 7.- Metabolismo Celular.**

**22.-** Nutrición celular. Concepto y tipos según sea la fuente de materia y energía que se utiliza.

**23.-** Metabolismo: concepto, características y funciones.

**24.-** El papel del ATP y los transportadores de electrones en el metabolismo.

#### **Catabolismo: la respiración celular aeróbica y las fermentaciones.**

Objetivo: conocimiento de los productos finales y balances globales energéticos de la respiración aeróbica y fermentación de la glucosa y, en general, de los procesos catabólicos (ciclo de Krebs y  $\beta$ -oxidación).

**25.-** Glucólisis: ubicación celular y descripción de las reacciones que permitan comprender el rendimiento de ATP y coenzimas reducidas.

Vías alternativas para el ácido pirúvico: acetyl-CoA (descarboxilación oxidativa del ácido pirúvico) y fermentaciones.

**26.-** Ciclo de Krebs: ubicación celular y descripción de las reacciones que permitan comprender la formación de ATP, de coenzimas reducidas y de  $\text{CO}_2$ .

**27.-** Transporte de electrones y fosforilación oxidativa: ubicación celular. Conexión entre las coenzimas reducidas y los transportadores de electrones. Teoría quimiosmótica, fosforilación oxidativa y formación de agua.

**28.-** Catabolismo de lípidos: destino del glicerol y de los ácidos grasos: ubicación celular y descripción del ciclo para comprender cómo se va degradando el ácido graso y el destino de las coenzimas reducidas. Conexión con el ciclo de Krebs y la cadena respiratoria.

**29.-** Fermentaciones láctica y alcohólica.

#### **Anabolismo autótrofo.**

**30.-** Fotosíntesis oxigénica. Importancia del proceso fotosintético. Reacción general. Fases y localización celular de las mismas.

Fase lumínica:

Captación de la energía luminosa por los fotosistemas. Fotólisis del agua, transporte acíclico de electrones y reducción del  $\text{NADP}^+$ . Transporte cíclico de electrones. Fotofosforilación (Teoría quimiosmótica).

Fase oscura:

Descripción del ciclo de Calvin de manera que permita comprender la fijación del  $\text{CO}_2$ , el papel de la Ribulosa bifosfato carboxilasa/oxigenasa (RUBISCO) y el destino del ATP y del NADPH.

**31.-** Factores que afectan a la fotosíntesis (intensidad luminosa,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ , humedad y  $T^{\text{a}}$ ).

**32.-** Quimiosíntesis. Concepto. Tipos de organismos que la realizan. Fases del proceso.

## **II. ORIENTACIONES Tema 7**

- 1. Explicar el concepto de nutrición celular y los tipos, según sea la fuente de materia y de energía (autótrofa y heterótrofa). Explicar los conceptos de metabolismo, catabolismo y anabolismo.*
- 2. Describir y localizar la glucólisis, descarboxilación oxidativa del ácido pirúvico (acetil-CoA), la  $\beta$ -oxidación, el ciclo de Krebs, la cadena de transporte electrónico (conocer algunos de los complejos multiproteicos, por ejemplo la NADH deshidrogenasa y la ATP sintasa) y la fosforilación oxidativa, indicando los sustratos iniciales, los productos finales y el balance global. Comparar las vías anaerobia y aerobia en relación a la rentabilidad energética y los productos finales. Conocer los sustratos iniciales, los productos finales y el balance global en las fermentaciones láctica y alcohólica.*
- 3. Diferenciar las fases de la fotosíntesis y localizarlas intracelularmente. Captación de la energía luminosa, concepto de fotosistema, fotosistemas I y II (descripción concisa del centro de reacción, aceptor primario, algunas moléculas que actúan como transportadoras de electrones y reacciones importantes que ocurren en cada uno de ellos). Describir la fotofosforilación. Establecer las diferencias entre la fotofosforilación no cíclica y la fotofosforilación cíclica.*
- 4. Conocer los factores que regulan la fotosíntesis señalados en el apartado Recomendaciones y cómo influyen en el rendimiento del proceso.*
- 5. Conocer los procesos quimiosintéticos que desarrollan las bacterias nitrificantes y las bacterias del azufre.*

### **BLOQUE 3: GENÉTICA Y EVOLUCIÓN.**

#### **III. RECOMENDACIONES**

##### **TRANSMISIÓN DEL MATERIAL HEREDITARIO**

###### **Tema 8.- Herencia Mendeliana y teoría cromosómica.**

1.- Leyes de Mendel. Uniformidad de la primera generación filial resultante del cruzamiento de líneas puras. Ley de la segregación, en la formación de gametos, de los factores que intervienen en un mismo carácter. Modificaciones a la ley de segregación: herencia intermedia de un carácter (p.e. *Mirabilis jalapa*), alelos múltiples (herencia del carácter grupo sanguíneo: sistema ABO). Ley de la combinación independiente entre los factores responsables de caracteres distintos.

2.- Teoría cromosómica de la herencia: Situación de los factores hereditarios o genes en los cromosomas. Conceptos de gen, locus, alelo y genoma.

###### **Tema 9.- Herencia ligada al sexo.**

3.- Genética humana (daltonismo y hemofilia).

#### **III. ORIENTACIONES. Temas 8 y 9**

1. *Aplicar, mediante la resolución de problemas, los conocimientos de:*

- *Las leyes de Mendel.*
- *Modificaciones a la ley de segregación (herencia intermedia de un carácter, p.e. *Mirabilis jalapa*, y alelos múltiples en la herencia de los grupos sanguíneos A, B, AB y O).*
- *La ley de la combinación independiente entre los factores responsables de caracteres distintos.*
- *Herencia ligada al sexo (daltonismo y hemofilia).*

2. *Conocer la teoría cromosómica de la herencia. Explicar los conceptos de gen, locus, alelo y genoma.*

##### **GENÉTICA MOLECULAR**

**Tema 10.- Naturaleza y conservación del material hereditario. Conservación de la información genética: Replicación.**

4.- Bases moleculares de la herencia. Flujo de la información desde los ácidos nucleicos hasta las proteínas.

5.- Descripción del mecanismo de la replicación semiconservativa, discontinua y bidireccional. Diferencias entre la duplicación en procariontes y eucariontes (más puntos de replicación, empaquetamiento con histonas, origen de la replicación y extremos).

**Tema 11.- Expresión de la información genética: Transcripción y Traducción.**

6.- Descripción del mecanismo de la transcripción en eucariontes (iniciación, elongación, terminación, y maduración). Diferencias con el mecanismo de procariontes.

7.- El código genético y la traducción.

Código genético: fundamento y características (específico, degenerado, sin solapamientos ni discontinuidades y universal).

Traducción: descripción de las etapas del proceso (activación de los aminoácidos, iniciación, elongación y terminación). Papel del ARNm, ARNt y ribosomas. Diferencias entre procariontes y eucariontes.

**Tema 12.- Alteraciones del material genético: Mutaciones génicas, genómicas y cromosómicas.**

8.- La mutación como fuente de variabilidad genética. Implicaciones de las mutaciones en la evolución y aparición de nuevas especies.

9.- Mutaciones génicas: sustitución, delección y adición de bases. Cromosómicas: delección, duplicación e inversión de un segmento y translocación de un segmento entre cromosomas no homólogos. Genómicas: poliploidía, haploidía, aneuploidía (trisomía 21 y síndrome de Turner).

10.- Agentes mutágenos.

11.- Mutaciones beneficiosas. Evolución. Teorías evolutivas. Evidencias y factores de la evolución. Argumenta distintas evidencias que muestran el hecho evolutivo.

12.- Identificación de los principios de las teorías darwinista y neodarwinista comparando sus diferencias.

**III. ORIENTACIONES. Temas 10, 11 y 12**

1. *Reconocer al ADN como molécula portadora de la información transmitida en los genes. Recordar que el ADN es el componente esencial de los cromosomas.*
2. *Relacionar e identificar el proceso de replicación del ADN como un mecanismo de transmisión y conservación de la información genética.*

3. *Reconocer la necesidad de que la información genética se exprese y explicar concisamente los procesos de transcripción y traducción por los que se realiza dicha expresión. Papel de la aminoacil-ARNt-sintetasa y la peptidil-transferasa.*
4. *Comprender la forma en que está codificada la información genética y valorar las características del código genético. Resolver ejercicios (esquemas, problemas,...) relacionados con los procesos de replicación, transcripción y traducción.*
5. *Definir las mutaciones como alteraciones genéticas y explicar su implicación en la evolución y aparición de nuevas especies. Concepto y descripción concisa de mutaciones génicas, cromosómicas y genómicas. Conocer algunos agentes mutágenos (físicos, químicos y biológicos).*
6. *Conocer las mutaciones beneficiosas. Conocer otros factores que afectan a la evolución: i) variabilidad y selección natural, ii) mutación y recombinación iii) variación en las poblaciones por deriva genética (efecto fundador y cuello de botella) y migraciones, iv) aislamiento reproductivo o genético que origina aparición de nuevas especies. Poder argumentar las distintas evidencias que muestran el hecho evolutivo: i) paleontológicas, ii) biogeográficas, iii) embriológicas, iv) de anatomía y morfología comparadas, órganos homólogos y análogos, órganos vestigiales, v) bioquímicas, comparación de secuencias de aminoácidos en las proteínas y comparación de secuencias de nucleótidos en los ácidos nucleicos.*
7. *Conocer la teoría de Darwin-Wallace: i) capacidad reproductiva elevada, ii) lucha por la supervivencia, iii) variabilidad en los individuos, iv) selección natural. Teoría neodarwinista: i) variabilidad de la descendencia y selección natural, ii) la variabilidad se debe a la mutación y la recombinación, iii) la evolución se da a escala de la población, no del individuo, iv) implica cambio en las frecuencias génicas debido a mutación, migración y deriva génica, v) aislamiento reproductivo que origina nuevas especies (por ejemplo, aislamiento geográfico,...)*

#### **BLOQUE 4: EL MUNDO DE LOS MICROORGANISMOS Y SUS APLICACIONES.**

##### **BIOTECNOLOGÍA.**

##### **IV. RECOMENDACIONES**

###### **Tema 13.- Microorganismos y formas acelulares.**

###### **1.- Concepto de microorganismo.**



2.- Clasificación de los microorganismos (protozoos, algas y hongos unicelulares, bacterias, virus, viroides y priones). Conocer algún ejemplo.

3.- Características generales de los virus. Diferencias y similitudes entre virus y organismos celulares.

4.- Composición y estructura de los virus. Criterios de clasificación de los virus en función de su forma, tipo de ácido nucleico que poseen, presencia de cubierta/envoltura, y células que parasitan.

5.- El ciclo vírico y sus fases (adsorción, penetración, eclipse/replicación, ensamblaje y liberación). Descripción de los ciclos lítico y lisogénico de un bacteriófago y del ciclo de un retrovirus (VIH).

6.- Los microorganismos y las enfermedades infecciosas humanas (enfermedad del sueño, pie de atleta, salmonelosis, SIDA y enfermedad de Creutzfeldt-Jakob).

#### **Tema 14.- Aplicaciones de los microorganismos.**

7.- Concepto de biotecnología.

8.- Microbiología industrial: aplicaciones de las fermentaciones. La fabricación del pan y del yogur como ejemplos de la utilidad de los microorganismos en el proceso de transformación de alimentos.

10.- Los microorganismos en los ciclos geoquímicos. Reconoce y explica el papel fundamental de los microorganismos en los ciclos geoquímicos.

#### **Tema 15.- El ADN y la ingeniería genética.**

11.- Concepto de organismo transgénico.

12.- Construcción de un ADN recombinante.

13.- Ingeniería genética: medicina y medio ambiente.

14.- Bacterias transgénicas: biorremediación (degradación de vertidos de hidrocarburos del petróleo).

15.- Ingeniería genética y medicina. Obtención de insulina.

### **IV. ORIENTACIONES. Temas 13, 14 y 15**

1. *Conocer el concepto de microorganismo, su diversidad y características (concepto de protozoo, algas y hongos unicelulares, bacteria, virus, viroide y prion). Conocer algún ejemplo: protozoos (amebas, leishmania, paramecio), algas (diatomeas, cianofíceas, dinoflagelados),*

*hongos (levaduras), bacterias (E. coli, Nitrosomonas, Pseudomonas, Lactobacillus, Streptococcus sp.) y virus (VIH, mosaico del tabaco, fago T4, fago λ, de la polio...)*

- 2. Comprender las diferencias entre la fase intracelular del virus y la fase extracelular (virión).*
- 3. Describir la composición y estructura de los virus. Establecer los criterios de clasificación de los virus en base a su forma, tipo de ácido nucleico que poseen, presencia de cubierta/envoltura, y células que parasitan.*
- 4. Describir el ciclo lítico y el ciclo lisogénico de los virus bacterianos y establecer las principales diferencias que existen entre ambos y cómo afectan a la célula hospedadora.*
- 5. Conocer de forma concisa qué tipo de microorganismo es el causante de algunas enfermedades infecciosas humanas y las características de la enfermedad, síntomas y vías de transmisión (enfermedad del sueño, pie de atleta, salmonelosis, SIDA y enfermedad de Creutzfeldt-Jakob).*
- 6. Conocer el concepto de biotecnología.*
- 7. Reconocer la importancia de los microorganismos en numerosos procesos industriales (fabricación del pan y del yogur).*
- 8. Definir los ciclos geoquímicos. Describir la importancia de los microorganismos en los ciclos del carbono y el nitrógeno.*
- 9. Definir qué es la ingeniería genética y un organismo transgénico (concepto de transgén). Conocer cómo se forma un ADN recombinante (enzimas de restricción, ADN ligasas y plásmido como vector). Conocer el proceso de formación de una bacteria transgénica. Conocer las aplicaciones de la ingeniería genética en el ámbito del medio ambiente (explicar el concepto de biorremediación y el uso de bacterias transgénicas (Pseudomonas sp.) para la limpieza de vertidos de hidrocarburos del petróleo. Conocer las aplicaciones de la ingeniería genética en el ámbito de la medicina (explicar de manera concisa la obtención de insulina).*

## **BLOQUE 5: LA AUTODEFENSA DE LOS ORGANISMOS. LA INMUNOLOGÍA Y SUS**

### **APLICACIONES.**

### **V. RECOMENDACIONES**

#### **Tema 16.- Mecanismos de defensa orgánica.**

##### **1.- Inespecíficos:**

Externos: componentes (piel y mucosas) y modo de acción (barrera física).

Internos: componentes (neutrófilos, eosinófilos, basófilos, monocitos, macrófagos, *natural Killer* (NK) y células dendríticas, células cebadas, complemento e interferón) y modos de acción (fagocitosis, respuesta inflamatoria localizada y sistémica).

**2.- Específicos:**

El sistema inmune. Características básicas de la respuesta inmune (especificidad y diversidad, reconocimiento de lo propio/no propio y memoria). Origen y tipos de células que intervienen en la respuesta inmune (linfocitos B y T, T4-auxiliares, T8-citotóxicos y Ts-supresores).

Respuesta humoral:

Concepto de antígeno y anticuerpo. Estructura molecular de los anticuerpos. Conocimiento del esquema de la estructura de un anticuerpo (forma de horquilla, localización de las cadenas pesadas y las ligeras y el sitio de unión del antígeno). Tipos de reacción antígeno-anticuerpo.

Concepto de memoria inmunológica: respuesta primaria y secundaria del sistema inmune.

Respuesta celular:

Tipos de células y función.

Inmunidad natural activa y pasiva. Inmunidad artificial activa (vacunas) y pasiva (sueros).

**3.- Alteraciones del sistema inmune: Alergias. Inmunodeficiencias congénita y adquirida. Modo de acción del VIH sobre el sistema inmunitario.**

**V. ORIENTACIONES Tema 16**

- 1. Conocer los mecanismos de defensa orgánica, distinguiendo los inespecíficos de los específicos.*
- 2. Describir las barreras primarias y secundarias y sus modos de acción.*
- 3. Diferenciar respuesta humoral y respuesta celular.*
- 4. Definir los conceptos de antígeno y anticuerpo y describir su naturaleza.*
- 5. Reconocer el esquema de la estructura de un anticuerpo.*
- 6. Reconocer a los linfocitos B como las células especializadas en la producción de anticuerpos.*
- 7. Conocer los tipos de reacción antígeno-anticuerpo.*
- 8. Conocer el concepto de memoria inmunológica (respuestas primaria y secundaria del sistema inmune).*
- 9. Reconocer a los linfocitos T y a los macrófagos (T4-auxiliares, T8-citotóxicos, TS-supresores) como células especializadas en la respuesta celular.*

10. *Conocer y distinguir distintos tipos de inmunidad.*
11. *Describir el fundamento y la diferencia entre vacunación y sueroterapia.*
12. *Reconocer las alteraciones del sistema inmunitario: conceptos de hipersensibilidad e inmunodeficiencia.*

# **DESARROLLO DE ALGUNOS CONTENIDOS**



## Bloque 2.- LA CÉLULA VIVA. MORFOLOGÍA, ESTRUCTURA Y FISIOLOGÍA CELULAR

### 2.1.- Modelos de organización celular.

En el cuadro siguiente se resumen las características diferenciales entre la organización de las células procariotas y las eucariotas.

PROCARIOTA	EUCARIOTA
Organización celular muy sencilla, exclusiva de bacterias.	Organización compleja, presente en el resto de seres vivos.
Son visibles al microscopio, con gran aumento, ya que su diámetro oscila entre 0,1 y 50 micras.	Son visibles con el microscopio. Su diámetro está comprendido entre 10 y 100 micras.
No tienen núcleo definido y carecen de envoltura nuclear.	Tienen núcleo definido rodeado de una envoltura nuclear.
Su material genético es un ADN circular que se encuentra más o menos condensado en una porción de citoplasma llamada nucleoide.	Su material genético está compuesto de múltiples moléculas de ADN lineal, que se encuentra condensado en cromosomas o descondensado en la cromatina según el momento del ciclo celular.
Su división celular es directa. No hay mitosis.	Su división celular es por mitosis.
Presentan flagelos submicroscópicos.	Pueden presentar cilios y flagelos de compleja estructura rodeados por la membrana plasmática.
Tiene una pared celular muy gruesa, que suele estar envuelta por una cápsula.	Las plantas, la mayoría de las algas y de los hongos presentan pared celular, químicamente más sencilla que la de procariotas. En células animales está ausente.
Su membrana plasmática carece de colesterol.	Presentan colesterol en sus membranas.
Carece de citoesqueleto y de la mayoría de los orgánulos celulares: solo presenta ribosomas y estructuras de almacenamiento.	Tienen un citoesqueleto y gran variedad de orgánulos (mitocondrias, cloroplastos, retículo endoplasmático, lisosomas, vesículas, aparato de Golgi....)
Tiene ribosomas pequeños (70S)	Tiene ribosomas grandes (80S).
Los complejos enzimáticos se encuentran asociados a la membrana.	Los complejos enzimáticos se localizan en determinados orgánulos (mitocondrias y cloroplastos).

## 2.2.- Estructura y función del aparato o complejo de Golgi.

### a) Estructura:

Está formado por uno o varios dictiosomas, que son pilas de 4 a 8 cisternas membranosas o sáculos aplanados, con extremos engrosados. Alrededor de los sáculos existen numerosas vesículas membranosas.

Cada dictiosoma presenta las siguientes partes (Figura 2.2.1):

- Cara de formación o cara cis. Es la más próxima al retículo endoplasmático (RE) y se orienta hacia el núcleo. Es convexa y presenta numerosas vesículas a su alrededor, denominadas vesículas de transición, que proceden del RE, cuyo contenido se incorpora a las cisternas. De cada cisterna salen nuevas vesículas cargadas de contenido para fusionarse con la siguiente cisterna.
- Cara intermedia o sáculos de la zona central, que presentan la mayor actividad metabólica. Presenta las vesículas intermedias o intercisternas.
- Cara de maduración o cara trans. Tiene forma cóncava, sus cisternas son de gran tamaño y está orientada hacia la membrana plasmática. De ella surgen vesículas que llevan en el interior los productos finales, como las vesículas de secreción, que pueden dirigirse hacia la membrana plasmática, en donde vierten su contenido al medio externo (exocitosis), y lisosomas, que contienen enzimas digestivas.

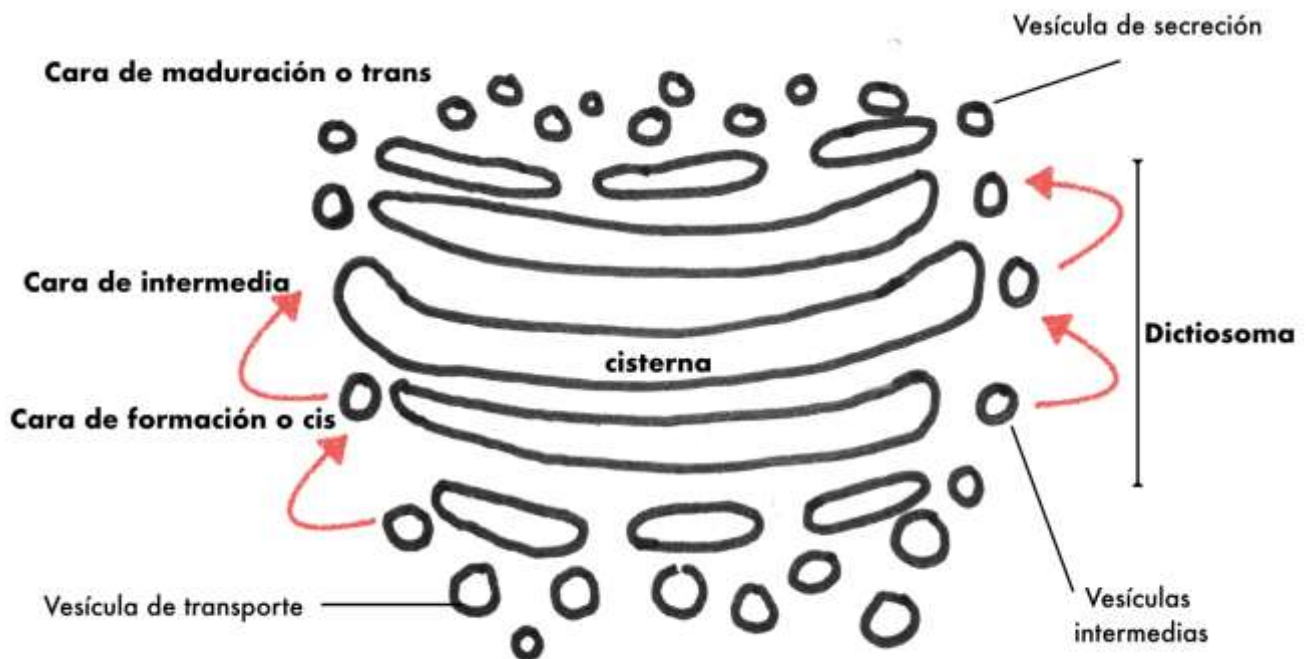


Figura 2.2.1.- Complejo de Golgi (imagen creada por F.J.Laveda Molina)



## b) Funciones:

Sus funciones son:

- Empaquetamiento en vesículas, distribución y secreción de los productos sintetizados en el RE, que se produce en todas las caras del Complejo de Golgi. Modificación de ciertas moléculas para hacerlas funcionales, por ejemplo modificación de la estructura y composición de algunos aminoácidos de las proteínas. Estas proteínas quedan dentro de las vesículas.
- En células vegetales, sintetizan algunos polisacáridos complejos que forman parte de la pared celular como hemicelulosa y pectinas, que son transportados en vesículas hasta el exterior celular. También forman el fragmoplasto cuando la célula vegetal se va a dividir.
- Fabrica lisosomas
- Secreta vesículas con algunos componentes que permiten la renovación de la membrana plasmática.
- En algunos tipos celulares produce secreciones, por ejemplo neurotransmisores en las neuronas.

## 2.3.- Peroxisomas.

Son orgánulos membranosos presentes en células animales y vegetales que contienen enzimas oxidativas (oxidasas y peroxidasas, como la catalasa). Utilizan el oxígeno molecular para oxidar compuestos orgánicos generando peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ) que, por ser muy tóxico para las células, es utilizado por la catalasa para realizar otras reacciones oxidativas. En este caso se oxidan compuestos orgánicos como etanol o metanol y se forma agua.

Las reacciones químicas que se producen en los mismos son las que aparecen a continuación, en la Figura 2.2.1.

Sus funciones son:

- Detoxificación de algunas sustancias tóxicas para el organismo, como ácido úrico, etanol, metanol...
- Degradación de ácidos grasos y aminoácidos que no van a generar ATP, como ocurre en la mitocondria, sino energía en forma de calor.

Un tipo especial de peroxisoma son los llamados glioxisomas, que aparecen en semillas oleaginosas y permiten obtener glúcidos a partir de ácidos grasos.

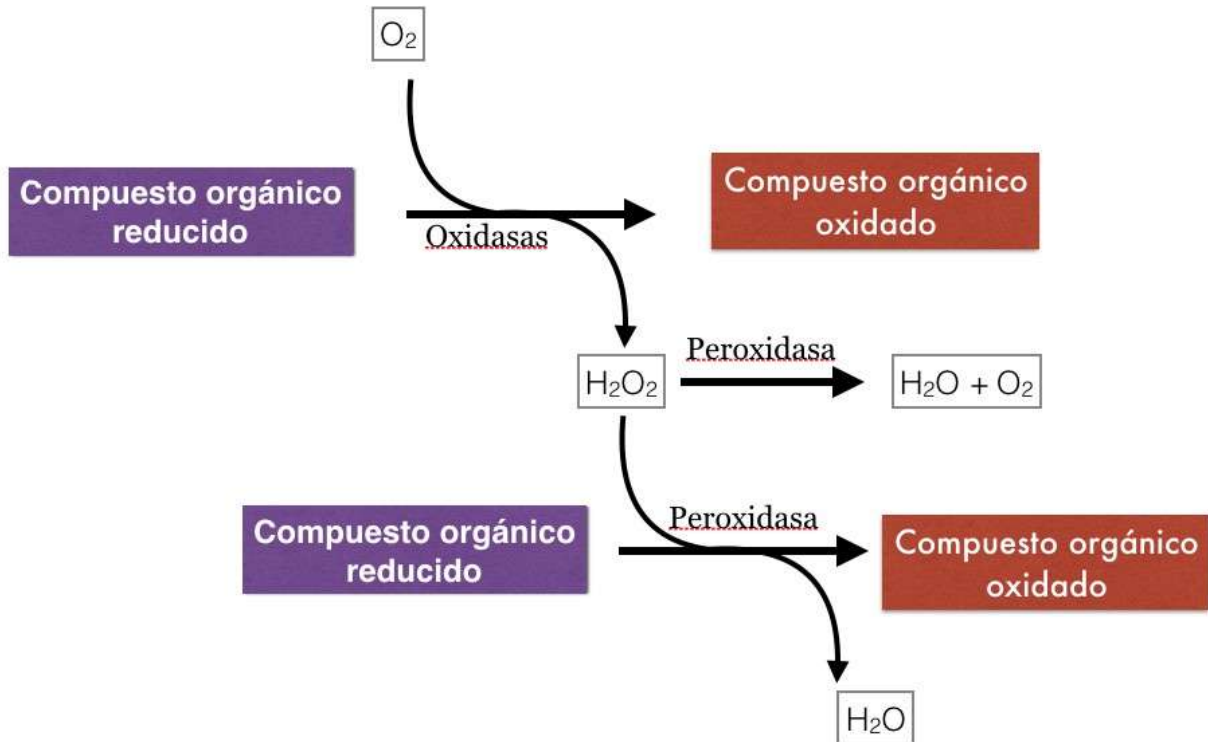


Figura 2.3.1.- Oxidaciones en los peroxisomas (imagen creada por F.J.Laveda Molina)

## 2.4.- Fases del ciclo celular.

La vida de la célula desde que se origina por división hasta que vuelve a dividirse o muere constituye el ciclo celular.

En el ciclo celular (Figura 2.3.1) alternan fases en que las células no se dividen con fases de división celular propiamente dicha. Se divide en varias fases: la interfase, en la que la célula crece y sintetiza diversas sustancias, y la división o fase M que, a su vez, se divide en mitosis o cariocinesis (división del núcleo) y citocinesis (división del citoplasma).

La **interfase** se divide en:

- **Fase G<sub>1</sub>**. Comienza tras la división celular y en ella la célula transcribe y traduce sus genes para sintetizar las proteínas necesarias para el metabolismo celular. Se produce el crecimiento de la célula. Al final de esta la célula decide si entra en la fase S y duplica o no su ADN, en el llamado punto R o punto restricción (punto de control G<sub>1</sub>). Si la célula supera este punto se van a producir las fases S y G<sub>2</sub>. En algunas células que sufren diferenciación celular, se alarga esta fase y recibe el nombre de **Fase G<sub>0</sub>** o de reposo. Estas células especializadas con metabolismo consiguen hacer funciones específicas en el organismo (transmisión de impulsos nerviosos, transporte de oxígeno, fagocitosis...). Pueden permanecer indefinidamente en este periodo G<sub>0</sub>, sin proseguir el ciclo celular, como ocurre en el caso de las neuronas. Algunas de ellas, ante la presencia de

determinados factores que favorecen la división celular, pueden alcanzar de nuevo el punto de restricción R y adoptar la decisión de proseguir el ciclo celular para dividirse, por ejemplo para reparar tejidos dañados.

- **Fase S**, en esta se produce la replicación del ADN y la síntesis de nuevas histonas. Tiene la finalidad de que cada célula hija pueda recibir el mismo ADN que tiene la célula madre, de modo que al final de esta fase tenemos dos copias de cada molécula de ADN, denominadas cromátidas hermanas unidas por un centrómero. Se inicia la duplicación de los centriolos de la célula.

- **Fase G<sub>2</sub>**, en que la célula se prepara para la división celular. Se transcriben los genes y se forman proteínas necesarias para la división celular y proteínas necesarias para formar el huso mitótico. La célula crece. Con respecto al ADN, esta fase empieza cuando ha terminado de duplicarse y al final de la misma se inicia la condensación de los cromosomas. Al acabar esta fase se ven dos diplosomas inmaduros. Hay un punto de control, donde la célula revisa si todo está preparado para entrar en mitosis. En caso afirmativo entra en la fase M. Si no está preparada no se dividirá.

La **Fase M**, que se produce tras la interfase, es la división celular o **mitosis**, en la que se divide el núcleo celular, seguido de la **citocinesis** que reparte el citoplasma entre las dos células hijas.

La **citocinesis** consiste en la división del citoplasma y el reparto de los orgánulos citoplasmáticos entre las dos células hijas. La citocinesis es diferente en células animales (formación de un anillo contráctil que produce estrangulamiento) y vegetales (formación del fragmoplasto).

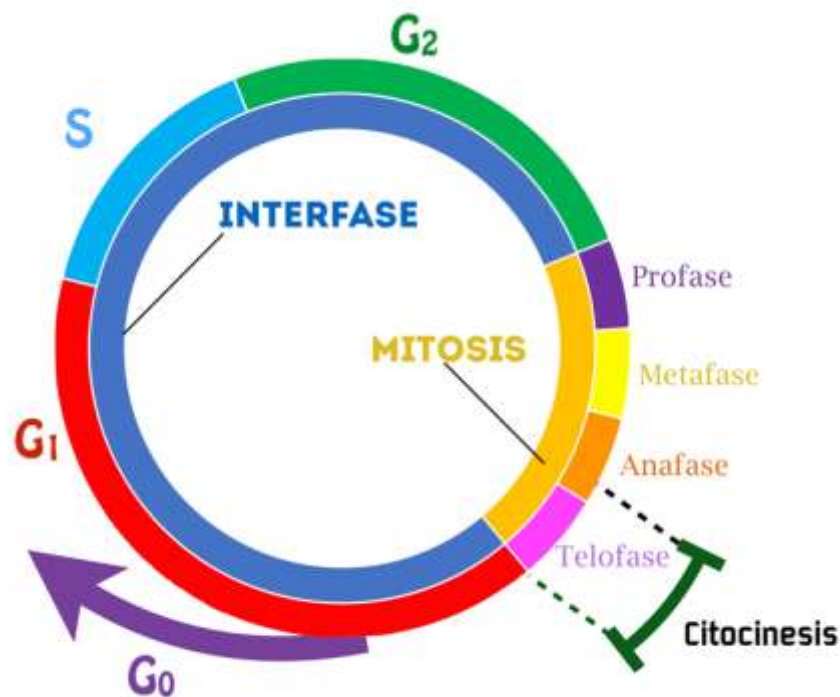


Figura 2.4.1. Ciclo Celular (imagen creada por F.J.Laveda Molina)

## 2.5.- Analogías y diferencias entre mitosis y meiosis.

En ambos casos se trata de procesos de división celular, con duplicación de material genético previo a la división celular. Ambos procesos tienen características comunes, como la desaparición de la envoltura nuclear, el posicionamiento de los cromosomas, la presencia de filamentos que tiran de los cromosomas (microtúbulos)...

La segunda división meiótica es un proceso similar a la mitosis. Las diferencias principales entre ambos procesos son:

MITOSIS	MEIOSIS
Tiene lugar en células $n$ o $2n$	Tiene lugar en células $2n$
Hay una sola división.	Hay dos divisiones consecutivas, la primera reduccional, la segunda equivalente a una mitosis
Produce 2 células genéticamente idénticas a la célula inicial.	Produce 4 células con la mitad de material genético que la célula inicial, y en las cuales se ha producido recombinación genética entre cromosomas homólogos.
No altera el número de cromosomas.	Origina células haploides (con la mitad de cromosomas que la célula parental)
En metafase, los cromosomas se alinean en la placa ecuatorial por el centrómero que une las cromátidas hermanas.	En metafase I, se alinean en la placa ecuatorial por los quiasmas que unen las tétradas, después de la recombinación. En metafase II se separan por el centrómero las cromátidas hermanas.
En anafase, se separan las dos cromátidas hermanas.	En anafase I, se separan los pares de cromosomas homólogos. En anafase II se separan las cromátidas hermanas.
Sirve habitualmente para la reproducción asexual en seres vivos unicelulares o para el crecimiento y reparación de tejidos en seres vivos pluricelulares.	Se produce en la reproducción sexual para originar gametos, con la mitad de material genético que la célula original de modo que, al fusionarse para formar el cigoto, se mantenga constante la dotación cromosómica de la especie.

## 2.6.- Balance energético de la respiración aerobia.

En primer lugar, vamos a recordar los balances particulares de cada uno de los procesos que componen la respiración celular:

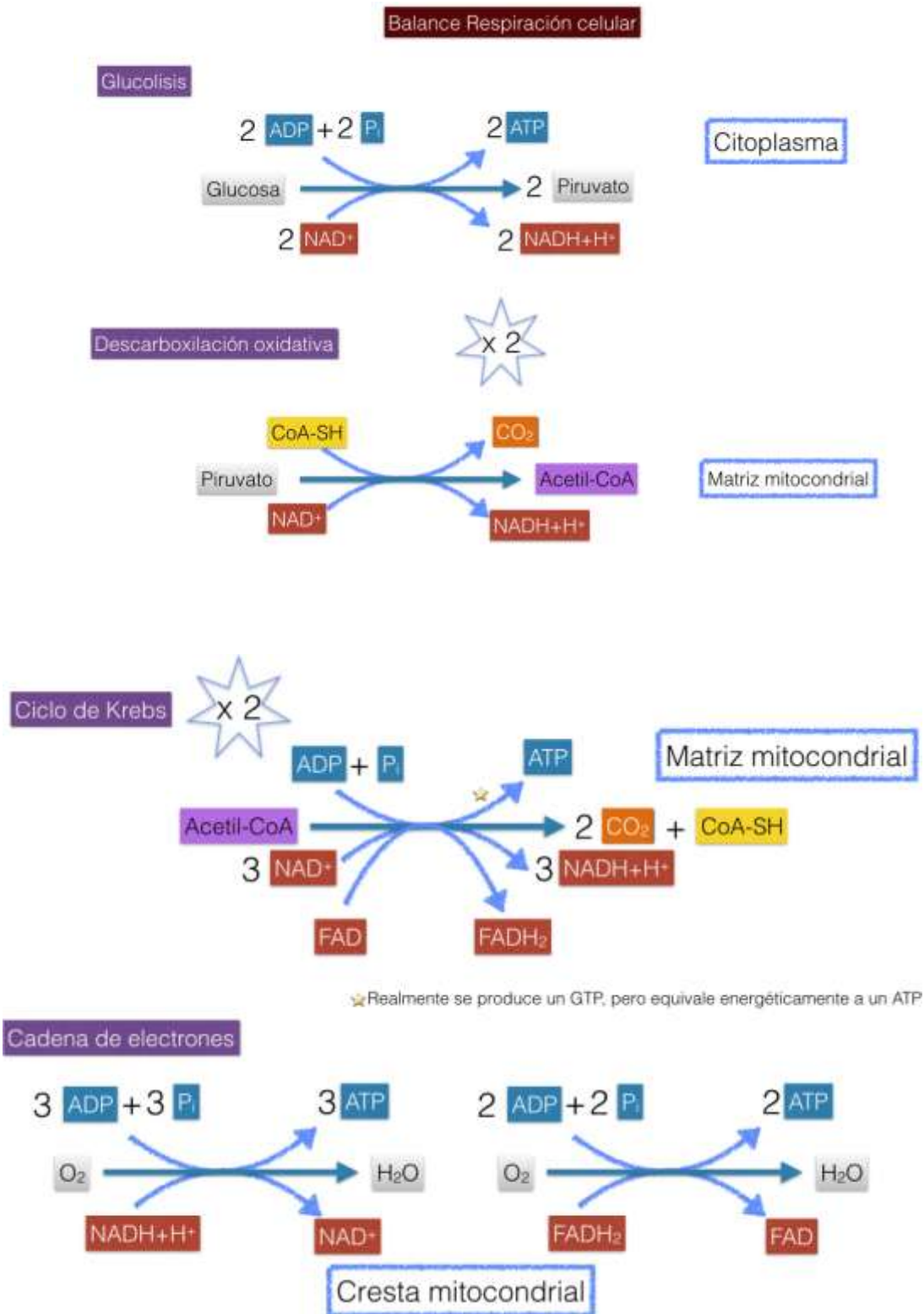


Figura 2.6.1. Balance respiración celular en cada una de sus etapas (imagen creada por F.J.Laveda Molina)

En resumen, puede decirse que, de cada molécula de glucosa, se obtiene:

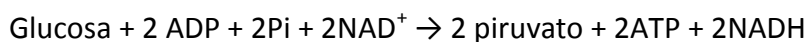
	Equivalentes de ATP por fosforilación a nivel de sustrato	Coenzimas reducidos	Oxidación de coenzimas reducidos en la cadena de transporte de electrones	Energía total
Glucolisis (x1)	2 ATP	2 NADH	6 ATP (*)	8 ATP
Transporte del Piruvato a la mitocondria (x2)		2 NADH	6 ATP	8 ATP
Ciclo de Krebs (x2)	2 ATP	6 NADH 2 FADH <sub>2</sub>	18 ATP(**) 4 ATP(**)	22 ATP
	4 ATP		34 ATP	38 ATP

(\*)Según el órgano donde se produzca, debido a los sistemas de transporte a la mitocondria, pueden obtenerse 6 ATP o 4 ATP a partir del NADH citosólico. Vamos a considerar el máximo rendimiento energético.

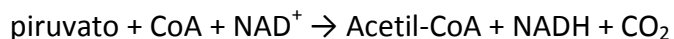
(\*\*)En estudios recientes se ha visto que puede bajar el rendimiento entre **1,5 ATP por FADH<sub>2</sub>** y **2,5 de ATP el NADH**. Considerando este caso, se formarán 15 ATP a partir de 6 NADH y 3 ATP a partir de 2 FADH<sub>2</sub>

Las reacciones globales de cada proceso podemos resumirlas del siguiente modo:

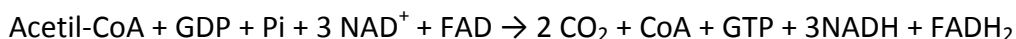
**Glucolisis:**



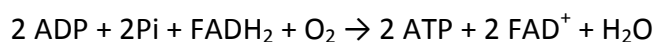
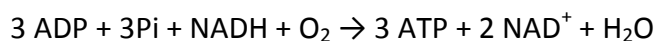
**Transporte del piruvato a la mitocondria (descarboxilación oxidativa):**



**Ciclo de Krebs:**



En la **cadena de transporte electrónico** la reducción de las coenzimas origina (suponiendo el mayor rendimiento energético posible):



Como resultado de todas las reacciones químicas anteriores, y suponiendo el máximo rendimiento energético posible, podemos escribir la **reacción global de la respiración celular**:



## 2.7.- Catabolismo de lípidos.

Los acilglicéridos son la principal fuente de reserva energética a largo plazo. Para obtener energía de los mismos, las lipasas hidrolizan los acilglicéridos en el citoplasma originando ácidos grasos y glicerina.

La glicerina se fosforila con gasto de ATP originando glicerol 3-P, que se oxida a dihidroxiacetona fosfato y puede usarse al incorporarlo como intermediario de la glucólisis. Los ácidos grasos deben ser transportados desde el citoplasma hasta la matriz mitocondrial<sup>1</sup>.

Para este transporte, debe activarse y unirse al Coenzima A (CoA-SH) con gasto de energía equivalente a 2 ATP formando un Acil-CoA. Este Acil-CoA es transportado unido a la carnitina hasta el interior de la matriz de la mitocondria, donde es liberado de nuevo.

Una vez en la matriz de la mitocondria, el ácido graso va a iniciar su degradación mediante el proceso denominado  $\beta$ -oxidación, originando moléculas de acetil-CoA y coenzimas reducidos.

El proceso de  $\beta$ -oxidación (también llamado hélice de Lynen) consiste en una serie de reacciones químicas consecutivas catalizadas enzimáticamente que va a transformar un acil-CoA de  $n$  carbonos en un acil-CoA de  $(n-2)$  carbonos y una molécula de acetil-CoA en cada ciclo. Además, obtenemos una molécula de NADH y otra de FADH<sub>2</sub>. Se precisan tantos ciclos de  $\beta$ -oxidación como sean necesarios para que todo el acil-CoA sea transformado en moléculas de acetil-CoA. Por ejemplo, el palmitoil-CoA (16 C) precisa 7 ciclos de  $\beta$ -oxidación para originar 8 moléculas de acetil-CoA.

Las moléculas de acetil-CoA obtenidas son oxidadas hasta CO<sub>2</sub> en el ciclo de Krebs, obteniendo GTP (equivalente a ATP energéticamente) y coenzimas reducidos NADH y FADH<sub>2</sub>.

Los coenzimas reducidos (NADH y FADH<sub>2</sub>) obtenidos en la  $\beta$ -oxidación y ciclo de Krebs pasan a la cadena de transporte electrónico en las crestas mitocondriales para ser oxidados y obtener de ellos energía (en forma de ATP) mediante fosforilación oxidativa.

Vamos a ver un ejemplo de rendimiento energético a partir de una molécula de ácido esteárico (18C):

	Actúa sobre:	Produce:	Energía producida
Activación del ácido graso (citoplasma)	Ácido esteárico	Estearil-CoA (se transporta a la mitocondria por medio de transportador de carnitina)	-2 ATP
$\beta$ -oxidación (Matriz mitocondria o peroxisoma)	Estearil-CoA	9 Acetil-CoA 8 NADH 8 FADH <sub>2</sub>	
Ciclo de Krebs (Matriz mitocondria)	9 Acetil-CoA	9 GTP 27 NADH 9 FADH <sub>2</sub>	9 ATP
Cadena de electrones (Cresta mitocondria)	(8+27) NADH (8+9) FADH <sub>2</sub>	Coenzimas oxidados y agua a partir de oxígeno molecular	105 ATP 34 ATP
			<b>146 ATP</b>

<sup>1</sup> También puede ocurrir este proceso en los peroxisomas, además de en la matriz mitocondrial.

## 2.8.- Descripción de los fotosistemas.

### Pigmentos fotosintéticos y fotosistemas

Los pigmentos fotosintéticos se organizan en la membrana tilacoidal de los cloroplastos formando la unidad funcional denominada fotosistema. Estos se estructuran en un **complejo antena** y un **centro de reacción** fotoquímico. Los fotosistemas son capaces de transferir electrones a un aceptor primario y son capaces de aceptar electrones de un dador de electrones.

#### **Complejo antena**

Está formado por moléculas de clorofila (*a* y *b*) y de carotenoides unidas a proteínas de la membrana. Cada una de ellas absorbe luz de una determinada longitud de onda. La energía captada por el complejo antena es transferida al centro de reacción fotoquímico.

#### **Centro de reacción fotoquímico**

Está situado en una proteína de membrana y está constituido por dos moléculas de clorofila, de un tipo especial, P<sub>680</sub> y P<sub>700</sub>, que se excitan cuando reciben la energía del complejo antena y transfieren electrones al aceptor primario.

Cuando el complejo antena capta un fotón, salta un electrón hacia un orbital de mayor energía. Esta energía se va transmitiendo de una molécula a otra cercana y así, mediante una reacción en cadena, esa energía llega hasta una de las moléculas de clorofila del centro de reacción, la cual responde liberando un electrón de alta energía que es captado por el aceptor primario.

El hueco electrónico que queda en la clorofila del centro de reacción es ocupado por un



electrón de baja energía procedente de un dador de electrones, el agua o una molécula transportadora de electrones dependiendo de qué fotosistema sea el que se ha activado. (Figura 2.7.1)

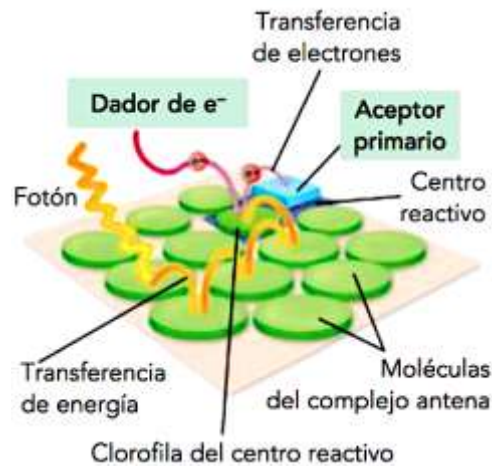


Figura 2.8.1.- Fotosistema: Complejo antena y centro de reacción. (Fuente: Panadero Cuartero et al., 2016)

### Tipos de fotosistema

Existen dos **tipos de fotosistema**, denominados fotosistema I (PSI) y fotosistema II (PSII). Se encuentran conectados entre sí mediante una cadena de proteínas transportadoras de electrones.

#### Fotosistema I

Se localiza en toda la membrana del tilacoide. Su centro de reacción tiene dos moléculas de clorofila que absorben luz de 700 nm de longitud de onda, por lo que se denomina P<sub>700</sub>.

Esta clorofila cede una pareja de electrones a un aceptor primario que los cede a su vez a una cadena de transporte cuyo último aceptor es el NADP<sup>+</sup> que se reduce a NADPH.

El hueco electrónico que queda en la molécula P<sub>700</sub> es ocupado con una pareja de electrones procedentes de la plastocianina.

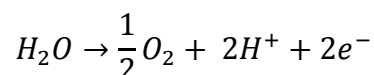
#### Fotosistema II

Se localiza en las zonas donde las membranas del tilacoide se apilan para formar los grana.

Las dos moléculas de clorofila que forman su centro de reacción se denominan P<sub>680</sub> ya absorben luz de 680 nm de longitud de onda.

#### Fosforilación acíclica y cíclica

La clorofila P<sub>680</sub> cede una pareja de electrones a la feofitina, que es el aceptor primario. La feofitina cederá sus electrones a una cadena de transportadores cuyo aceptor final es la plastocianina. Esta cadena de transportadores es la que comunica los fotosistemas I y II. El hueco electrónico es cubierto con dos electrones e<sup>-</sup> procedentes de la fotólisis del agua.



Los organismos que tienen los dos fotosistemas, realizan el flujo electrónico abierto o acíclico (esquema en forma de Z) (Figura 2.8.2).

Los fotosistemas pueden funcionar en serie, de modo que ambos se conectan por una cadena de electrones. En este caso hablamos de fotofosforilación no cíclica. Los electrones procedentes de la fotólisis del agua van a ser utilizados en última instancia para reducir una molécula de  $\text{NADP}^+$ . Los fotones recibidos en el fotosistema II liberan un electrón de su centro  $\text{P}_{680}$ , que recoge la feofitina (Feo) y que va a ser conducido por los transportadores de electrones de la cadena: plastoquinona (PQ), citocromo  $b_6-f$  y plastocianina (PC). El hueco de los electrones arrancados del  $\text{P}_{680}$  son cubiertos con los electrones procedentes de la fotólisis del agua, que además genera  $\text{O}_2$ . El complejo citocromo  $b_6-f$  genera suficiente energía en el transporte electrónico para poder transportar  $\text{H}^+$  al interior del tilacoide en contra de gradiente electroquímico. La salida de los mismos hacia el estroma por el complejo  $\text{cF}_0\text{F}_1$  (ATP-sintetasa) generará energía suficiente para formar ATP a partir de ADP y  $\text{P}_i$ , según la hipótesis quimiosmótica de Mitchell para la fotofosforilación.

En el fotosistema I se capta un fotón que permite la liberación de un electrón del centro de reacción  $\text{P}_{700}$  que lo cede a la clorofila  $\text{A}_0$ . Esta última cede el electrón a la filoquinona (Q) y a la ferredoxina (Fd) que lo cede al enzima NADP-reductasa que reduce el  $\text{NADP}^+$  a NADPH. El hueco electrónico del  $\text{P}_{700}$  es cubierto con los electrones procedentes de la plastocianina.

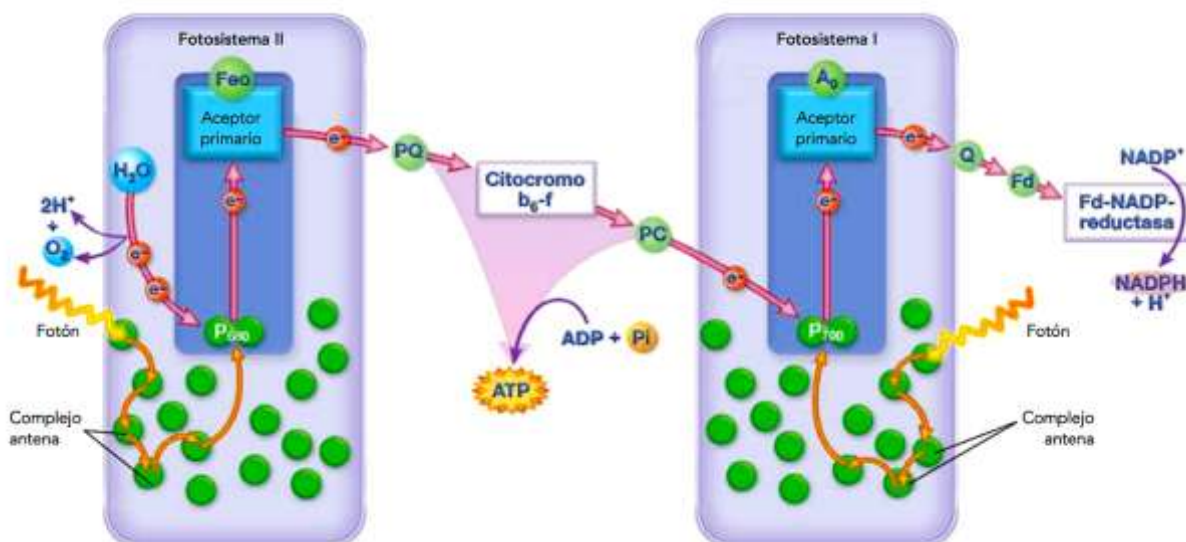


Figura 2.8.2.- Fotosistemas y cadena transportadora de electrones (flujo electrónico acíclico). (Fuente: Panadero Cuartero et al., 2016)



Figura 2.8.3.- Esquema de fosforilación cíclica (flujo electrónico cíclico). (Fuente: Panadero Cuartero et al., 2016)

(\* No es necesario conocer todos los complejos transportadores)

También es posible que funcione solo el fotosistema I originando la fotofosforilación cíclica, ya que se produce un transporte cíclico de electrones (Figura 2.8.3). En el fotosistema I se capta un fotón que permite la liberación de un electrón del centro de reacción P<sub>700</sub> que lo cede a la clorofila A<sub>0</sub>, que lo cede a la filoquinona (Q), lo pasa a la ferredoxina (Fd). Esta lo cede al complejo b<sub>6</sub>-f, en el cual se produce energía suficiente para transportar los H<sup>+</sup> en contra de gradiente, y generar ATP de modo idéntico a la fotofosforilación no cíclica. El complejo b<sub>6</sub>-f cede los electrones a la plastocianina (PC), la cual los lleva hasta el hueco dejado en el P<sub>700</sub>, de modo que de nuevo puedan ser excitados por un fotón y reiniciar la fotofosforilación cíclica.

A continuación, se presentan, en forma de tabla resumen, las diferencias entre la fotofosforilación no cíclica y la cíclica:

	<b>Fotofosforilación no cíclica</b>	<b>Fotofosforilación cíclica</b>
<b>Fotosistemas implicados</b>	Fotosistemas I y II	Fotosistema I
<b>Producción O<sub>2</sub></b>	Sí	No
<b>ATP</b>	Sí (1 ATP)	Sí (1 ATP)
<b>Coenzimas reducidos</b>	Sí (NADPH)	No

## 2.9.- Fases de la quimiosíntesis y ejemplos.

La quimiosíntesis es un proceso de nutrición autótrofa que llevan a cabo los organismos quimiolitótrofos, que son capaces de utilizar la energía liberada en la oxidación de moléculas inorgánicas sencillas para fijar C, N, S y poder incorporarlos en forma de materia orgánica. Sólo un reducido número de bacterias, entre las que destacan las bacterias del suelo que oxidan el amoníaco a nitritos y estos a nitratos, pueden llevar a cabo este proceso.

La quimiosíntesis, de manera análoga a la fotosíntesis, consta de dos fases (Figura 2.9.1):

- En la **primera fase** (análoga a la fase luminosa de la fotosíntesis) se obtiene energía química en forma de ATP y coenzimas reducidos ( $\text{NADH}^+$ ) a partir de la oxidación de compuestos inorgánicos sencillos tales como amoníaco, nitritos, azufre y sus derivados, hierro y otros. Cada grupo de bacterias quimiosintéticas está especializado en la obtención de energía oxidando un determinado compuesto inorgánico.
- En la **segunda fase**, el ATP y coenzimas reducidos obtenidos en la fase anterior son utilizados para reducir compuestos inorgánicos ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ) transformándolos en compuestos orgánicos. Esta segunda fase es muy similar a la fase oscura de la fotosíntesis.

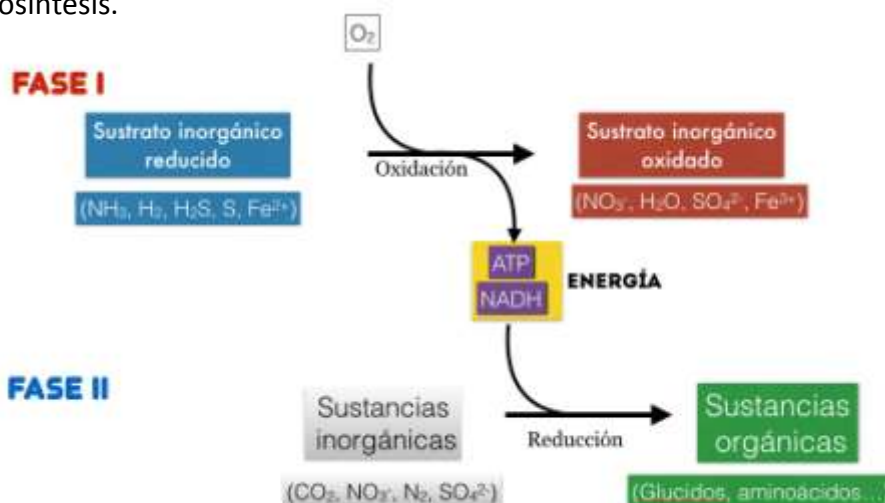


Figura 2.9.1. Fases de la quimiosíntesis. (imagen creada por F.J. Laveda Molina)

### ALGUNOS TIPOS DE ORGANISMOS QUIMIOSINTÉTICOS

**Bacterias del nitrógeno:** Viven en el suelo y en el agua. Utilizan como sustratos compuestos reducidos de nitrógeno. Oxidan el amoníaco procedente de la descomposición de la materia orgánica en dos fases:

- Bacterias nitrosificantes: Oxidan el amoníaco hasta nitritos (*Nitrosomonas* sp.).
- Bacterias nitrificantes: Oxidan los nitritos hasta nitratos (*Nitrobacter* sp.).

**Bacterias incoloras del azufre:** Viven en aguas residuales, fuentes hidrotermales y ambientes ricos en azufre o  $\text{H}_2\text{S}$ . Oxidan el azufre y el  $\text{H}_2\text{S}$  para obtener energía (*Thiobacillus* sp.).

### Bloque 3.- GENÉTICA Y EVOLUCIÓN

#### 3.1.- Diferencias en la expresión génica entre procariotas y eucariotas.

ELEMENTO	PROCARIOTAS	EUCARIOTAS	PROCESO
<b>GENES</b>	Genes continuos que NO PRECISA MADURACIÓN tras la transcripción. Los genes son POLICISTRÓNICOS en la mayoría de los casos, originando varias cadenas polipeptídicas de un único ARNm, que posee varios puntos de inicio de traducción. El ribosoma reconoce secuencias consenso antes del inicio de cada secuencia polipeptídica a traducir.	Genes fragmentados con intrones y exones. El proceso de MADURACIÓN elimina los intrones y une los exones. Los genes son MONOCISTRÓNICOS, originando una única cadena polipeptídica. Existe un único origen de la traducción. El ribosoma reconoce la caperuza de 5-metilguanosa del extremo 5' del ARNm.	TRANSCRIPCIÓN
<b>ADN</b>	No presenta histonas. Su empaquetamiento es bajo y es fácil de iniciar la replicación y la transcripción.	Asociado a histonas y altamente condensado formando la cromatina, por lo que se requiere antes de cualquier proceso un desempaquetamiento de la cromatina. Para la transcripción precisa proteínas que permitan desempaquetar el ADN para que sea accesible. En la replicación, además de desempaquetar la cromatina, hay que fabricar histonas nuevas, de modo que haya suficientes para las dos réplicas.	REPLICACIÓN Y TRANSCRIPCIÓN
<b>TIPO DE ADN</b>	ADN circular. Se eliminan los cebadores de ARN y no se acorta.	ADN lineal. En el extremo 5' de la hebra retardada no puede sustituirse el ARN cebador y los telómeros del cromosoma se acortan unos pocos nucleótidos en cada replicación.	REPLICACIÓN
<b>ADN-polimerasa</b>	Se precisan 3 tipos.	Se precisan 5 tipos.	REPLICACIÓN
<b>ARN-polimerasa</b>	La misma transcribe los diferentes tipos de ARN.	Hay tres clases para los distintos tipos de ARN.	TRANSCRIPCIÓN
<b>Localización</b>	La transcripción y la traducción se hacen en citoplasma al carecer de núcleo. Al no tener que madurar el ARNm no hay separación temporal de ambos procesos.	La transcripción ocurre en el núcleo. La traducción en el citoplasma. El pre-ARNm (transcrito primario) sufre un proceso de maduración y luego es transportado al citoplasma, donde se traduce. Existe una separación espacial y temporal de ambos procesos. <sup>1</sup>	TRANSCRIPCIÓN Y TRADUCCIÓN
<b>ARN</b>	El ARNm no madura. Madura el ARNr y el ARNt.	Maduran todos los ARN.	POSTRANSCRIPCIONAL
<b>INICIO</b>	Para la replicación hay un solo punto de inicio. Las secuencias de iniciación y terminación de transcripción son diferentes en procariotas y eucariotas.	Para la replicación hay múltiples puntos de inicio. Las secuencias de iniciación y terminación de transcripción son diferentes en procariotas y eucariotas.	REPLICACIÓN, TRADUCCIÓN Y TRANSCRIPCIÓN

<sup>1</sup> Por otra parte hay que recordar que en el ADN de mitocondrias (en la matriz) y cloroplastos (en el estroma) también ocurren estos procesos.

### 3.2.- Agentes mutágenos.

Son los causantes de las mutaciones inducidas que dañan o alteran el ADN, aumentando la tasa de mutación espontánea en una especie. Pueden ser químicos, físicos o biológicos. A continuación se detallan algunos ejemplos de cada tipo.

TIPOS	MUTÁGENO	EFFECTOS EN EL ADN
FÍSICOS	<b>Radiación no ionizante:</b> Rayos ultravioleta	Provocan la formación de un enlace covalente entre dos bases contiguas, dando lugar a dímeros de timina y formas tautoméricas, que son el origen de mutaciones génicas del tipo transiciones.
	<b>Radiaciones ionizantes:</b> Rayos X, rayos gamma ( $\gamma$ ) y partículas $\alpha$ y $\beta$ emitidas en los procesos radioactivos	Producen radicales libres que alteran las bases púricas y pirimidinas, rompiendo las cadenas de ADN con pérdida de bases nitrogenadas y la aparición de formas tautoméricas.
QUÍMICOS	<b>Análogos de bases:</b> El 5-bromouracilo y la 2-aminopurina	Sustitución de bases: emparejamientos erróneos durante la replicación. El 5-bromouracilo sustituye a una timina y la 2-aminopurina se coloca en lugar de una adenina.
	<b>Agentes alquilantes:</b> El gas mostaza <b>Modificadores de bases:</b> El ácido nitroso y la hidroxilamina.	Modificaciones de las bases nitrogenadas: el gas mostaza añade grupos alquilo, y el ácido nitroso y la hidroxilamina eliminan grupos amino o añaden grupos hidroxilo, respectivamente. Como consecuencia, se producen errores durante la replicación.
	<b>Agentes intercalantes:</b> Naranja de acridina y benzopireno	Estas moléculas se pueden introducir entre los pares de bases del ADN, generando uniones covalentes entre las cadenas que provocan inserciones o deleciones de nucleótidos durante la replicación.
BIOLÓGICOS	Algunos virus como retrovirus o el virus de la hepatitis B humana	Pueden realizar su acción al llevar en su genoma fragmentos de ADN tomados de la célula infectada, que se incorporarían a la célula parasitada. El efecto sería similar al causado por los transposones (segmentos móviles de ADN) en el caso de mutaciones espontáneas, aumentando la frecuencia de mutaciones génicas.

### 3.3.- Comparación de las teorías evolutivas de Darwin-Wallace y neodarwinismo

En la siguiente tabla se establece una comparativa entre las teorías evolutivas basadas en la de Darwin-Wallace y la del neodarwinismo.

	<b>DARWIN-WALLACE</b>	<b>NEODARWINISMO</b>
<b>UNIDAD DE EVOLUCIÓN</b>	<b>Individuo</b>	<b>Población</b>
<b>Poblaciones</b>	Capacidad reproductiva elevada aunque el tamaño de la población tiende a mantenerse constante, ya que los recursos son limitados.	Las poblaciones van cambiando a medida que varían sus frecuencias génicas.
<b>Variabilidad</b>	Todos los seres vivos tienen la capacidad innata de exhibir variaciones individuales que los diferencian de los demás representantes de su misma especie.	Las mutaciones representan la fuente primaria de variabilidad genética en las poblaciones y de nuevos fenotipos. La recombinación genética es una segunda fuente de variabilidad al reorganizar los genes en los cromosomas de los descendientes.
<b>Selección natural</b>	La disponibilidad limitada de recursos genera, entre los individuos de una población, competencia que provoca la lucha por la supervivencia. Las características individuales más favorables permiten que los organismos tengan mayor capacidad para sobrevivir y reproducirse, transmitiendo a sus descendientes esas características (supervivencia del más apto).	Una variante alélica surgida por mutación será seleccionada o eliminada en función de la eficacia biológica del nuevo fenotipo que genera. Si este fenotipo resulta eficaz, dejará descendientes y aumentará las frecuencias alélicas. En caso contrario, tenderán a desaparecer de la población
<b>Factores</b>	La selección natural y la lucha por la supervivencia.	La selección natural. Las mutaciones. Las migraciones. La deriva genética.



### 3.4.- Factores que afectan a la evolución biológica

Cada población tiene un fondo o **acervo genético** compuesto por todos los alelos de todos los individuos de esa población. Para que haya evolución, deben aparecer variaciones heredables entre los individuos de una población lo que implica variabilidad genética. Esta variabilidad genética es debida a una serie de factores que afectan al equilibrio génico de las poblaciones como son: selección natural, mutación y recombinación, deriva genética, migraciones y aislamiento reproductivo o genético. Estos factores inducen cambios de las frecuencias génicas y genotípicas de determinados alelos de generación en generación y, por tanto, modificaciones en la composición génica de las poblaciones.

- a) **Selección natural:** en este caso es el medio ambiente el que selecciona a los individuos, aquella combinación genética con mayor capacidad de adaptación a los cambios que se produzcan en el mismo será la que sobreviva, reproduciéndose los individuos con esas características y transmitiendo esos alelos a la descendencia.
- b) **Mutación:** las mutaciones son los cambios producidos en la secuencia de nucleótidos de ADN como consecuencia de errores en el proceso de replicación, generando nuevos alelos. Introducen nuevas variaciones genéticas y son la causa principal de la variabilidad genética. Son aleatorias, solo las que afectan a los gametos son heredables y pueden ser beneficiosas, perjudiciales o neutras.
- c) **Entrecruzamiento y recombinación genética:** se produce en la formación de gametos, que tiene lugar durante la meiosis. Favorece la aparición de nuevas asociaciones de alelos y mezcla de genes paternos y maternos; esto, junto con la aleatoriedad en la unión de gametos, incrementa la variabilidad genética.
- d) **Deriva genética:** son las fluctuaciones aleatorias de las frecuencias alélicas que tienen lugar generación tras generación. La deriva genética disminuye la variabilidad genética en una población y es importante en poblaciones pequeñas; se ha comprobado en procesos conocidos como:
  - ✚ **Efecto fundador:** se da cuando ciertos individuos de una misma población se aíslan de la población original reproduciéndose y transmitiendo sus alelos. En este caso, puede que las frecuencias génicas del nuevo grupo no sean representativas del acervo genético del grupo original. Un ejemplo podemos encontrarlo en el grupo religioso de los Amish, donde se conoce que más de un 10 % de la población portan los alelos del enanismo y la polidactilia.
  - ✚ **Efecto cuello de botella:** se origina cuando un acontecimiento (desastre ambiental o acciones humanas) provoca una reducción de la población original. Los individuos que sobreviven presentan diferentes frecuencias alélicas respecto a la población original.
- e) **Migraciones o flujo genético:** las variaciones en las frecuencias génicas se producen por flujos migratorios de sus individuos. A mayor flujo migratorio mayor variabilidad experimentará la población, ya que supone la entrada de nuevos alelos.
- f) **Aislamiento reproductivo o genético:** este factor implica un proceso de especiación, ya que produce divergencia en las poblaciones aisladas. Se pueden dar distintos tipos de barreras



dependiendo del tipo de aislamiento. En el aislamiento precigótico se dan, por ejemplo, las que evitan el apareamiento de las especies por ocupar éstas distintos hábitats, por cambios en la conducta o rituales de cortejo, o por incompatibilidad de los genitales en la cópula. En el aislamiento postcigótico, el cigoto híbrido formado puede ser no viable o, si se desarrolla y sobrevive, el híbrido es estéril; por ejemplo el mulo o mula, resultado del cruce entre un caballo o yegua y un asno o burra.

### 3.5.- Pruebas de la evolución

Las pruebas más conocidas sobre el hecho evolutivo son:

- 🌍 **Paleontológicas:** El **estudio del registro fósil** de especies extinguidas y su distribución temporal revelan la existencia de un proceso de cambio con el tiempo, que se evidencia con:
  - ✚ **Las series filogenéticas:** Aunque solo una pequeña parte de los organismos que mueren llegan a preservarse fosilizados, podemos comprobar que las especies aparecen y se extinguen, siendo sustituidas por otras. Así, los restos fósiles descubiertos permiten reconstruir la evolución de un determinado organismo a través del tiempo y determinar su **filogenia**. Por ejemplo, el estudio de la evolución del caballo comienza con el primer ancestro, de hace unos 50 millones de años, el cual, gradualmente, se fue haciendo más grande, cambiando la longitud de sus patas, la dentición y el número de dedos, que se redujo desde cinco hasta uno (la pezuña), hasta llegar al caballo actual.
  - ✚ **Las formas fósiles transicionales:** Son restos de organismos con características intermedias entre dos grupos de seres vivos, que evidencian las relaciones de parentesco evolutivo que existen entre ellos. Por ejemplo, los individuos del género *Archaeopteryx*, fósil del Jurásico, presentan caracteres intermedios entre los de los reptiles (cola y dientes) y los de las aves (plumas), y se consideran el eslabón que parece indicar que las aves actuales son el resultado de la evolución a partir de antiguos reptiles.
- 🌍 **Biogeográficas:** Se basa en el estudio de la **distribución geográfica** de las especies animales y vegetales más o menos parecidas, emparentadas, que habitan lugares relacionados entre sí por su proximidad, situación o características. Esas especies provienen de una **única especie antepasada que originó a todas las demás mediante adaptación** (pequeños grupos de individuos se adaptaban a las condiciones de un lugar concreto, que eran diferentes a las de otros lugares). Un ejemplo característico son los pinzones de las islas Galápagos, que fueron estudiados por Darwin. Podemos considerar por ejemplo:
  - ✚ **Continentes que estuvieron unidos en otra época**, como América del Sur y África, en la que el registro fósil atestigua que compartieron la misma fauna, poseen en la actualidad especies animales diferentes aunque afines.

La explicación a este hecho es que la separación de los continentes provocó el aislamiento de las especies y favoreció un proceso evolutivo por separado a partir de

antecesores comunes. Un ejemplo lo encontramos en los marsupiales, separados tempranamente del resto de los mamíferos, cuya distribución actual se restringe a América (principalmente Sudamérica) y Australia.

En los **archipiélagos oceánicos alejados de continentes** se observa un fenómeno similar.

- **Embriológicas:** Los estudios embriológicos ponen de manifiesto que los organismos emparentados evolutivamente presentan **similitudes durante algunas etapas de su desarrollo embrionario**.

Las similitudes en el embrión persisten durante más tiempo cuando el parentesco evolutivo es más cercano. Estos patrones de semejanza muestran que han sido heredados de un antepasado común y dichos patrones se van modificando a medida que los descendientes evolucionan en distintas direcciones; sin embargo, algunos aspectos se mantienen incluso cuando han perdido toda utilidad.

Un ejemplo lo constituye el estudio de las fases tempranas de los embriones humanos y de otros vertebrados terrestres, que son casi idénticas (Figura 3.5.1). De hecho, los embriones humanos presentan un inicio de branquias (fosas branquiales pareadas en la región del cuello) durante las primeras fases del desarrollo. Únicamente en los peces, dichas fosas se unen y forman las hendiduras branquiales; en el hombre quedan, como vestigio de ellas, las trompas de Eustaquio y el canal auditivo, que conectan la faringe con el exterior. También en el embrión humano aparece una cola hasta las seis semanas de desarrollo, que persiste incluso como un "vestigio" en el coxis del adulto.

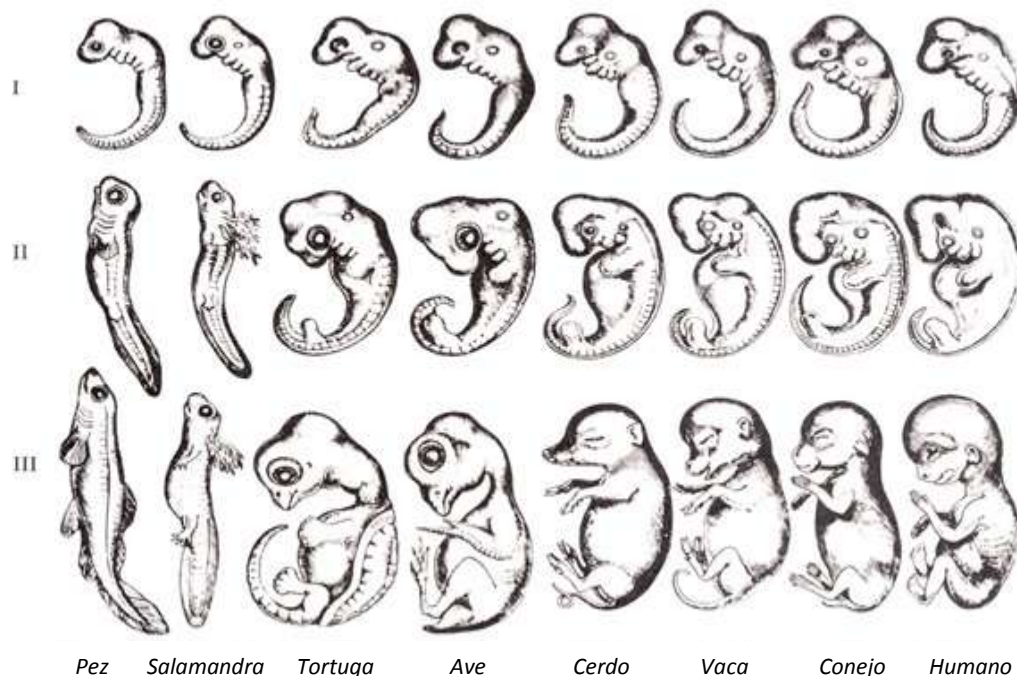


Figura 3.5.1. Embriones de Haeckel. (Fuente: <http://espores.org/es/botanicos/ernst-haeckel-la-meitat-de-levoluci%C3%B3-i-el-principi-de-lecologia.html>)

**Haeckel** resumió esta teoría con la famosa frase "La ontogenia recapitula la filogenia".

🌐 **Anatomía y morfología comparadas:** La anatomía y la morfología comparadas hacen un análisis de las similitudes que pudieran encontrarse entre las estructuras de los organismos y según estas, concluir si dos especies han compartido un antepasado común.

🌈 **Órganos homólogos.** Son las estructuras anatómicas que tienen un mismo origen evolutivo y, aunque realicen distinta función, tienen la misma estructura básica y el mismo tipo de desarrollo embrionario. Las aletas de las ballenas, las patas de los caballos, las alas de los murciélagos y las extremidades humanas tienen un origen embrionario común, si bien su forma y función difieren notablemente. Este tipo de órganos posee un mismo patrón estructural y demuestra que, a partir de un antecesor común, se generaron modificaciones o adaptaciones al ambiente natural de cada especie. Este proceso de **radiación adaptativa** surge por **evolución divergente** y consiste en la producción de diversos cambios a partir de un grupo antecesor con diferente forma de vida. (Figura 3.5.2)

Especies con un antecesor común reciente presentan mayores similitudes anatómicas que aquellas cuyo antepasado común es más lejano. Las homologías, además de reflejar el proceso de la evolución, permiten reconstruir la filogenia o historia evolutiva de los organismos.

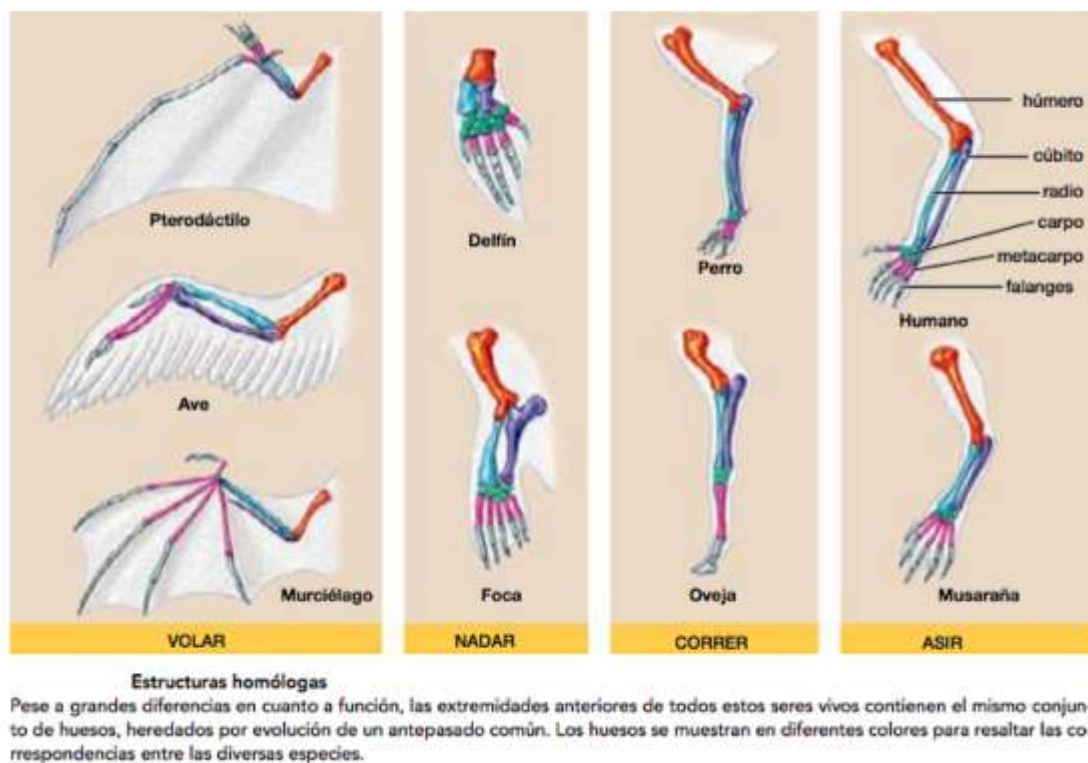


Figura 3.5.2. Órganos homólogos. (Fuente: Audesirk et al., 2013)

🌈 **Órganos análogos.** Son los que desempeñan la misma función pero tienen un origen evolutivo y una estructura básica distintos. Las mariposas y las gaviotas, por ejemplo, coinciden en su manera de desplazarse y poseen estructuras parecidas que utilizan para ello. Dichas estructuras realizan la misma función pero tienen diferente origen embrionario

en cada caso, y no puede pensarse, por lo tanto en un ancestro común. Este proceso de **convergencia adaptativa** surge por **evolución convergente** y consiste en cambios producidos para la adquisición de estructuras semejantes por parte de grupos no emparentados a partir de organismos antecesores.

Especies no emparentadas tienden a una semejanza funcional que permitió la adaptación de poblaciones diferentes a un ambiente y una forma de vida similares. Las analogías permiten repetir diseños que han tenido éxito en un determinado medio.

- ✚ **Órganos vestigiales:** Son órganos atrofiados que se conservan en los individuos de una especie, aunque tienden a desaparecer porque no son funcionales. Son una prueba de evolución, ya que resultaban útiles en los individuos antepasados pero dejaron de serlo por cambios en los hábitos de vida o en las condiciones ambientales, por lo que su función original se ha perdido con la evolución. (Figura 3.5.3)

En el ser humano, el apéndice vermiforme es el vestigio de un órgano que se desarrolla en los mamíferos herbívoros y sirve para almacenar y digerir celulosa con la ayuda de bacterias. Otros órganos vestigiales humanos son el pelo en el cuerpo, las muelas del juicio o el coxis como resto de la cola.

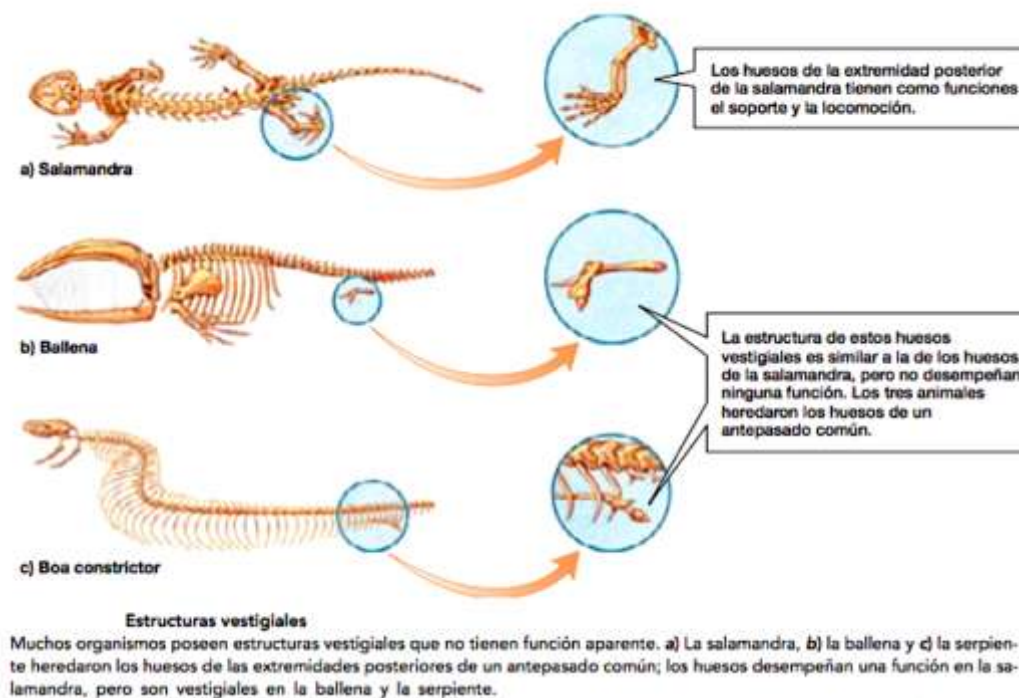


Figura 3.5.3. Órganos vestigiales. (Fuente: Audesirk et al., 2013)

- 🌐 **Pruebas bioquímicas:** Son las pruebas más recientes y las que mayores posibilidades presentan, y consisten en comparar ciertas moléculas que aparecen en todos los seres vivos (ADN y proteínas) para calcular el grado de parentesco entre dos especies distintas. Cuanto mayor sea el parentesco más coincidencias existen entre las secuencias de las moléculas que lo forman.

La bioquímica permite establecer relaciones de parentesco (árboles filogenéticos) entre los seres vivos mediante la comparación de las secuencias de los aminoácidos de una proteína o de los nucleótidos del ADN (por ejemplo: entre marsupiales y mamíferos placentarios; entre aves, peces e invertebrados; entre primates, etcétera). Si las similitudes en las secuencias son grandes, las especies estudiadas comparten un antepasado común reciente y, cuanto mayores son las diferencias, más alejadas se encuentran filogenéticamente.

- ✚ **Comparación de secuencias de nucleótidos:** El estudio de los ADN entre los póngidos y la especie humana concluye que existe un porcentaje de diferencias del 1,2% entre el ADN humano y el ADN del chimpancé y un 1,4% si lo comparamos con el ADN del gorila.
- ✚ **Comparación de secuencias de aminoácidos:** Por ejemplo, las secuencias de aminoácidos en las cadenas de las hemoglobinas de diferentes especies han revelado estrechas similitudes entre mamíferos.

Por otro lado, la realización de pruebas serológicas permite comparar una misma proteína en varias especies y tiene como principio fundamental la formación de un sedimento cuantificable (precipitado), producto de la reacción entre antígenos y anticuerpos de distintos organismos. Observamos que, cuanto mayor es el porcentaje de aglutinación (cantidad de precipitado), mayor similitud hay entre las proteínas del animal y las proteínas humanas, midiéndose así el grado de parentesco evolutivo.

La información que se obtiene con estas técnicas permite reconstruir acontecimientos evolutivos hasta ahora desconocidos y confirmar y precisar otros ya conocidos.





## Bloque 4.- EL MUNDO DE LOS MICROORGANISMOS Y SUS APLICACIONES. BIOTECNOLOGÍA

### 4.1.- Clasificación de microorganismos.

Los microorganismos constituyen un conjunto heterogéneo de organismos de tamaño microscópico; unos presentan organización acelular y, otros, organización celular, tanto de tipo procariota como eucariota.

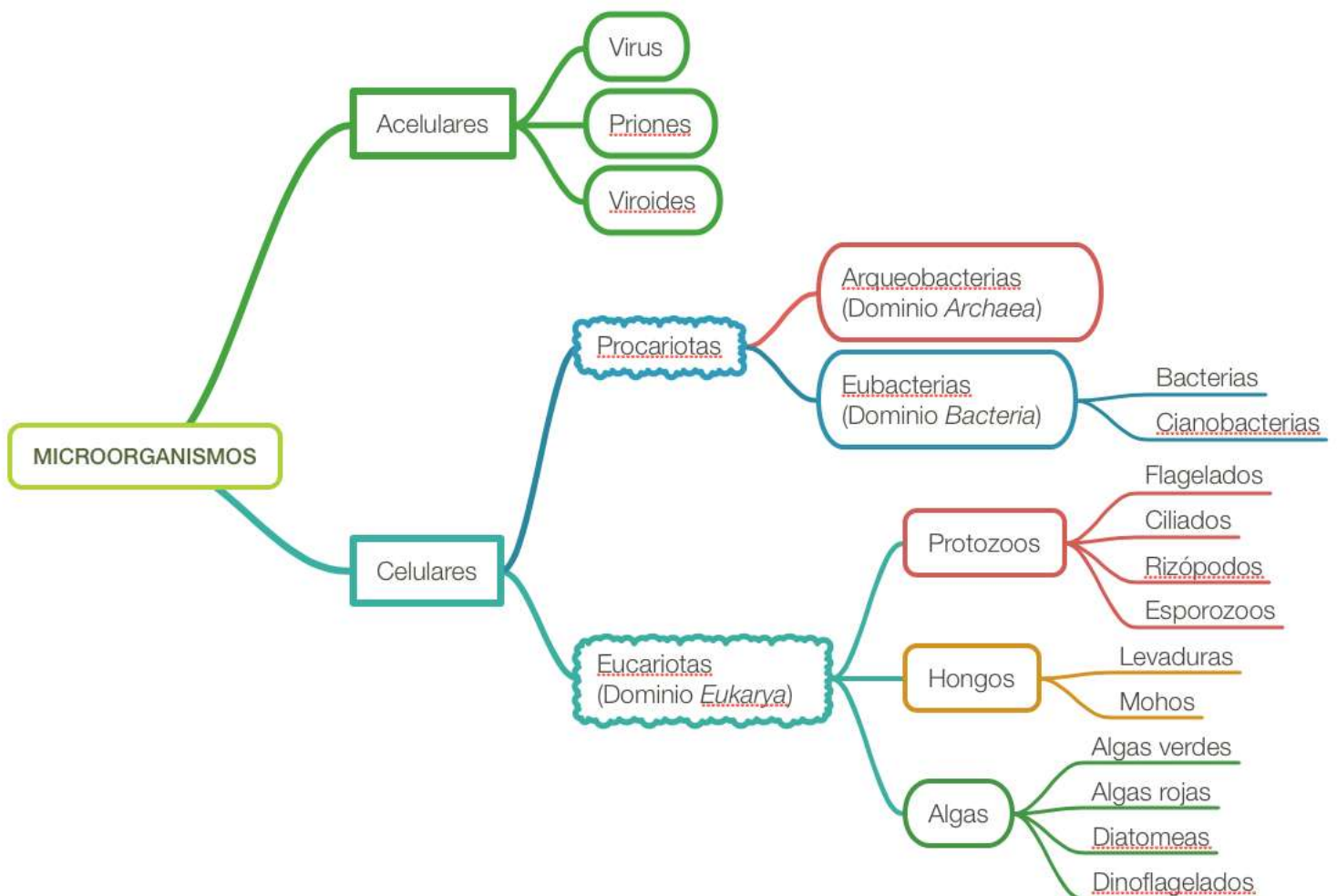


Figura 4.1.1.- Esquema de una clasificación simplificada de los microorganismos

A continuación se presentan, en forma de cuadro sinóptico, las características principales de los distintos grupos, así como algún ejemplo de cada uno de ellos.

FORMAS ACELULARES		
GRUPO	Alguna característica	Ejemplos
<b>VIRUS</b>	Poseen un solo tipo de ácido nucleico y, al menos, cápsida proteica.	VIH
<b>VIROIDES</b>	Formado únicamente por ARN monocatenario circular.	Viroide del tubérculo fusiforme de la patata
<b>PRIONES</b>	Formado por una única proteína.	Prion causante de la enfermedad de Creutzfeldt- Jakob

MICROORGANISMOS CELULARES PROCARIOTAS			
GRUPO	Alguna característica	Ejemplos	
<b>ARQUEOBACTERIAS</b>	Adaptados a ambientes extremos de temperatura, pH...	Bacterias halófilas del Mar Muerto.	
<b>EUBACTERIAS</b>	<b>BACTERIAS</b>	Autótrofos (foto o quimio-sintéticos) o heterótrofos (saprofitas, simbioses o parásitas)	<i>Salmonella</i> sp <i>Escherichia coli</i>
	<b>CIANOBACTERIAS</b>	Autótrofos oxigénicos con clorofila a.	<i>Anabaena</i> , simbionte en el helecho <i>Azolla</i> .

FORMAS CELULARES EUCARIOTAS			
GRUPO	Alguna característica	Ejemplos	
<b>Protozoos</b>	<b>Flagelados</b>	Unicelular, móviles por flagelos	Tripanosoma ( <i>Trypanosoma</i> sp.)
	<b>Ciliados</b>	Unicelular, móviles por cilios	Paramecio ( <i>Paramecium</i> sp.)
	<b>Rizópodos</b>	Unicelular, móviles por pseudópodos	Ameba ( <i>Amoeba</i> sp.)
	<b>Esporozoos</b>	Unicelular, inmóviles y parásitos	<i>Plasmodium</i> sp.
<b>Hongos</b>	<b>Mohos</b>	Hongos filamentosos pluricelulares.	<i>Penicillium</i> sp.
	<b>Levaduras</b>	Unicelulares. División por gemación	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
<b>Algas</b>	<b>Algas verdes</b>	Unicelular fotosintética color verde.	<i>Volvox</i> sp.
	<b>Algas rojas</b>	Pigmentación rojiza.	<i>Bangia</i> sp.
	<b>Diatomeas</b>	Pared de sílice	Diatomeas
	<b>Dinoflagelados</b>	Dos flagelos con pared de celulosa	Dinoflagelados que causan marea roja



## 4.2.- Criterios de clasificación de los virus.

Los criterios que permiten clasificar los virus hacen referencia a su **fase extracelular**, conocida como **partícula viral o virión**, ya que, en su fase intracelular, su ácido nucleico se integra en la célula hospedadora y el virus como tal desaparece temporalmente.

Un virión se puede clasificar atendiendo a:

### A) LA FORMA DE SU CÁPSIDA → VIRUS HELICOIDALES, VIRUS POLIÉDRICOS Y VIRUS COMPLEJOS

La cápsida es la cubierta proteica que encierra y protege al ácido nucleico y, en los virus carentes de membrana, permite el reconocimiento de los receptores de membrana de las células a las que el virus parasita.

La cápsida es una estructura simétrica formada por la repetición de una reducida variedad de proteínas globulares conocidas como **capsómeros**, que se ensamblan adoptando una simetría de tipo helicoidal, icosaédrica, o una combinación de ambas.

- Los **virus helicoidales** poseen cápsidas alargadas en forma de bastón, donde los capsómeros se disponen de forma helicoidal alrededor del ácido nucleico. El más estudiado es el virus del Mosaico del Tabaco. También tiene esta simetría el virus del sarampión, de aspecto más alargado por poseer envoltura.
- Los **virus poliédricos o icosaédricos** tienen aspecto casi esférico (balón de fútbol), donde los capsómeros se disponen en forma de poliedro regular de 20 caras triangulares (icosaedro), quedando el ácido nucleico empaquetado dentro de la cápsida. Un buen ejemplo de virus icosaédrico es el virus de la Hepatitis A y el virus *Herpes simplex*, este último con envoltura.
- Los **virus complejos** tienen dos partes; una **cabeza icosaédrica**, que contiene el ácido nucleico, y una **cola helicoidal** que posee en su base fibras proteicas responsables de la penetración del ácido nucleico en el interior de la célula que parasita. Un ejemplo conocido es el bacteriófago T4 que parasita bacterias y los poxvirus, que poseen envoltura.

### B) LA PRESENCIA O AUSENCIA DE ENVOLTURA → VIRUS ENVUELTOS Y VIRUS DESNUDOS

Algunos virus pueden poseer envoltura membranosa por fuera de la cápsida (independientemente de la simetría de la misma) que obtienen por gemación a través de las membranas de las células huésped. Los **virus envueltos** no necesariamente tienen que eliminar a la célula huésped para salir de ella; pueden salir por gemación y provocar infecciones persistentes, como el virus VIH y el virus de la gripe humana.

La envoltura es de naturaleza fosfolipídica y en ella pueden aparecer proteínas propias del virus, codificadas por el genoma vírico. Algunas de estas proteínas, generalmente glucoproteínas, pueden proyectarse en forma de **espículas** desde la superficie de la partícula viral hacia el exterior, siendo esenciales para su infectividad, ya que intervienen tanto en la

unión específica y en la penetración del virión en la célula huésped, como en la gemación, que permite la salida del virus envuelto de la célula infectada.

Los virus que carecen de envoltura se denominan **virus desnudos**, como el virus de la polio y el fago T4.

### C) EL GENOMA VÍRICO → VIRUS DE ADN Y VIRUS DE ARN

Los virus se caracterizan por presentar un solo tipo de ácido nucleico constitutivo (1-2% del total del virión) que puede ser ADN o ARN. La mayoría de los **virus de ADN** presentan un genoma bicatenario, con excepción de los parvovirus, constituidos por ADN monocatenario. Los virus con ADN no tendrán problemas para replicar su ADN ni para fabricar el ARNm capaz de producir las proteínas del virus, ya que la maquinaria celular lo hace posible. Los adenovirus, herpesvirus y el bacteriófago T4 son virus de ADN.

En cuanto a los **virus de ARN**, existen varios tipos dependiendo de si su secuencia se traduce directamente en proteínas (equivale a ARNm como el poliovirus) o no (complementario del ARNm como los rhabdovirus). Éstos últimos deben aportar una enzima **ARN polimerasa** para formar el ARNm o, como en los retrovirus (virus VIH), una **transcriptasa inversa**, que forma ADN a partir del ARN del virus y lo integra con el ADN de la célula que parasita.

### D) EL HOSPEDADOR → VIRUS ANIMALES, VIRUS VEGETALES Y VIRUS BACTERIÓFAGOS

Los virus pueden ser **virus animales**, si infectan células animales, como el virus de la hepatitis, la gripe o el VIH; **virus vegetales** si infectan a células vegetales, como el virus del mosaico del tabaco; o **virus bacteriófagos** si infectan a bacterias, como el fago T4 o el T2.

### 4.3.- Principales enfermedades causadas por microorganismos.

ENFERMEDAD	MICROORGANISMO	SÍNTOMAS	VÍAS DE TRANSMISIÓN
<u>Enfermedad del sueño</u>	Protozoo ( <i>Trypanosoma brucei</i> )	<p>Los primeros síntomas generales pueden empezar a aparecer al cabo de aproximadamente una semana: Dolor de cabeza, dolores musculares, picor generalizado, estado de gran debilidad, inflamación ganglionar en todo el cuerpo.</p> <p>Posteriormente van surgiendo otros: Taquicardia, anemia, pérdida de peso.</p> <p>A continuación el tripanosoma invade el sistema nervioso: empiezan a producirse cambios de humor, somnolencia durante el día e insomnio de noche. Finalmente el paciente entra en coma y, como consecuencia, fallece.</p>	<p>Inoculado en el organismo por una picadura de la mosca tse-tse del género <i>Glossina</i>. Se trata de un insecto que únicamente se encuentra en el África subsahariana. Las moscas se infectan con el tripanosoma al chupar la sangre de algún animal o humano infectado. Al entrar en el torrente sanguíneo comienza a reproducirse y a extenderse por todo el organismo</p>
<u>Pie de atleta</u>	Hongo ( <i>Trichophyton</i> sp y <i>Microsporum</i> sp)	<p>El pie de atleta o <i>Tinea pedis</i> es una infección micótica producida por hongos dermatofitos (que se alimentan de queratina). Afecta a los pliegues interdigitales, la planta y los bordes del pie, causando picores, enrojecimiento y descamación de la piel.</p>	<p>El contagio es por transmisión directa de persona a persona, así como de superficies húmedas donde el hongo persiste por meses y se reproduce fácilmente, tales como piscinas, baños, duchas, toallas, alfombras, saunas, y gimnasios. El mantener el pie húmedo (sudor, por ejemplo) por tiempos prolongados y uso de calzado cerrado como las botas aumenta el riesgo de aparición o permanencia de la infección pues crea un ambiente cálido, húmedo y oscuro favorable para el hongo.</p>
<u>Salmonelosis</u>	Bacteria ( <i>Salmonella</i> sp.)	<p>Genera una endotoxina muy potente que afecta al intestino, la sangre, el bazo y los ganglios linfáticos. Produce fuertes diarreas, fiebre alta, dolor de cabeza, náuseas y manchas rosadas en el tronco. Los síntomas duran entre cuatro y siete días. La gravedad aumenta si las salmonelas alcanzan el torrente sanguíneo</p>	<p>Enfermedad alimentaria transmitida por agentes fecales o alimentos contaminados como huevos, verduras sin lavar, carnes poco cocinadas.</p> <p>Algunos pacientes supuestamente curados pueden contaminar los alimentos por manipulación.</p>

.../...

ENFERMEDAD	MICROORGANISMO	SÍNTOMAS	VÍAS DE TRANSMISIÓN
<u>S.I.D.A.</u>	Virus (V.I.H.)	En fase inicial: Fiebre, dolor, malestar (similar a una gripe). En fase tardía; pérdida brusca de peso, inflamación de ganglios, cansancio persistente, diarrea crónica, dolor de garganta, tos seca, erupciones de la piel.	-Vía sexual. Vía sanguínea: transfusiones, jeringuillas. Vía vertical: de madre portadora del VIH al bebé durante el embarazo, parto o lactancia.
<u>Enfermedad de Creutzfeldt-Jakob</u>	Prión	Cambios de personalidad, rigidez muscular, movimientos musculares involuntarios, demencia y convulsiones. El trastorno es degenerativo y progresivo causando la muerte del individuo. Todos estos síntomas son debidos a la acumulación de proteínas anormales (priones) en el tejido nervioso. Las proteínas defectuosas actúan como agentes infecciosos que cambian las proteínas normales en defectuosas (secuencia que están en alfa-hélice las cambian a beta-lámina plegada). La aparición de la demencia es consecuencia de que las proteínas se acumulan cristalizadas en las neuronas, provocando la muerte de las mismas.	Es una variante de la encefalopatía espongiforme bovina (mal de las "vacas locas"). Se puede transmitir a los humanos que comen carne bovina de un animal infectado o tienen contacto con los tejidos de animales infectados (adquirida). También existe una variante causada por mutación genética (esporádica) y en un pequeño porcentaje puede ser hereditaria.

#### **4.4.- Papel de los microorganismos en los ciclos geoquímicos.**

Un ciclo geoquímico describe el recorrido que sigue un bioelemento al circular desde las capas superficiales de la Tierra hasta la biosfera y viceversa. Esa circulación es el movimiento del carbono, oxígeno, nitrógeno, fósforo, azufre y otros elementos que, de forma permanente, conectan los componentes bióticos y abióticos de la Tierra.

La importancia de estos bioelementos reside en el hecho de que todos ellos son necesarios para formar las biomoléculas orgánicas e inorgánicas presentes en todos los seres vivos.

En estos ciclos juegan un papel muy importante los microorganismos, sobre todo los fermentativos, simbióticos o saprófitos, que con su metabolismo característico son capaces de reciclar la materia, y que los distintos bioelementos queden disponibles para el resto de seres vivos.

En todos los ciclos hay asimilación y liberación del elemento en cuestión y el equilibrio entre ambos procesos será el que determine la disponibilidad del mismo.

Los microorganismos tienen un papel destacado en los ciclos geoquímicos. En los ecosistemas, la energía entra como energía luminosa o como química -por oxidación de moléculas orgánicas o inorgánicas reducidas- y fluye unidireccionalmente de un nivel trófico a otro hasta disiparse en forma de calor.

Por el contrario, la materia se mantiene prácticamente constante en la Tierra: los bioelementos circulan cíclicamente dentro de la biosfera, de los seres vivos a la materia mineral y viceversa, constituyendo los ciclos geoquímicos.

En algunos casos, los únicos capaces de reciclar los elementos químicos en algunas de sus formas son los microorganismos, por lo que sin su intervención el reciclado de la materia no sería posible.

#### **Ciclo del carbono**

El carbono (C) es el elemento más abundante en los seres vivos al constituir un elevado porcentaje de su peso en seco. Es muy abundante en forma de dióxido de carbono tanto en la atmósfera como disuelto en el agua. También se encuentra en las rocas calizas, el carbón y el petróleo.

En la fijación del carbono juegan un papel importante los microorganismos autótrofos (quimioautótrofos) que fijan tanto el dióxido de carbono de la atmósfera como el disuelto en el agua. Al hacerlo, producen moléculas orgánicas que se pueden incorporar a los organismos heterótrofos mediante la ingesta de alimentos. Estos microorganismos son bacterias que como fuente de energía utilizan la obtenida de reacciones de oxidación de compuestos inorgánicos. Por ejemplo, bacterias incoloras del azufre o las bacterias del nitrógeno.

Es necesario diferenciar los procesos que ocurren en un medio aerobio de los que ocurren en un medio anaerobio (Figura 4.3.1).

**En un medio aerobio:**

- 1º) El carbono en forma de  $\text{CO}_2$ , tanto de la atmósfera como el disuelto en agua, es absorbido y utilizado para la síntesis de moléculas orgánicas, mediante los procesos de fotosíntesis (realizado por algas, plantas verdes y cianobacterias) y quimiosíntesis (bacterias quimioautótrofas).
- 2º) Los compuestos orgánicos son oxidados en el proceso de respiración celular, realizado tanto por plantas como por animales y microorganismos aeróbicos, liberándose  $\text{CO}_2$  al medio acuático o aéreo.

**En un medio anaerobio:**

- 1º) Las bacterias fotosintéticas anoxigénicas transforman el  $\text{CO}_2$  en compuestos orgánicos. Estos compuestos son degradados por respiración anaerobia y fermentación que realizan las bacterias anaerobias y liberan  $\text{CO}_2$  al medio.
- 2º) La fermentación produce como residuo compuestos orgánicos, como ácidos orgánicos y alcoholes. Estas moléculas pueden ser transformadas en metano por bacterias metanógenas.
- 3º) Si el metano pasa a ambientes aerobios, es oxidado hasta  $\text{CO}_2$  por las bacterias metanótrofas, arqueobacterias y bacterias quimioautótrofas del suelo, que realizan este proceso para obtener energía.

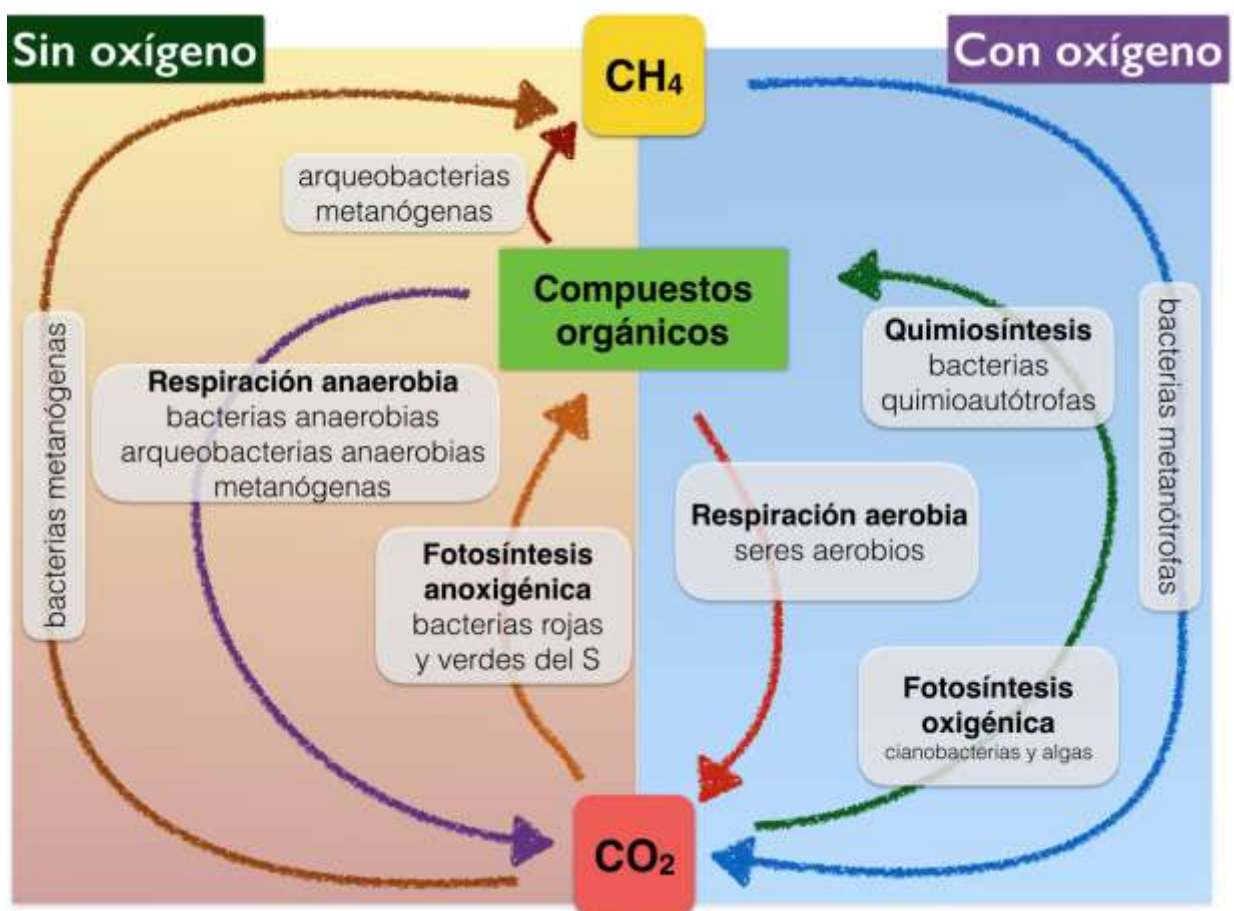


Figura 4.3.1.- Microorganismos principales en el ciclo geoquímico del C (imagen creada por F.J. Laveda Molina)



## Ciclo del nitrógeno

El nitrógeno gaseoso ( $N_2$ ) es el principal componente de la atmósfera y constituye el 78% del aire, pero, a pesar de su abundancia, es un gas inerte que solo algunas bacterias pueden incorporar a las moléculas orgánicas; los demás organismos autótrofos solo pueden incorporarlo en las sales disueltas en el agua, en forma de nitratos, nitritos o ion amonio. El nitrógeno es un componente esencial de proteínas y ácidos nucleicos.

La desnitrificación supone la pérdida de nitrógeno en el suelo, que es un nutriente esencial en los suelos de cultivo. Al remover el suelo mediante el arado, se airea y se evita que se den condiciones anaeróbicas que favorezcan la desnitrificación.

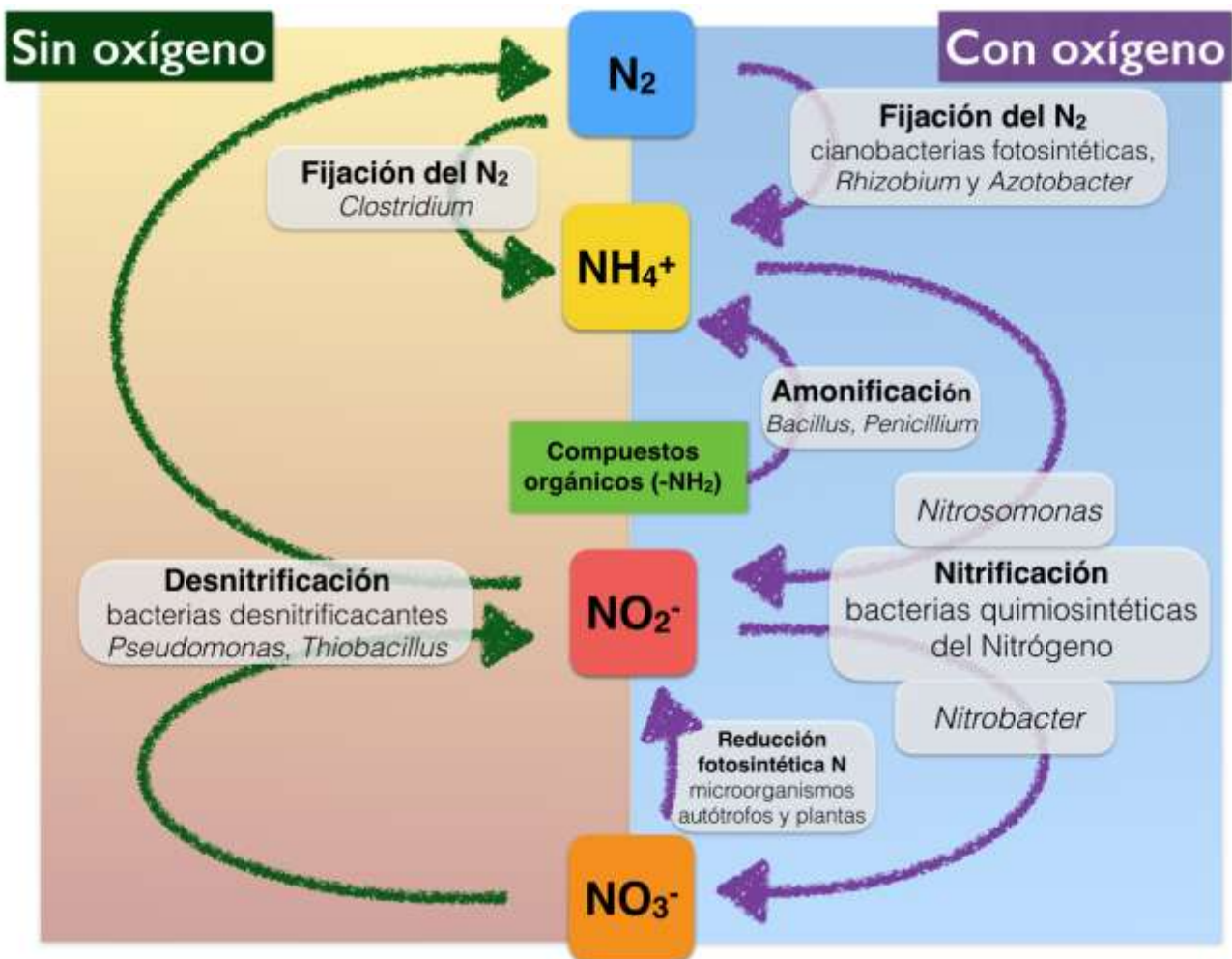


Figura 4.3.2.- Microorganismos principales en el ciclo geoquímico del N (imagen creada por F.J. Laveda Molina)

Los microorganismos desempeñan un papel fundamental en el ciclo del nitrógeno (Figura 4.3.2), ya que son los únicos que pueden realizar algunas de sus **etapas**:

1) **Fijación del nitrógeno:** solo ciertas bacterias fotosintéticas del género *Rhizobium* (asociadas a raíces de leguminosas), *Azotobacter* y algunas *Cianobacterias* que viven en el suelo,

pueden absorber directamente el  $N_2$  atmosférico y reducirlo a  $NH_4^+$ , que es asimilado por estas bacterias para formar grupos amino de los aminoácidos.

2) **Nitrificación:** el  $NH_3$  del suelo es oxidado por bacterias quimiosintéticas nitrificantes, como *Nitrosomonas* que oxidan el  $NH_4^+$  a nitritos ( $NO_2^-$ ); *Nitrobacter* oxida los nitritos a nitratos ( $NO_3^-$ ), los cuales son utilizados, entre otros, por microorganismos autótrofos y plantas que los reducen para formar los grupos amino. Estos pasarán posteriormente al resto de la cadena trófica.

3) **Amonificación:** las bacterias descomponen restos de animales y plantas muertas, tanto de forma aerobia como anaerobia, de modo que los grupos amino son liberados como  $NH_4^+$ , que vuelve al suelo. Microorganismos de este tipo son bacterias de los géneros *Bacillus* y *Clostridium* y hongos del género *Penicillium*.

4) **Desnitrificación:** bacterias anaerobias como *Pseudomonas* que habitan en zonas profundas del suelo realizan respiración anaerobia usando los  $NO_3^-$  de suelo aceptor de electrones, transformándolo en  $N_2$  que se libera a la atmósfera. Una parte de este  $N_2$  puede ser fijado por bacterias fotosintéticas anaeróbicas (*Clostridium*), que lo reducen a  $NH_4^+$ , a partir del cual se forman los grupos amino de los aminoácidos.

#### 4.5.- Formación de una bacteria transgénica.

La finalidad de la obtención de una bacteria transgénica es introducir en ella un gen eucariota que permita la expresión del mismo con el fin de obtener un producto o dotar a dicha bacteria de una característica que resulte de interés para el hombre.

Pasos en la clonación molecular (Figura 4.4.1):

- 1.- **Elección de un vector** (plásmido): molécula en la que se introducirá el gen que se va a clonar, además de un gen que permita seleccionar las bacterias transgénicas. Por ejemplo, puede llevar un gen de resistencia a antibióticos.
- 2.- **Elección y aislamiento de un fragmento de ADN que se quiera clonar.** Se extrae el ADN del núcleo por lisis celular.
- 3.- **Fragmentación del vector (plásmido) y del ADN aislado con una misma restrictasa.** Mediante el uso de la misma endonucleasa de restricción se consiguen idénticos extremos cohesivos.
- 4.- **Fabricación del ADN recombinante:** unión de los plásmidos a los fragmentos de ADN con ayuda de una ligasa. Entre todas las posibles plásmidos recombinantes, habrá sólo algunos que hayan incorporado el gen que se desea clonar.
- 5.- **Inserción del ADN recombinante en el hospedador** (bacteria). Los vectores recombinantes (plásmidos) se mezclan con las células hospedadoras con el fin de que estas bacterias los incorporen.



6.- **Cultivo y selección de las células recombinantes.** Las bacterias se siembran en medio de cultivo, en este caso con antibiótico para su selección. De entre todas las colonias, las que no hayan incorporado el vector, morirán y las colonias de interés serán seleccionadas. Posteriormente, se estabilizan a través de un cultivo celular, para su uso industrial, médico, medioambiental...

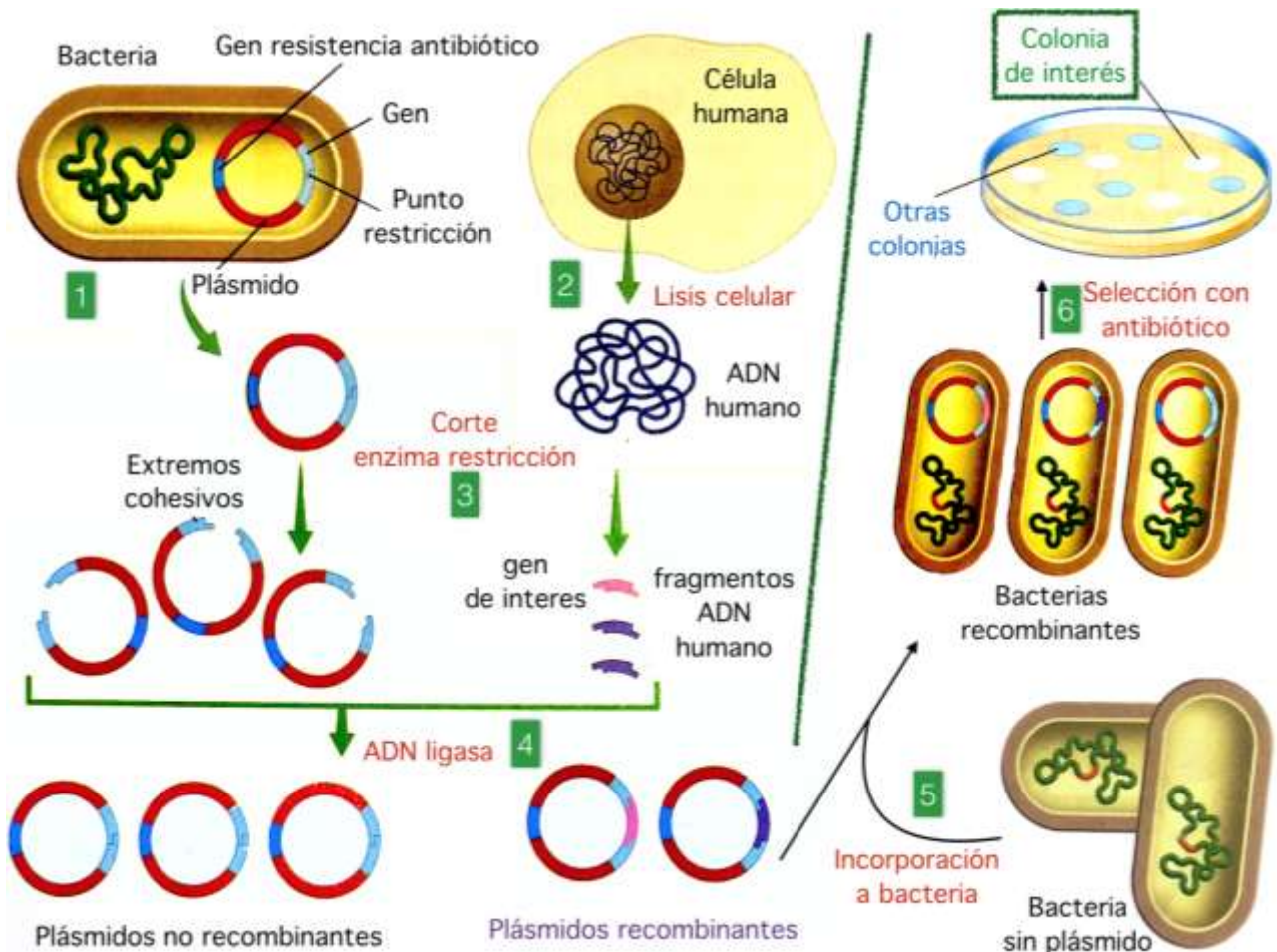


Figura 4.4.1.- Clonación molecular de un gen (imagen modificada a partir de Alcamí Pertejo et al., 2009)

#### 4.6.- Bacterias transgénicas: biorremediación (degradación de vertidos de hidrocarburos del petróleo).

En las últimas décadas, los científicos se dieron cuenta que era posible aplicar estrategias basadas en la capacidad de algunos microorganismos para degradar, de forma natural, ciertos compuestos contaminantes. Esta técnica empleada para contrarrestar los efectos de los contaminantes en el medio, se denominó biorremediación.

La biorremediación se basa en el uso de algunos microorganismos y algunas plantas (fitorremediación) con la finalidad de mejorar el medio ambiente. En el caso de los microorganismos, porque pueden presentar un metabolismo específico que les permite degradar

compuestos tóxicos y minimizar el efecto negativo que estos puedan ocasionar en el medio. Una variante también utilizada es por degradación enzimática, que consiste en producir de manera comercial enzimas que son capaces de degradar sustancias nocivas. Estas enzimas se pueden obtener en cantidades industriales, por bacterias que las producen de forma natural o por bacterias modificadas genéticamente. Un ejemplo son las cianobacterias modificadas con genes de *Pseudomonas* sp. con capacidad para degradar diferentes tipos de hidrocarburos.

#### **4.7.- Ingeniería genética y medicina. Obtención de insulina.**

Una de las primeras aplicaciones prácticas de la ingeniería genética fue la utilización de bacterias de crecimiento fácil para producir proteínas, como por ejemplo la insulina, hormona necesaria para la regulación del metabolismo de los glúcidos en el organismo. El tratamiento de la diabetes se realizaba utilizando insulina procedente del páncreas de terneros o de cerdos, que no es tan efectiva como la humana y, además, generaba rechazo en algunos individuos. Además, el proceso de aislamiento es caro y complejo. Actualmente se produce insulina humana utilizando microorganismos.

La forma activa de la insulina consta de dos polipéptidos (A y B) unidos por puentes disulfuro, codificados por partes separadas de un mismo gen. Este gen codifica un polipéptido que contiene: una secuencia señal, los polipéptidos A y B de la molécula de insulina activa y un polipéptido de unión que está ausente en la insulina madura. La producción de insulina humana en bacterias se realiza insertando el gen en un plásmido utilizando, para ello, dos cepas distintas de *E. coli* que sintetizarán los polipéptidos A y B. Posteriormente, se aíslan ambas cadenas y se unen por procedimientos químicos.




## Bloque 5.- LA AUTODEFENSA DE LOS ORGANISMOS. LA INMUNOLOGÍA Y SUS APLICACIONES

### 5.1.- Mecanismos de defensa orgánica.

RESPUESTA INMUNITARIA INNATA O INESPECÍFICA	RESPUESTA INMUNITARIA ADAPTATIVA O ESPECÍFICA
PRIMERA Y SEGUNDA BARRERAS	TERCERA BARRERA
No es específica de un patógeno particular	Específica contra patógenos y antígenos
No necesita el contacto previo con el patógeno para desencadenarse	Su acción se desencadena tras un primer contacto con el patógeno
Carece de memoria inmunológica	Posee memoria inmunológica
Es inmediata	Tarda entre 3 y 4 días en ser efectiva=Respuesta primaria. Si hay células memoria es más rápida y duradera=Respuesta secundaria

### MECANISMOS DE DEFENSA INESPECÍFICOS

#### I.- EXTERNOS: PRIMERA BARRERA DE DEFENSA

-  Piel (endurecida por queratina)
-  Mucosas de algunas aberturas naturales, sudor, secreción de saliva y de lágrimas, revestimientos de tractos internos (secreción nasal, jugos gástricos, espermina, etc)
-  Flora bacteriana autóctona.

#### II.- INTERNOS: SEGUNDA BARRERA DE DEFENSA

##### II.1. COMPONENTES CELULARES INESPECÍFICOS:

- a) **Granulocitos o polimorfonucleares:** Neutrófilos, Eosinófilos y Basófilos.
- b) **Monocitos** (Emigran de los capilares a los tejidos)→ **Macrófagos** (fagocitan al patógeno y actúan como células presentadoras de antígenos) →**Células dendríticas (CPA)**
- c) **Mastocitos o células cebadas:** Contienen numerosos gránulos de histamina y heparina (sustancias inflamatorias) Se encuentran en tejido conjuntivo y mucosas.
- d) **Células NK o Natural Killer:** Son linfocitos que carecen de especificidad y de memoria. Destruyen las células infectadas por virus, las cancerosas, y las pertenecientes a los órganos transplantados

## II.2. COMPONENTES MOLECULARES INESPECÍFICOS: Moléculas inespecíficas solubles en el plasma.

- a) **Interferón:** Conjunto de moléculas de naturaleza proteica que intervienen en la respuesta inmune, de manera inespecífica y específica. Es secretado por las propias células que han sido infectadas por un virus u otros microorganismos y por células tumorales.
- Actúa activando las células del sistema inmune, como las células asesinas naturales (NK) y los macrófagos; también incrementa la presentación del antígeno, ya que aumenta la expresión de los antígenos del complejo mayor de histocompatibilidad (MHC).
  - En el caso de células infectadas por virus, se unen a receptores de la membrana de la célula infectada impidiendo la replicación del virus; además, incrementa la resistencia a la infección por virus de células sanas.

- b) El **sistema del complemento:** El complemento está constituido por un conjunto de proteínas plasmáticas (presentes en la sangre) producidas en el hígado.

En ausencia de antígenos, estas proteínas están inactivas, pero la presencia de las moléculas de la superficie bacteriana o de antígenos unidos a anticuerpos, desencadena la **ACTIVACIÓN SECUENCIAL EN CASCADA**, de manera que unas proteínas activan a otras.

La **ACTIVACIÓN DEL COMPLEMENTO** se lleva a cabo mediante dos vías, la **vía alternativa** que forma parte de la respuesta inmunitaria innata y la **vía clásica** que forma parte de la respuesta inmunitaria adaptativa.

✚ **La vía alternativa:** Se desencadena directamente en presencia de estructuras extrañas de las envolturas celulares microbianas. Es independiente de complejos antígeno-anticuerpo → Defensa inespecífica.

✚ **La vía clásica:** La activación se inicia por la unión de los anticuerpos a los antígenos que recubren la superficie de los microorganismos → Defensa específica.

La activación del complemento facilita: 1) la acción de las células fagocíticas, mediante opsonización, 2) la lisis de las células patógenas, mediante la inserción de dichas proteínas activas en la membrana del patógeno, creando poros llamados **complejos de ataque a la membrana (MAC)**, a través de los cuales entran agua y sustancias iónicas al citoplasma, lo que conduce a la **lisis celular**. 3) También genera respuesta inflamatoria estimulando los mastocitos, que liberan histamina.

- c) Las **citoquinas:** Proteínas que actúan como mensajeros entre células para coordinar su funcionamiento. Ejemplo de citoquinas son las interleucinas, sintetizadas por leucocitos, que inducen su crecimiento y diferenciación.

## II.3. MODOS DE ACCIÓN DE LOS MECANISMOS DE DEFENSA INESPECÍFICOS INTERNOS

Si los microorganismos superan las barreras externas, comienzan a actuar los componentes internos (células y moléculas) de dos maneras:





## **FAGOCITOSIS**

Llevada a cabo por macrófagos y neutrófilos mediante la **formación de pseudópodos e ingestión**: Cuando una partícula o patógeno se une a los receptores de superficie del fagocito, éste emite pseudópodos que se fusionan y engloban a esa partícula formando el fagosoma, para su posterior digestión.

## **RESPUESTA INFLAMATORIA**

Tiene lugar en la zona de la infección. Se produce como consecuencia de la liberación de sustancias que producen la inflamación, como la histamina, producida por basófilos y mastocitos.



Estas sustancias desencadenan:

-  Vasodilatación de los capilares: Aumento del flujo sanguíneo. Rubor y calor.
-  Aumento de la permeabilidad de los capilares: Favorece la diapédesis de las células y permite el paso de macromoléculas plasmáticas. Hinchazón y dolor.
-  Migración y activación de los fagocitos: Fagocitosis y opsonización.
-  Formación del pus: Acúmulo de gran cantidad de fagocitos, microorganismos muertos y suero sanguíneo.

## **MECANISMOS DE DEFENSA ESPECÍFICOS**

### **III.- SISTEMA INMUNE: TERCERA BARRERA DE DEFENSA:**

Si los patógenos superan las barreras inespecíficas, se desencadenan los mecanismos de defensa específicos, que están formados por

-  Defensa celular
-  Defensa humoral

Moléculas importantes que intervienen son:

### **ANTÍGENOS**

Cualquier sustancia capaz de provocar la puesta en marcha de la respuesta inmunitaria e inducir la formación de anticuerpos.

Cualquier proteína o polisacárido ajenos al organismo puede actuar como antígeno.



Se conoce como **epítopo (determinante antigénico)** a una pequeña región del antígeno, reconocida por el anticuerpo y al que este se une.

### **ANTICUERPOS**

Son proteínas globulares complejas, llamadas también **inmunoglobulinas** (Ig). Son producidos por los linfocitos B y su estructura tridimensional les permite unirse con enorme precisión a los antígenos por el sitio de unión (**parátopo**). Los anticuerpos pueden quedar adheridos a la membrana del linfocito B, actuando como anticuerpos de superficie, o bien son segregados al exterior de la célula (sangre, leche materna, lágrimas...)




### **COMPLEJOS PRINCIPALES DE HISTOCOMPATIBILIDAD MHC** (*Major Histocompatibility Complex*)

Son glucoproteínas y glucolípidos de la membrana plasmática reconocidos por el sistema inmune como las “huellas dactilares” de las células propias, que acreditan su pertenencia al mismo individuo y no desencadenan respuesta inmune (excepto en enfermedades autoinmunes). Existen dos clases de MHC:

-  **MHC-I:** presentes en todas las células del organismo y sirven para presentar antígenos peptídicos de células propias alteradas (cancerosas o infectadas por virus) a los linfocitos T citotóxicos (Tc8).
-  **MHC-II:** solo se encuentran en las células presentadoras de antígeno (APC), como los macrófagos, las células dendríticas y los linfocitos B. Sirven para presentar antígenos peptídicos exógenos (del agente infeccioso) a linfocitos T auxiliares (Th4).

### **III.1. COMPONENTES DE LA DEFENSA CELULAR ESPECÍFICA:**

**Los linfocitos T** se forman en la médula ósea y maduran en el timo. Los linfocitos T interactúan con otras células eucariotas, especialmente las del propio organismo. Hay tres tipos de linfocitos T:

-  **Linfocitos T auxiliares** (Th4). Reconocen las células presentadoras del antígeno y activan los linfocitos.
-  **Linfocitos T citotóxicos** (Tc8). Actúan sobre células tumorales o infectadas por virus, destruyéndolas.
-  **Linfocitos T supresores** (Ts, Th4, Tc8). Actúan en la fase final de la respuesta inmunitaria específica suprimiendo la respuesta inmune.


### **III.2. COMPONENTES DE LA DEFENSA HUMORAL ESPECÍFICA:**

**Los linfocitos B** se forman y maduran en la médula ósea. Poseen anticuerpos específicos en la membrana para reconocer el antígeno. Cuando se activan, los linfocitos B se convierten en **células plasmáticas**, responsables de la producción de grandes cantidades de anticuerpos (inmunoglobulinas) solubles que liberan al plasma, y que se unen al antígeno de manera específica.

### **RESPUESTA INMUNE:**

Complejo mecanismo de proliferación y maduración de células inmunocompetentes y de producción de anticuerpos que se desencadena para neutralizar cualquier agente extraño.

Las **características básicas de la respuesta inmune** son:

-  **Especificidad:** Un linfocito o un anticuerpo determinado sólo actúan sobre el antígeno al que reconocen.

- ✚ **Diversidad y clonalidad:** Infinidad de tipos de anticuerpos y linfocitos que reconocerán a una increíble variedad de antígenos. Cuando el linfocito es activado prolifera y forma un clon celular.
- ✚ **Autotolerancia: Reconocimiento de lo propio / no propio:** El sistema inmunitario tiene la capacidad de diferenciar lo extraño de los componentes de su propio organismo. En la etapa embrionaria, todos los linfocitos que producen anticuerpos frente a los antígenos propios son destruidos.
- ✚ **Memoria inmunológica:** El sistema inmune genera linfocitos de memoria que reconocen un antígeno mucho tiempo después de haber tenido contacto con él. Sin embargo, si nunca hemos tenido contacto con ese patógeno, la respuesta adaptativa tarda días en ser efectiva. Si la respuesta innata no consigue destruir al patógeno (la mayoría de veces lo consigue) se producirán los síntomas de la enfermedad.

### III.3. MODOS DE ACCIÓN DE LOS MECANISMOS DE DEFENSA ESPECÍFICOS

La respuesta inmune puede ser: **Respuesta celular** (linfocitos Th, Tc, Macrófagos y CPA) o **humoral** (linfocitos B y anticuerpos)

#### A) RESPUESTA CELULAR

En primer lugar, y de forma inespecífica, los macrófagos fagocitan un microorganismo, al que digieren mediante los lisosomas y, entonces, exhiben los antígenos del mismo en su membrana plasmática junto con el complejo de histocompatibilidad mayor de tipo II (MHC-II). En ese momento van a actuar como células presentadoras del antígeno a los linfocitos T<sub>h</sub> que reconocen el antígeno unido al MCH-II y, mediante citoquinas, se activan, diferenciándose en dos poblaciones T<sub>h</sub> -1, que activan a los linfocitos T<sub>c</sub> y macrófagos, y T<sub>h</sub> -2 que activan a los linfocitos B.

El antígeno del patógeno también puede activar a linfocitos B que lo reconozcan.

Por otra parte, las células infectadas pueden activar a linfocitos T<sub>c</sub> cuando estos reconocen el antígeno unido al complejo de histocompatibilidad de tipo I.

A continuación, se desencadena:

- ✚ **Respuesta celular:** Los linfocitos T<sub>c</sub> destruyen las células tumorales o infectadas por virus por citólisis o induciendo la apoptosis.
- ✚ **Respuesta humoral:** Los linfocitos B se diferencian en células plasmáticas productoras de anticuerpos, los cuales producen la neutralización, opsonización y activación del sistema del complemento.
- ✚ **Por último,** una vez destruido el microorganismo, los linfocitos T<sub>s</sub> frenan la respuesta inmune y se guardan células de memoria (linfocitos Th, Tc y B contra este antígeno específico)



## B) RESPUESTA HUMORAL

### Estructura molecular de los anticuerpos

Son heteroproteínas formadas por 4 cadenas polipeptídicas, dos cadena ligera y dos cadena pesada a las que se unen oligosacáridos. Por tanto, son proteínas con estructura cuaternaria. Las cadenas se unen entre sí por puentes disulfuro (covalentes y estables) y por uniones no covalentes, dando una estructura en “Y” (Figura 5.1.1). Poseen 2 regiones, una región constante propia de la especie y del tipo de inmunoglobulina, que pertenece al extremo C-terminal, que sirve para que sean reconocidos por los linfocitos, y una región variable, responsable de la reacción altamente específica antígeno-anticuerpo en el extremo N-terminal.

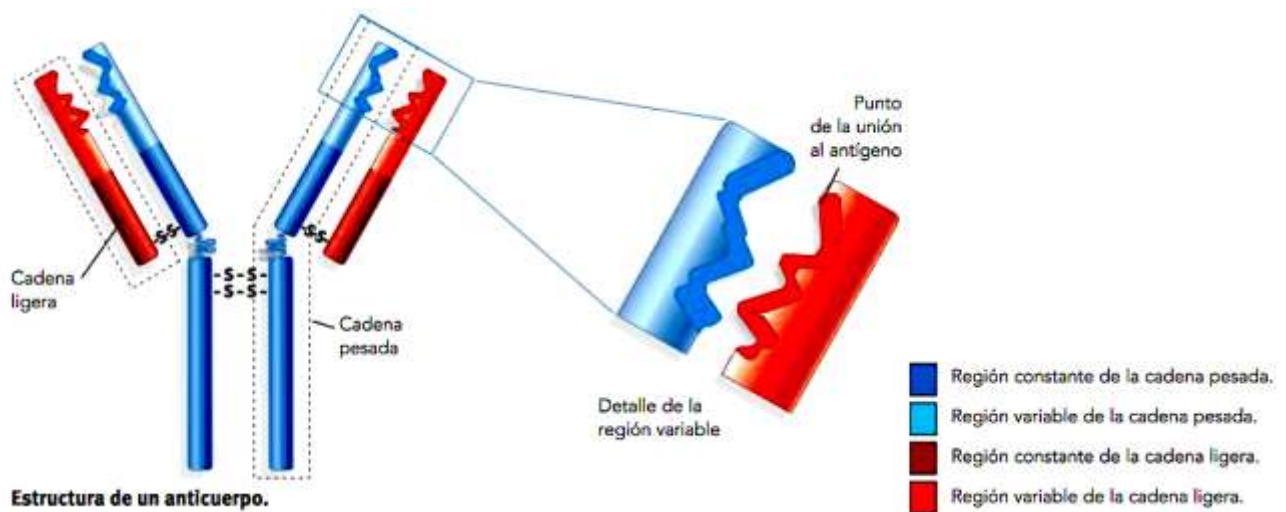


Figura 5.1.1.- Estructura del anticuerpo (Fuente: Panadero Cuartero et al., 2016)

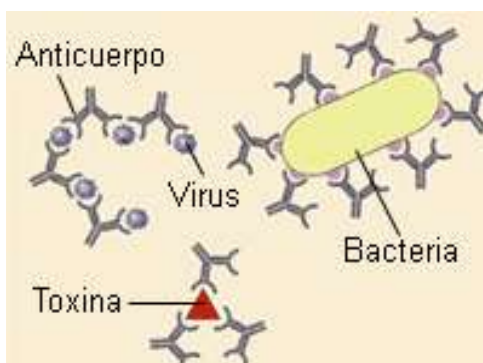


Figura 5.1.2.- Neutralización  
(Fuente: Panadero Cuartero et al., 2009)

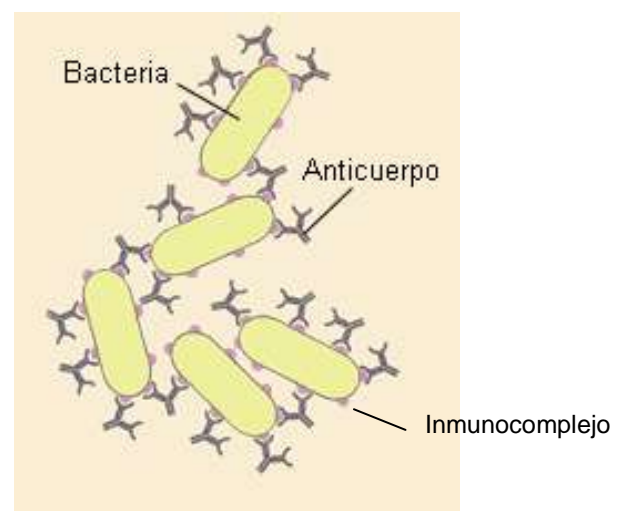


Figura 5.1.3.- Aglutinación  
(Fuente: Panadero Cuartero et al., 2009)



Hay varios tipos de anticuerpos:

TIPOS	CARACTERÍSTICAS			MODO DE ACCIÓN
	Estructura	Lugares de unión al antígeno	Localización	
<b>Ig G</b>	Una sola unidad de anticuerpo.	2	Plasma sanguíneo y fluidos intersticiales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Activan el complemento</li> <li>• Favorecen el proceso de fagocitosis por los macrófagos y neutrófilos</li> <li>• Puede atravesar la placenta y dar inmunidad al feto.</li> <li>• Son secretadas por la leche materna.</li> </ul>
<b>Ig M</b>	5 unidades de anticuerpo	10	Plasma sanguíneo y fluidos intersticiales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procesos de neutralización y aglutinación.</li> <li>• Activan al complemento</li> </ul>
<b>Ig A</b>	2 unidades de anticuerpo	4	Saliva, lágrimas y secreciones respiratorias e intestinales. Presentes en la leche materna	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Protegen las mucosas y las superficies corporales.</li> <li>• Procesos de neutralización y aglutinación.</li> <li>• Confieren inmunidad a los recién nacidos.</li> </ul>
<b>Ig E</b>	Una unidad de anticuerpo	2	Asociadas a las membranas de mastocitos y basófilos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Liberación de histamina</li> <li>• Procesos inflamatorios.</li> <li>• Reacciones alérgicas</li> </ul>
<b>Ig D</b>	Una sola unidad de anticuerpo	2	Membrana plasmática de linfocitos B	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Actúan como receptores antigénicos para la formación de linfocitos B</li> </ul>

**Tipos de reacción antígeno-anticuerpo:** las funciones más importantes son:

Los anticuerpos, al reconocer a los antígenos, se unen a ellos mediante enlaces no covalentes (fuerzas de Van der Waals, interacciones hidrofóbicas o interacciones iónicas) en una reacción denominada antígeno-anticuerpo. Esta reacción es reversible y extraordinariamente específica. Un anticuerpo sólo puede unirse al antígeno específico que le es complementario.

Existen diferentes tipos de reacción antígeno-anticuerpo:

- ✚ **Neutralización** (Figura 5.1.2). La unión de los anticuerpos a virus, bacterias y toxinas bacterianas bloquea la unión de éstos a los receptores de membrana de las células y no pueden infectarlas.
- ✚ **Aglutinación** (Figura 5.1.3). Cada anticuerpo se puede unir al menos a dos antígenos, lo que forma grandes masas de antígenos y anticuerpos llamados inmunocomplejos.

Como consecuencia de la reacción antígeno-anticuerpo, se produce:

- Activación del complemento: Se produce la lisis celular al activar el sistema del complemento.

- **Precipitación:** Los anticuerpos reúnen varios antígenos solubles, formando una estructura de mayor tamaño e insoluble, que precipita y es fagocitada por los macrófagos.
- **Oponización:** Los patógenos se rodean de anticuerpos y se facilita la fagocitosis por macrófagos.

#### IV. TIPOS DE INMUNIDAD

Se denomina **inmunidad** al estado de protección del organismo frente a determinados agentes infecciosos.

##### **PROCESOS DE INMUNIZACIÓN**

La inmunización tiene como finalidad aumentar la respuesta inmunitaria. Puede ser activa o pasiva y lograrse de forma natural o artificial (figura 5.1.4):

##### **1. Inmunidad natural**

Se adquiere cuando el sistema inmunitario actúa frente a una infección y la elimina. Las células memoria persisten en la sangre durante un tiempo y el organismo está inmunizado frente a ese agente patógeno.

Como la inmunidad se ha logrado por los propios mecanismos inmunológicos se dice que la inmunidad es **activa**.

Cuando el organismo no forma sus propios anticuerpos sino que los recibe ya formados, procedentes de otro organismo, hablamos de inmunidad de tipo **pasivo**. Un ejemplo lo tenemos en el feto de los mamíferos, que puede recibir anticuerpos de la madre a través de la placenta, o los que recibe a través de la leche materna durante la lactancia.

##### **2. Inmunidad artificial: vacunación y sueroterapia**

Se obtiene estimulando el sistema inmunitario del individuo por medio de diversas técnicas. Hay dos tipos: **vacunación y sueroterapia**

La **vacunación** consiste en inducir la inmunidad mediante la introducción de un antígeno, cuya presencia provoca la producción de linfocitos, lo que produce células memoria. Cuando el organismo se ve expuesto de nuevo al antígeno, se produce una respuesta secundaria más rápida y eficaz. Es una **inmunidad de tipo activo** porque el propio individuo genera los anticuerpos contra ese antígeno. Es un proceso **preventivo**, no curativo.

Existen varios tipos de vacunas.

- **Vacunas atenuadas e inactivadas:** formadas por microorganismos inoos obtenidos a través de patógenos naturales tratados para reducir su virulencia o muertos.
- **Vacunas de antígenos purificados:** Son toxinas inactivadas o subunidades de antígenos que inducen la respuesta inmune. La vacunación contra la difteria o el tétanos es de este tipo.

- **Vacunas de antígenos sintéticos** obtenidos mediante la tecnología del ADN recombinante. La vacuna contra la hepatitis es de este tipo.

La **sueroterapia** consiste en la introducción directa de **anticuerpos** específicos o linfocitos T activados contra las toxinas de determinados microorganismos. Estos anticuerpos pueden proceder de técnicas de obtención de anticuerpos monoclonales o a partir de suero de caballo al que previamente se le ha inoculado el antígeno para que fabrique anticuerpos.

La sueroterapia es un **tipo de inmunización pasiva y no induce memoria**, ya que sólo se mantiene durante el tiempo que perdure el anticuerpo dentro del paciente. Se emplea en contra de las toxinas circulantes, como la toxina tetánica o la diftérica y contra los venenos de serpiente. Es un proceso **curativo**.

En el siguiente cuadro se resumen las características de los distintos tipos de inmunidad:

INMUNIDAD NATURAL O INNATA		
Mecanismos de defensa inespecíficos, sin memoria y presente antes de la exposición a antígenos. No reconoce los patógenos ni aumenta con su exposición.		
INMUNIDAD ADQUIRIDA O ADAPTATIVA		
Son mecanismos específicos de defensa que son estimulados por el contacto con el antígeno.		
Forma de adquisición	ACTIVAMENTE	PASIVAMENTE
<b>NATURAL</b>	Se alcanza tras pasar una enfermedad infecciosa. Genera anticuerpos específicos contra un antígeno. Presenta memoria inmune. Por ejemplo, la inmunización contra la varicela.	Los anticuerpos específicos contra un antígeno son suministrados de modo natural al individuo, que le proporciona protección. No genera memoria inmune. Por ejemplo, los anticuerpos que la madre pasa al recién nacido mediante el calostro.
<b>ARTIFICIAL</b>	Se consigue al administrar antígenos de un patógeno atenuado o muerto. El individuo genera anticuerpos específicos contra el antígeno y genera memoria inmune. Se trata de un método preventivo como las vacunas. Por ejemplo, la vacuna contra la viruela.	Se suministra un antisuero con anticuerpos específicos contra una enfermedad infecciosa grave para poder curarla. No genera memoria inmune y tiene efecto temporal. Por ejemplo, el antisuero antitetánico.

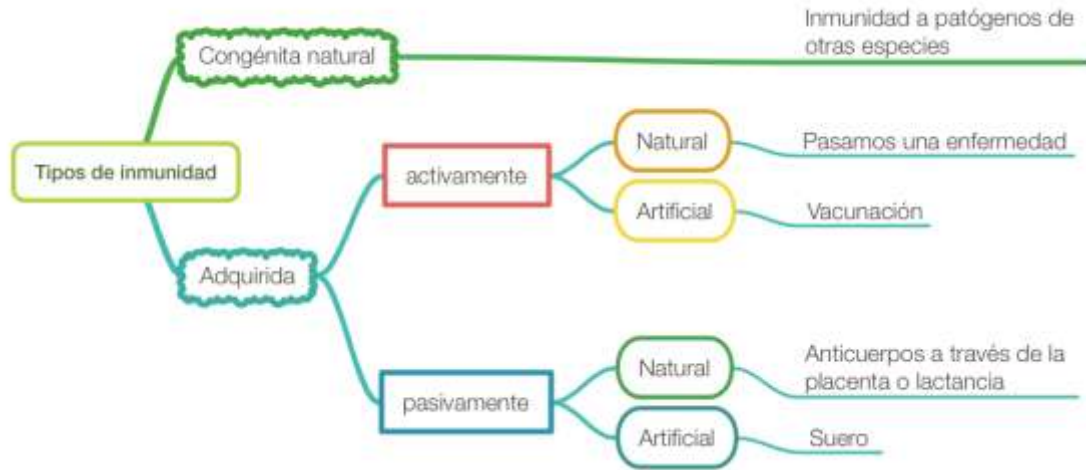


Figura 5.1.4.- Resumen esquemático de los tipos de inmunidad

El siguiente cuadro sinóptico resume las diferencias entre vacunación y sueroterapia:

	VACUNACIÓN	SUEROTERAPIA
<b>DIFERENCIAS</b>	Inmunización artificial activa	Inmunización artificial pasiva
	Contiene antígenos atenuados	Contiene anticuerpos específicos
	Desarrolla memoria inmunológica	No desarrolla memoria inmunológica
	Tarda unos días en provocar respuesta	Respuesta inmediata
	Efecto preventivo, duradero	Efecto curativo, poco duradero

## MECANISMOS DE ACCIÓN DEL SISTEMA INMUNE

La detección de moléculas extrañas del organismo pone en marcha el complejo mecanismo de proliferación y maduración de células inmunocompetentes y de producción de anticuerpos, lo que se denomina **respuesta inmune**. Existen dos tipos de respuesta inmune:

### 1. Respuesta inmune primaria (Figura 5.1.5)

Es la que se produce ante el primer contacto con el antígeno. Al cabo de varios días empiezan a aparecer anticuerpos en la sangre y esta producción aumenta de forma exponencial hasta alcanzar una fase estacionaria a partir de la cual empiezan a declinar hasta que se acaba con la infección.

### 2. Respuesta inmune secundaria y memoria inmunológica (Figura 5.1.5)

Cuando el sistema inmunológico detecta por segunda vez la presencia del mismo antígeno, origina una producción de anticuerpos mucho más rápidamente y sus valores

de concentración en sangre persisten durante mucho más tiempo, algunos durante toda la vida. Ello es debido a la **memoria inmunológica**.

La memoria inmunológica es debida a la permanencia de **linfocitos B memoria** después de eliminar al agente patógeno de modo que, ante un segundo contagio, actúan mucho más rápidamente e impiden el desarrollo de la infección.

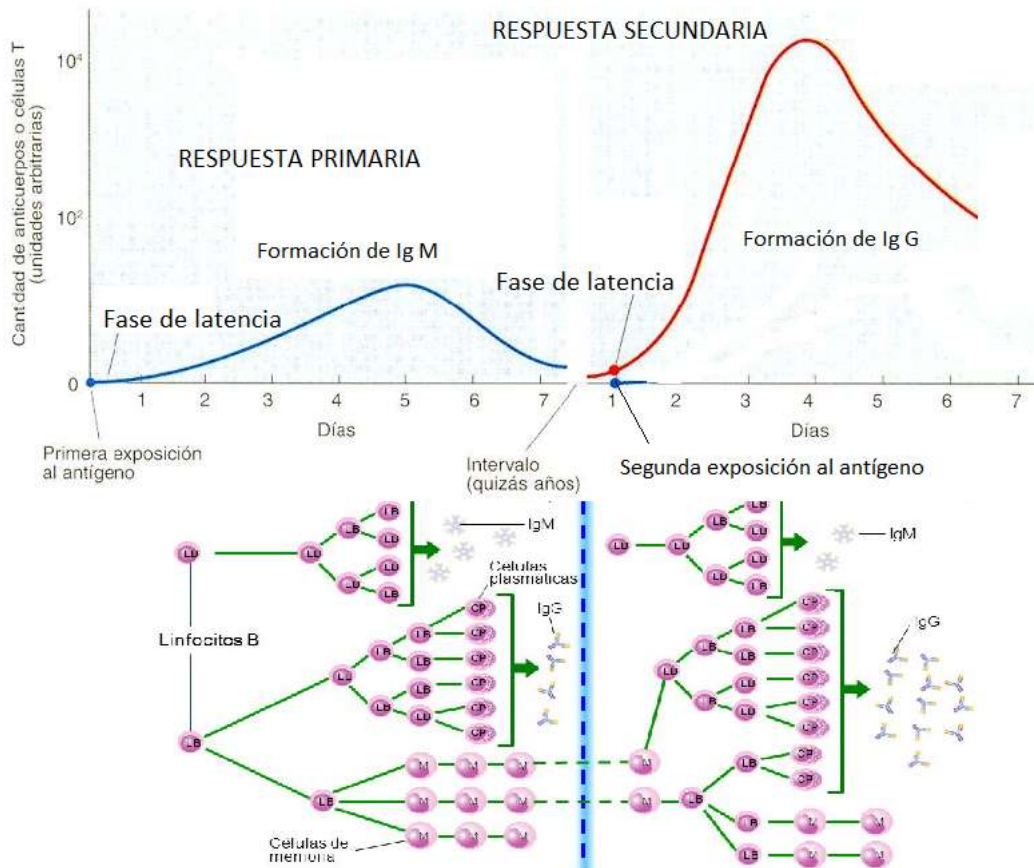


Figura 5.1.5.- Respuesta inmune primaria y secundaria  
(Modificado de <http://composi.info/inmunologa.html> y Alcamí Pertejo et al. 2000)

## V. ALTERACIONES DEL SISTEMA INMUNE

**AUTOINMUNIDAD.** Consiste en la actuación del sistema inmunológico del individuo contra células y tejidos de su propio cuerpo debido a un error. Entre las **enfermedades autoinmunes** más conocidas se encuentran:

- ✚ **Diabetes autoinmune o diabetes tipo I:** el sistema inmune ataca a las células productoras de insulina del páncreas (islotes de Langerhans).
- ✚ **Artritis reumatoide:** si ataca al tejido conjuntivo de las articulaciones.
- ✚ **Esclerosis múltiple:** si afecta a la sustancia blanca del sistema nervioso central.

🌐 **INMUNODEFICIENCIA CONGÉNITA Y ADQUIRIDA.** Las **inmunodeficiencias** son situaciones patológicas producidas por ausencia o fracaso del funcionamiento normal de uno o más elementos del sistema inmune, es decir, se está más expuesto a enfermedades o infecciones al haber algún fallo en las defensas. Hay 2 tipos:

✚ **Inmunodeficiencias primarias o congénitas:** son patologías heredadas genéticamente. Muchas de ellas son curables mediante trasplantes de médula ósea (donde se forman los leucocitos). La más grave es por falta o fallo en los linfocitos T (inmunodeficiencia de linfocitos T), las menos graves (y menos frecuentes) son las inmunodeficiencias de linfocitos B.

✚ **Inmunodeficiencias secundarias o adquiridas:** se adquieren después del nacimiento, provocadas por factores externos como fármacos utilizados en quimioterapia contra el cáncer, radiaciones, malnutrición, infecciones... La más conocida es el SIDA (Síndrome de Inmunodeficiencia Adquirida) provocada por un retrovirus, que ataca principalmente a linfocitos T auxiliares, provocando una lenta y progresiva inmunodeficiencia, con mayor gravedad en las fases finales de la enfermedad.

🌐 **ALERGIAS (HIPERSENSIBILIDAD)** Es una respuesta exagerada del sistema inmunitario frente a antígenos que, normalmente, son inofensivos o de poder antigénico débil, como el polen o el polvo (alérgenos).

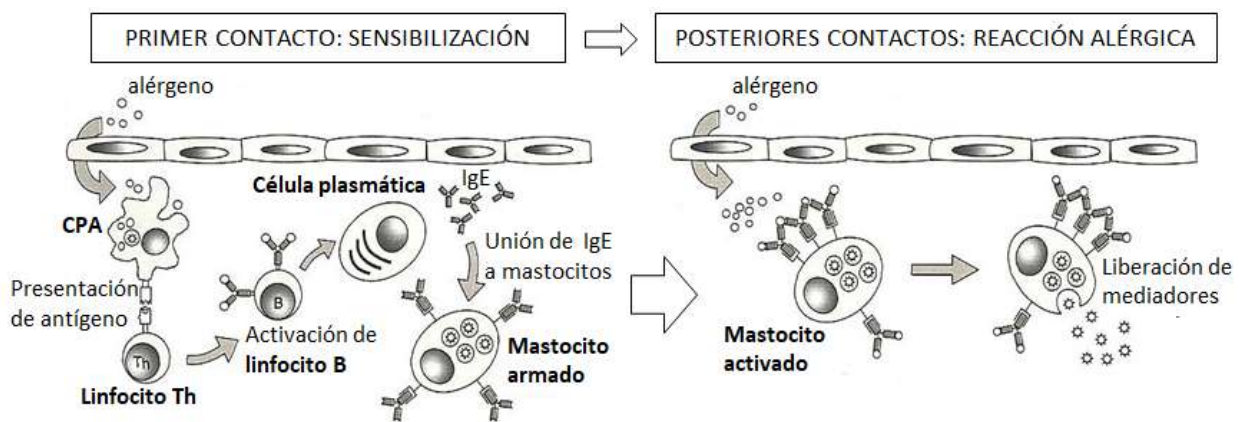


Figura 5.1.6.- Fases de la reacción alérgica (Modificado de Regueiro y López Larrea, 1997)

En un primer contacto con el alérgeno, o **fase de sensibilización** (Figura 5.1.6), el sistema inmunitario reconoce el alérgeno ya que las células presentadoras de antígeno (CPA) lo fagocitan y muestran sus fragmentos en el MHC-II a los linfocitos T colaboradores (Th), que los reconocen y activan a los linfocitos B vecinos. Estos se transforman en células plasmáticas y liberan grandes cantidades de inmunoglobulinas de tipo E que se unen a la superficie de basófilos y mastocitos (o células cebadas), lo que produce la sensibilización. En posteriores contactos con el alérgeno (Figura 5.1.6) se produce la **reacción alérgica**. El alérgeno se une a las Ig E de la superficie de los basófilos y células cebadas produciendo que liberen sus gránulos de histamina. La reacción inflamatoria es la que produce las

molestias de la alergia: dermatitis o diarrea si es una alergia causada por alimentos, secreción de moco en alergias a sustancias del aire, etc. Si los mastocitos y basófilos descargan la histamina en la sangre, se provoca la dilatación de los vasos sanguíneos, dando lugar a una caída de la presión sanguínea y a la contracción de los bronquiolos (asma), que si se produce de forma generalizada es muy grave llamándose shock anafiláctico.

## **5.2.- Características del SIDA, transmisión y modo de acción del VIH sobre el sistema inmunitario.**

El VIH es un retrovirus con envoltura. Tiene ARN como material genético (dos copias idénticas en cada virión) y posee algunas enzimas propias, siendo la más característica la retrotranscriptasa o transcriptasa inversa, con la cual puede sintetizar ADN a partir del ARN de su material genético.

La infección de una persona sana por el virus se produce por contacto con el VIH de otra persona infectada. Los principales mecanismos de transmisión son:

- ✚ Directamente a través de la sangre contaminada por el virus
- ✚ Mediante el semen o secreciones vaginales que entren en contacto con microheridas o erosiones por las que el virus pueda introducirse.
- ✚ De madre infectada a hijo, durante el embarazo, parto o lactancia.
- ✚ Mediante algún objeto contaminado que entre en contacto con la sangre (jeringuillas, cepillos de dientes, cuchillas de afeitar...).

El VIH infecta principalmente a linfocitos T que poseen el receptor CD4, entre los que destacan los linfocitos Th. También puede infectar a algunas otras células que presentan este receptor, como las células dendríticas.

En su ciclo reproductor se pueden distinguir varias fases:

1. Contacto entre las espículas de la envoltura membranosa del virus y los receptores CD4 de los linfocitos Th, lo que permite la fusión de membranas, introduciendo en el interior del linfocito la cápsida con su contenido.
2. Se desencapsida y forma ADN por transcripción inversa de una de las copias de ARN. El ADN, en principio monocatenario, pasa a ser bicatenario.
3. Integración de la copia de ADN en el genoma del hospedador (interviene una integrasa), dando lugar a un provirus, que puede permanecer latente en el hospedador durante mucho tiempo.
4. Se transcriben y se traducen los genes víricos utilizando la maquinaria enzimática de la célula, originando nuevas copias de ARN vírico, y las proteínas necesarias para la formación de nuevos virus. En la membrana plasmática de la célula se colocan proteínas específicas para la envoltura del virus.



5. Ensamblaje: se forman nucleocápsidas (cápsidas que encierran el ARN vírico y las proteínas que se encontrarán junto a él en el virión) en el citoplasma de la célula hospedadora.

6. Gemación de viriones, que adquieren la envoltura a partir de la membrana plasmática del linfocito a la vez que salen del mismo.

El SIDA (síndrome de inmunodeficiencia adquirida) es la enfermedad provocada por el VIH. Al inicio del contagio, en las primeras semanas el número de virus aumenta y disminuyen los linfocitos con el receptor CD4. Se infectan los órganos linfoides.

A continuación, el número de virus desciende y se inicia un periodo de latencia, que puede durar varios años. Los linfocitos Th siguen disminuyendo.

Cuando el descenso de linfocitos es muy acusado aparecen los síntomas de la enfermedad y aumenta el número de virus. La persona es incapaz de dar una respuesta inmunitaria a patógenos oportunistas. Aparecen entonces neumonías, tumores como el sarcoma de Kaposi y otras muchas infecciones que, al final, producen la muerte del paciente.

La enfermedad es muy grave ya que no existe un tratamiento para eliminarla ni vacuna para prevenirla. Se usan fármacos antivirales que aumentan la calidad de vida del paciente y le permiten vivir más tiempo.



**ALGUNAS CUESTIONES  
RESUELTAS**



## JUSTIFICACIÓN

En esta sección se recogen diversas cuestiones resueltas relativas a todos los bloques incluidos en la matriz de especificaciones y en el documento de recomendaciones. Su objetivo es orientar sobre el enfoque o planteamiento de las respuestas a posibles cuestiones incluidas en un examen, así como el nivel de complejidad y la extensión de las mismas.

Hemos intentado seleccionar cuestiones variadas, algunas extraídas de exámenes de anteriores pruebas de acceso a la universidad (PAU, EBAU), haciendo especial hincapié en aquellas referidas a los contenidos nuevos. En el caso de preguntas semiabiertas, hemos propuesto respuestas breves y concisas (una palabra o una frase). Por el contrario, las preguntas abiertas requieren de un mayor desarrollo, por lo que las respuestas que se proponen deberán entenderse como una “sugerencia” de respuesta y no ser asumidas como dogma.

Queremos señalar que todas las preguntas que exigen razonamiento se han resuelto con respuestas justificadas. En el caso de problemas de genética, la solución ha sido explicada y razonada, incluyendo en el razonamiento la ley de la herencia implicada y el tipo de cromosoma al que está ligado el gen responsable del carácter en cada caso, esto es, si se trata de un carácter autosómico o de uno ligado al sexo.

Los términos científicos se han utilizado con las mayores precisión y claridad. Debemos ser conscientes de que no solo es importante el fondo sino que, también, lo es la forma.

Por último, debemos recordar que no es lo mismo “citar” o “enumerar” que “describir”, ni “definir” que “explicar”. Es importante contestar lo que se indica en el enunciado, teniendo siempre en cuenta el tiempo del que se dispone. En nuestro caso, y dando por hecho que disponíamos de suficiente tiempo para ello, hemos desarrollado algunas cuestiones con una cierta profundidad.



## BLOQUE 1. LA BASE MOLECULAR Y FÍSICO-QUÍMICA DE LA VIDA

### 1.1.- Sobre biomoléculas:

- a) Diga qué es la estructura primaria de las proteínas.
- b) Indique qué tipo de enlace las caracteriza y nombre los grupos químicos que participan en el mismo.
- c) Indique qué se entiende por estructura terciaria y cite dos tipos de uniones existentes para dar lugar a esta estructura.
- d) Explique qué se entiende por desnaturalización de una proteína.

a) **La estructura primaria** de las proteínas viene determinada por la secuencia de aminoácidos que forman una cadena unidos por los enlaces peptídicos. Las variaciones en esta estructura las marcará el número, tipo y orden de los aminoácidos que la forman, en casi todas las proteínas existen 20 aminoácidos diferentes, que originan combinaciones casi ilimitadas. La cadena así formada quedará con los grupos R, o cadenas laterales, dispuestas de forma alternante hacia arriba y hacia abajo. Esta estructura determina los siguientes niveles de plegamiento de la proteína.

b) El enlace que caracteriza las proteínas es el **enlace peptídico**, que se establece entre el grupo carboxilo del carbono alfa de un aminoácido y el grupo amino del carbono alfa del siguiente, con pérdida de una molécula de agua. Es un enlace covalente de tipo amida, con carácter parcial de doble enlace porque se establece resonancia entre los electrones del enlace C=O y N-C. La unidad que se repite en una proteína sería -NH-C $\alpha$ -CO-.

c) **La estructura terciaria** de una proteína corresponde al tercer nivel de plegamiento de la misma. Es la responsable directa de sus propiedades biológicas. En este nivel encontramos, según la disposición en el espacio que adopta la cadena, proteínas globulares y filamentosas.

Los enlaces que la mantienen estable se establecen entre los grupos R y pueden ser, covalentes como por ejemplo los puentes disulfuro, que se establecen entre dos cadenas laterales de cisteína (Cys) y no covalentes como por ejemplo puentes de hidrógeno, que se establecen entre las cadenas laterales de aminoácidos polares, atracciones hidrofóbicas y fuerzas de Van der Waals entre cadenas apolares, enlaces electrostáticos entre zonas cargadas...

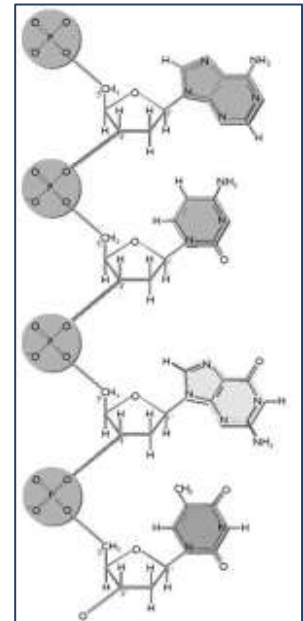
d) **La desnaturalización** consiste en la pérdida de la estructura tridimensional de la proteína (estructura secundaria, terciaria o cuaternaria), perdiendo por tanto lo que se conoce como estado nativo de la proteína, quedando reducida a su estructura primaria.

La desnaturalización puede provocar la precipitación de la proteína por cambios en la solubilidad de la misma y pérdida de sus propiedades biológicas.

Los agentes que provocan la desnaturalización pueden ser físicos, como el calor, y químicos, por detergentes o variaciones del pH, o variación en la concentración salina. El proceso puede ser reversible, y la proteína, si cesa el agente causante de la desnaturalización, se renaturaliza o irreversible, y en este caso no recuperar su forma nativa.

**1.2.- La siguiente figura corresponde a una cadena de ácido nucleico:**

- ¿A qué tipo de ácido nucleico pertenece? Razone la respuesta**
- Indique la polaridad de la misma (extremos de la cadena).**
- ¿Cómo se denominan los monómeros de dicha molécula?**
- ¿Cuántos enlaces fosfodiéster se han formado en la molécula? Localice alguno de ellos.**

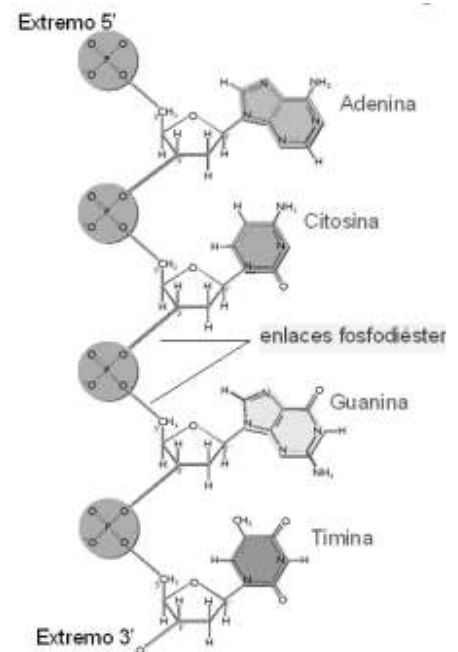


a) Pertenece a una hebra de ADN, ya que en la composición del polinucleótido aparece como azúcar la desoxirribosa. Además, una de sus bases nitrogenadas es la timina, exclusiva del ADN.

b)  $5' \rightarrow 3'$ .

c) Nucleótidos. El fragmento representado está formado por cuatro nucleótidos.

d) Se han formado tres enlaces fosfodiéster. Dichos enlaces se establecen entre el radical fosfato situado en el carbono 5' de un nucleótido y el radical hidroxilo (-OH) del carbono 3' del siguiente nucleótido.



**1.3.- En relación con los glúcidos:**

- Atendiendo al número de átomos de carbono de los monosacáridos galactosa, ribulosa, gliceraldehído y fructosa, indique a qué grupo (triosa, pentosa o hexosa) pertenecen.**
- En el caso de la sacarosa, explique si este disacárido presenta o no carácter reductor.**
- Describa la composición y función del almidón.**

- a) La galactosa es una hexosa, ya que tiene 6 átomos de carbono. La ribulosa es una pentosa por tener 5 átomos de carbono. El gliceraldehído es una triosa, ya que tiene 3 átomos de carbono y la fructosa es una hexosa porque tiene 6 átomos de carbono.
- b) Para que un glúcido tenga poder reductor, debe presentar algún carbono anomérico libre, que pueda oxidarse. En el caso de la sacarosa, el enlace O- glucosídico entre la molécula de glucosa y la molécula de fructosa que la forman se establece entre el grupo OH del carbono 1 de la glucosa y el grupo OH del carbono 2 de la fructosa (los dos carbonos anoméricos de ambas moléculas), por lo que no queda ningún carbono libre que pueda oxidarse. La sacarosa por tanto, no presenta carácter reductor.
- c) El almidón es el polisacárido de reserva más común en los vegetales. Se almacena en forma de granos en unos orgánulos especiales llamados amiloplastos. Es muy abundante en los tubérculos, bulbos, cereales y legumbres.

Está constituido por dos clases de polímeros, amilosa y amilopectina, en proporciones variables dependiendo de las especies.

**Amilosa:** Es un polímero no ramificado de moléculas de  $\alpha$ -D-glucosa enlazadas por uniones  $1 \rightarrow 4$  de manera que cada dos unidades de monosacárido constituyen una molécula de maltosa.

Las cadenas no ramificadas de la amilosa adoptan una configuración en espiral.

**Amilopectina:** Es un polímero ramificado de la glucosa que también forma moléculas helicoidales de  $\alpha$ -D-glucosa unidas por enlace  $1 \rightarrow 4$ . Además presenta ramificaciones de tal forma que, en el punto de ramificación, las moléculas de glucosa se encuentran unidas por enlaces  $\alpha$  ( $1 \rightarrow 6$ ), donde unen unos 12 residuos de glucosa.

**1.4.- La Rubisco es la enzima clave en el proceso que realizan las plantas. Es una enzima relativamente lenta: solo transforma unas tres moléculas de sustrato por segundo.**

- a) ¿Qué es una enzima y cómo interviene en una reacción química?
- b) ¿Qué cantidad de enzima queda después de la reacción?
- c) ¿Qué significa que la actividad enzimática es específica?
- d) ¿Cuál es la naturaleza de la enzima?
- e) Describe el mecanismo de acción enzimática y define el concepto de centro activo.
- a) Una enzima es un biocatalizador biológico sintetizado por el propio organismo, cuya composición química es total o parcialmente proteica. Los biocatalizadores son sustancias que, sin consumirse en el proceso, intervienen en las reacciones químicas disminuyendo la energía de activación y, por consiguiente, aumentando la velocidad de reacción.

- b) Dado que los enzimas no se consumen en el proceso, la cantidad de enzima no varía una vez catalizada la reacción
- c) Que una enzima presenta afinidad por un determinado sustrato o grupo de sustratos o bien cataliza un tipo específico de reacción química. Por tanto la especificidad se da a nivel de sustrato y/o tipo de reacción química.
- d) Las enzimas están compuestas por aminoácidos, es decir, su composición es proteica (proteínas globulares). Si, en su composición, además de aminoácidos presentan otra molécula no proteica, se trata de una holoenzima. Esta está compuesta por una apoenzima (parte proteica) y un cofactor (parte no proteica) sintetizado por el propio organismo. Si el cofactor se une a la apoenzima de forma permanente, se denomina grupo prostético y, si se une solo durante la reacción química, se denomina coenzima.
- e) En general, el mecanismo de acción enzimática transcurre siempre con la unión del sustrato a la enzima, formándose un complejo intermediario o complejo enzima-sustrato entre ambos, imprescindible para que la reacción química pueda llevarse a cabo.

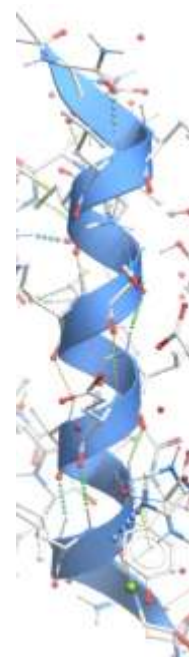
La reacción enzimática puede simbolizarse así:



La reacción enzima-sustrato tiene lugar a través del centro activo de la enzima. Generalmente, el centro activo constituye una pequeña parte de la molécula de la enzima y posee una estructura tridimensional en forma de hueco, formado por tres tipos de aminoácidos; estructurales, de fijación y catalíticos. La unión con el sustrato se realiza mediante enlaces débiles (tipo puentes de hidrógeno). Fischer explica esta unión como el mecanismo de apertura de una cerradura con una única llave: modelo de “la llave y la cerradura”. Kosland propone el modelo de ajuste inducido, que implica que la conformación espacial de la enzima se modifica al unirse al sustrato.

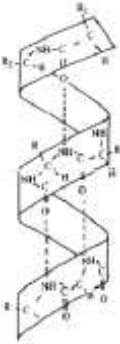

**1.5.- Con respecto a la figura representada,**

- a) ¿De qué tipo de molécula o macromolécula se trata?
- b) ¿Qué estructura y tipo representa?
- c) ¿Qué enlaces estabilizan dicha estructura?
- d) ¿Qué otro tipo de estructura del mismo nivel de complejidad existe?
- e) Indique las principales características de la estructura que representa el dibujo y de la que tú has propuesto y algún ejemplo.
  - a) La molécula representada es una proteína.
  - b) El fragmento que se observa corresponde a la estructura secundaria. Se trata de una  $\alpha$ -hélice.



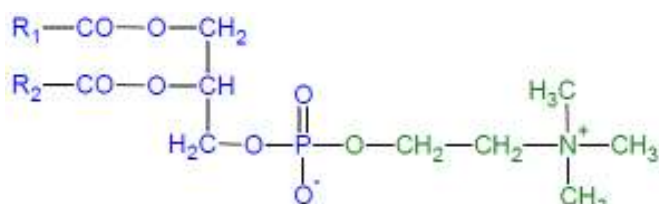


- c) La estructura secundaria se encuentra estabilizada por puentes de hidrógeno establecidos entre el grupo -NH- del enlace peptídico de un aminoácido con un grupo -CO- del enlace peptídico del aminoácido que queda por encima de él en la hélice.
- d) La otra estructura secundaria que podemos encontrar en las proteínas de complejidad similar a la propuesta es la denominada hoja plegada (o lámina b).
- e) En la siguiente tabla podemos ver la comparativa:

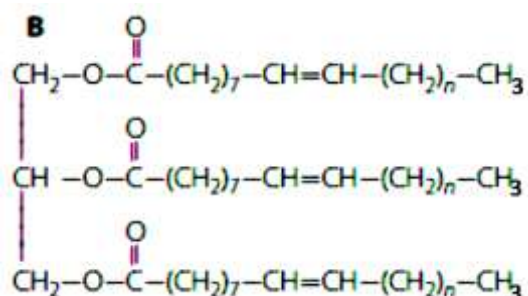
$\alpha$ -hélice	lámina $\beta$ u hoja plegada
Cadena peptídica enrollada sobre sí mismo, dextrógira, con 3,6 aminoácidos por vuelta.	Cadena peptídica que adopta una disposición en zigzag y sus cadenas se disponen de modo paralelo (o antiparalelo) formando una lámina plegada.
Se estabiliza por puentes de hidrógeno intracatenarios, entre el grupo -NH- de un aminoácido y el grupo -CO- del cuarto aminoácido que le sigue en la cadena y que queda justo encima en la hélice.	Los puentes de hidrógeno, intercatenarios, se establecen entre grupos -CO- y -NH- de los aminoácidos que quedan más cercanos en las cadenas paralelas.
Las cadenas R de los aminoácidos, que le dan las propiedades características a cada $\alpha$ -hélice quedan en la parte externa de la misma.	El carbono $\alpha$ de los aminoácidos queda en las aristas de los pliegues, de modo que los grupos R salen del plano formado por la lámina plegada hacia arriba y debajo de modo alternativo.
	
Un ejemplo sería la $\alpha$ -queratina del pelo.	Un ejemplo sería la fibroína de la seda

1.6.- En relación con los lípidos representados en las figuras A y B, responda a las siguientes cuestiones:

A



B



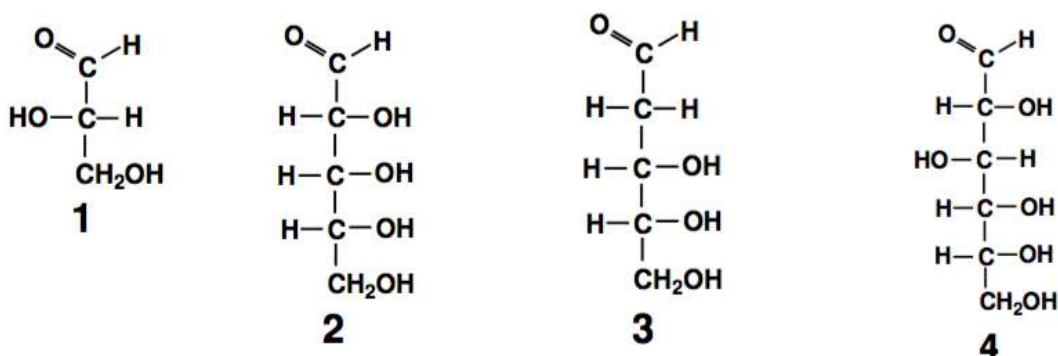
- a) ¿A qué tipo pertenece el A? ¿Y el B? Razone las respuestas.
- b) ¿Son lípidos saponificables? Razone la respuesta.

c) ¿Cuál de ellos tiene función energética?

d) Estos lípidos ¿son anfipáticos? Razone la respuesta.

- a) El compuesto A es un glicerofosfolípido formado por dos ácidos grasos esterificados a la glicerina, que a su vez se une por el tercer carbono a un grupo fosfato, al cual se une la colina. El lípido resultante recibe el nombre de fosfatidil-colina o lecitina. El compuesto B es un triacilglicérido formado por tres ácidos grasos insaturados unidos a la glicerina.
- b) Ambos son lípidos saponificables, ya que al someterlos a la reacción de saponificación e hidrolizarse originan sales de ácidos grasos (jabones). El motivo es que como hemos dicho anteriormente, en la estructura de ambas moléculas existen ácidos grasos, dos en el caso del compuesto A y tres en el compuesto B.
- c) El lípido B, el triacilglicérido tiene función de reserva energética.
- d) Un lípido anfipático presenta una zona hidrófoba y una zona hidrófila, al igual que los jabones. Los fosfolípidos tienen un marcado carácter anfipático consecuencia de la estructura de la molécula; las largas cadenas de los ácidos grasos tienen carácter hidrófobo (repelen el agua) y forman dos largas "colas" apolares, mientras que el grupo fosfato y el alcohol, cargados eléctricamente, son fuertemente hidrófilos (interaccionan con el agua) y constituyen la "cabeza" polar de la molécula; ello conduce a que, en un medio acuoso, se autoorganicen formando bicapas, con las cabezas polares en contacto con el agua y las colas hidrófobas "escondidas" y enfrentadas entre sí. Los triglicéridos no son anfipáticos ya que carecen de polaridad; las partes polares de la glicerina y de los ácidos grasos están formando parte de los enlaces éster. El triglicérido, a diferencia del fosfolípido, no tiene el grupo fosfato que es el que, precisamente, le confiere esa característica anfipática.

1.7.- Observe la figura y responda a las cuestiones que se plantean:



a) ¿Qué compuestos son los que aparecen en la figura con los números 1, 2, 3 y 4? ¿A qué grupo de biomoléculas pertenecen?

b) Explique razonadamente, para cada uno de los compuestos, si se trata del estereoisómero D ó L.

**c) Indique cuál de ellos, en su forma cíclica, interviene en la síntesis del ADN.**

**d) Nombre el tipo de enlace que se ha de establecer para que se produzca la ciclación del compuesto 4, y comente qué polímero ramificado, formado por repetición única de esta molécula cíclica, está presente en las células animales, indicando su localización y función.**

- a) Se trata de glúcidos, más concretamente monosacáridos. El número 1 es una aldotriosa (L-gliceraldehído), los números 2 y 3 son aldopentosas (D-ribosa y D-desoxirribosa) y el número 4 es una aldohexosa (D-glucosa).
- b) Para saber si es D o L debemos mirar la posición del grupo OH del carbono asimétrico más alejado del grupo carbonilo. En el caso número 1, sólo es asimétrico el carbono 2, que tiene el OH a la izquierda y por tanto será L. En los números 2 y 3 son asimétricos los carbonos 2, 3 y 4, siendo el más alejado el carbono número 4 que, en ambos casos, presenta el grupo OH a la derecha. Por tanto, ambos compuestos son de la serie D. El número 4 presenta 4 carbonos asimétricos, del 2 al 5, presentando el quinto carbono el OH a la derecha y, por tanto, la molécula será D.
- c) El compuesto número 3 es la desoxirribosa, y en su forma cíclica sirve para formar desoxirribonucleótidos. Por polimerización de estos nucleótidos, mediante enlaces fosfodiéster entre el OH del C3' y el grupo OH del fosfato del C5', se forma el ADN.
- d) Para proceder a la ciclación del compuesto número 4 (la D-glucosa) debe formarse un enlace hemiacetalico entre el grupo carbonilo (C-1) y el OH del carbono número 5, formándose un compuesto hexagonal de tipo piranosa.

El compuesto que se forma por repetición de esta molécula en el caso de los animales, es el glucógeno, cuya función es servir como sustancia de reserva. Se encuentra formando gránulos en el citoplasma de células hepáticas y musculares.

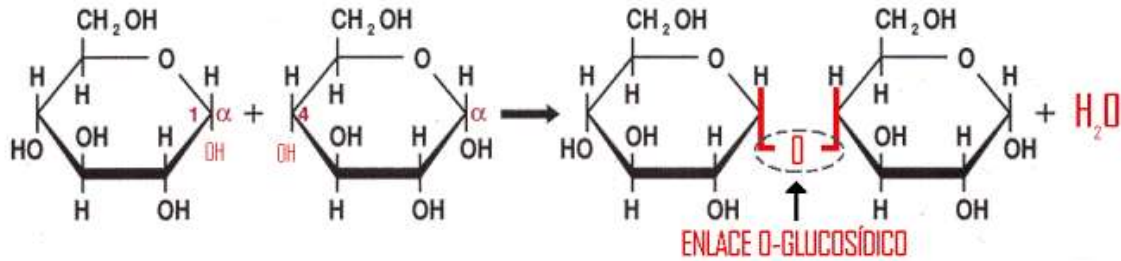
**1.8.- Entre la biomoléculas siguientes: gliceraldehído, celulosa, ribulosa, fructosa, sacarosa, lactosa y almidón:**

**a) Cite las que presentan enlace O-glucosídico y explique la formación del mismo.**

**b) ¿Alguna de las biomoléculas citadas no tiene carácter reductor? Razone la respuesta.**

**c) Cite una analogía y una diferencia entre la celulosa y el almidón.**

- a) El enlace O-glucosídico se presentan en oligosacáridos y polisacáridos uniendo moléculas de monosacáridos. Para producirse reaccionan dos grupos OH de distintos monosacáridos, el del C anomérico del primer monosacárido con el C anomérico, o no, del segundo monosacárido. Se libera una molécula de agua, quedando ambos monosacáridos unidos por el oxígeno, motivo por el que recibe el nombre de enlace O-glucosídico.



Enlace O-glucosídico. (Fuente: [https://es.wikipedia.org/wiki/Enlace\\_glucos%C3%ADdico](https://es.wikipedia.org/wiki/Enlace_glucos%C3%ADdico))

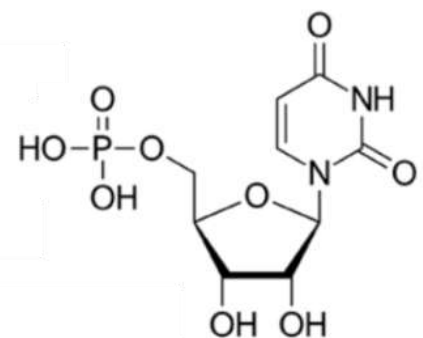
Las moléculas de sacarosa y lactosa son disacáridos que presentan este enlace. Las moléculas de celulosa y almidón son polisacáridos y, por tanto, también encontramos enlaces de este tipo en su estructura.

- b) Carecen de carácter reductor aquellos compuestos que tienen a dos grupos carbonílicos implicados en el enlace O-glucosídico (enlace dicarbonílico). En esta situación se encuentra el disacárido sacarosa. Los polisacáridos tampoco presentan carácter reductor, no siendo reductores la celulosa y el almidón.
- c) La analogía entre la celulosa y el almidón es que se trata de polisacáridos, concretamente homopolisacáridos, formados por glucosa. Ambos compuestos están presentes en células vegetales. La diferencia principal es que la unión entre las moléculas de glucosa que forma el almidón es por enlace O-glucosídico de tipo  $\alpha$ , lo que proporciona una estructura de tipo helicoidal que tiene función de reserva. En el caso de la celulosa, las moléculas de glucosa se unen por enlace O-glucosídico de tipo  $\beta$ , que hace que las moléculas de glucosa consecutivas se presenten giradas y formen una estructura lineal cuya función es estructural.

Otra diferencia es que la celulosa tiene función estructural en vegetales (forma la pared celular), mientras que el almidón tiene función de reserva energética en vegetales.

**1.9.- Dada la estructura siguiente, conteste a las cuestiones que aparecen a continuación:**

- a) ¿Qué tipo de biomolécula es? Razone la respuesta
- b) ¿De qué tipo de macromolécula es monómero? ¿Qué enlace une los monómeros en esta macromolécula?
- c) Enumere las macromoléculas de este tipo que conozca y la localización celular de cada una de ellas, en las células eucarióticas
- d) Indique la función celular que realizan dichas macromoléculas

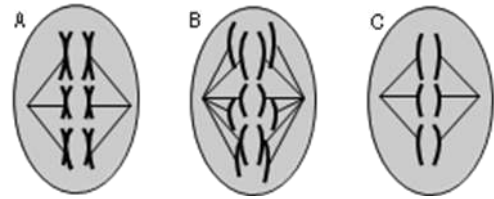


- a) Se trata de un ribonucleótido formado por ácido fosfórico unido por enlace éster al C 5' de una pentosa (ribosa), a cuyo C 1' se une por enlace N-glucosídico una base nitrogenada pirimidínica (uracilo).
- b) Se trata de un monómero del ácido ribonucleico (ARN) puesto que la pentosa es la ribosa. El enlace que une cada nucleótido con el siguiente es de tipo fosfodiéster, que se da entre un OH del ácido fosfórico (que está unido al C 5' de la pentosa) con el OH del C 3' de la ribosa, formándose una molécula de agua.
- c) Las principales moléculas de ARN son:
- ARN mensajero (ARNm) que forma como pre-ARNm en el núcleo de la célula y cuando madura pasa al citoplasma.
  - ARN ribosómico (ARNr) forma parte, junto a proteínas, de las subunidades de los ribosomas.
  - ARN transferente (ARNt) que se encuentra en el citoplasma de la célula.
- d) ARNm: Su función es transportar la información genética contenida en el ADN hasta los ribosomas para poder ser traducida en forma de secuencia de aminoácidos.
- ARNr: Su función es estructural; forma parte del ribosoma y participa en la síntesis proteica.
- ARNt: Su función es llevar los aminoácidos adecuados hasta los ribosomas, en función de los tripletes o codones de nucleótidos del ARN<sub>m</sub>, según el código genético. Podemos decir que son los traductores del “mensaje de los nucleótidos” al “mensaje de la proteínas”.



## BLOQUE 2: LA CÉLULA VIVA. MORFOLOGÍA, ESTRUCTURA Y FISIOLOGÍA CELULAR

2.1.- Observe los tres dibujos siguientes. Representan tres células en división que pertenecen a diferentes tejidos de una misma especie animal.



- a) Dos de estas células se están dividiendo por meiosis. Indique de cuáles se trata y la fase del proceso en la que se encuentran. Justifique su respuesta.
- b) ¿Cuántos cromosomas tiene esta especie animal? Explique la importancia de la meiosis en la reproducción sexual.
- c) Razone si la siguiente afirmación es válida o no: «Tanto los espermatozoides como los óvulos son  $2n$ , por ello el cigoto realiza la meiosis».

a) Las células que están dividiéndose por meiosis son la A y la C. La A se encuentra en metafase I de la meiosis, ya que los cromosomas se disponen por parejas de homólogos en el plano ecuatorial de la célula tras haberse producido la recombinación genética en la etapa anterior (profase I). La C se trata del inicio de una anafase II. Los cromosomas han escindido sus cromátidas al nivel del centrómero para enviarlas a polos opuestos de la célula. Se sabe que es anafase II también porque el número de cromosomas se ha reducido a la mitad ( $n=3$ ) tras la primera división meiótica.

b) Esta especie animal tiene 6 cromosomas ( $2n=6$ ), tal y como se puede ver en la imagen B correspondiente a una mitosis donde se conserva el número de cromosomas de la especie durante todo el proceso.

La importancia de la meiosis en la reproducción sexual radica en que se genera variabilidad genética al producirse el sobrecruzamiento entre las parejas de cromosomas homólogos durante la profase I. A este proceso hay que añadir el que los cromosomas homólogos procedentes de los progenitores migren al azar a polos opuestos de la célula, contribuyendo a generar más variabilidad. Los gametos obtenidos al final de la meiosis son diferentes entre sí y diferentes a la célula madre. Por último, la unión al azar entre gametos masculinos y femeninos ayuda a que los descendientes de una misma pareja sean distintos genéticamente.

c) La afirmación formulada es falsa debido a que los gametos (óvulos y espermatozoides) son siempre haploides ya que se obtienen tras un proceso de meiosis en una célula madre (ovogonia y espermatogonia, respectivamente) siendo estas diploides. El cigoto resultante de la unión de un gameto femenino con otro masculino es diploide, reconstituyéndose así la dotación cromosómica completa de la especie.

**2.2.- Explique la composición química y la estructura de la pared celular de las células vegetales. Indique dos funciones que desempeñe la pared en la célula vegetal.**

El componente principal de la pared son las fibras de celulosa que se disponen en haces de miofibrillas embebidas en una matriz gelatinosa formada por agua, heteropolisacáridos como pectinas y hemicelulosa y elementos minerales como el calcio. Puede presentar impregnaciones de lignina (soporte y protección) o suberina y cutina, sustancias impermeabilizantes.

En cuanto a la estructura, se pueden distinguir, según el estado de desarrollo de la célula, varias capas:

- La **lámina media** es la primera en formarse tras la división celular, es la capa más externa y es compartida por células vecinas, lo que favorece su unión; su componente principal son las pectinas.
- La **pared primaria** aparece en células en crecimiento, es delgada y semirrígida y sus componentes principales son: fibras de celulosa dispuestas de forma reticular, hemicelulosa, pectinas y proteínas, además de un elevado porcentaje de agua.
- Cuando las células alcanzan su tamaño definitivo engrosan su pared primaria o depositan nuevas capas sobre ella, y aparece la **pared secundaria**, más gruesa y rígida, constituida por abundantes fibras de celulosa orientadas paralelamente, lignina, y menos cantidad de pectinas y agua.

Una de las funciones de la pared celular es regular la presión de turgencia manteniendo el equilibrio hidrostático con el medio que le rodea. La entrada de agua en la vacuola, por ósmosis desde el citosol, hace que ésta se expanda y genere la presión hidrostática contra la pared celular, que limita el volumen impidiendo que la célula se rompa o reviente cuando el medio extracelular es hipotónico (fenómeno de turgescencia).

También constituye una barrera para el paso de sustancias y agentes patógenos y sirve de exoesqueleto que protege y da forma a la célula vegetal.

**2.3- Respecto a la célula:**

- a) ¿Qué es el citoesqueleto?
- b) ¿En qué tipo de células se presenta?
- c) ¿Cuáles son los constituyentes más destacables del citoesqueleto y qué funciones cumplen?
- d) Indique las principales funciones del centrosoma.

- a) Es una red de filamentos proteicos de diferente grosor que se extiende por todo el citoplasma y que se ancla en la membrana plasmática de las células eucarióticas.
- b) Es exclusivo de las células eucarióticas.
- c) Dos tipos de filamentos proteicos: 1) microtúbulos y 2) microfilamentos o filamentos de actina. Los microtúbulos intervienen en el mantenimiento de la forma celular, en el



movimiento celular (cilios y flagelos) (SM: también pseudópodos), el movimiento de los orgánulos y la formación del huso mitótico.

Los microfilamentos contribuyen al mantenimiento de la forma celular, al movimiento celular (pseudópodos), a la división del citoplasma en la división celular (anillo contráctil) y a la contracción muscular. Los filamentos intermedios contribuyen al mantenimiento de la forma celular y la formación de la lámina fibrosa nuclear.

d) Es el centro organizador de los microtúbulos celulares. A partir de él crecen los microtúbulos y controla su número, localización y orientación en el citoplasma.

### 2.3.- Describa la estructura y función de la mitocondria.

Las mitocondrias están formadas por una doble membrana que delimita dos cámaras:

**-Membrana mitocondrial externa.** Es lisa y limita exteriormente a la mitocondria. Es muy permeable y permite que algunas moléculas de gran tamaño pasen libremente a través de ella.

**-Membrana mitocondrial interna.** Presenta repliegues que reciben el nombre de crestas mitocondriales, que incrementan su superficie y su capacidad metabólica. Es bastante impermeable y contiene las moléculas encargadas de la respiración celular.

**-Espacio intermembranoso.** Es el espacio que hay entre ambas membranas. Su contenido es parecido al del citoplasma.

**-Matriz mitocondrial.** Es el espacio interior delimitado por la membrana interna. Contiene las enzimas implicadas en el ciclo de Krebs y en la beta-oxidación de los ácidos grasos, ribosomas mitocondriales; moléculas de ADN mitocondrial, enzimas necesarias para la replicación, transcripción y traducción del ADN mitocondrial e iones.

La función más importante es la **respiración celular**, que consiste en la combinación de materia orgánica con el oxígeno para obtener energía por medio de la oxidación. En la matriz mitocondrial se desarrolla el ciclo de Krebs y la beta-oxidación de los ácidos grasos. En la membrana interna, se localizan los complejos enzimáticos que intervienen en la cadena de transporte de electrones y las partículas de ATP sintasa que se encargan de formar ATP por fosforilación oxidativa.

### 2.4.- Sobre el ciclo celular:

a) Identificar en la figura adjunta, en la que se representan los cambios en el contenido de ADN en función del tiempo, durante las fases del ciclo celular, las fases a las que corresponden las zonas señaladas con a, b, c y d.

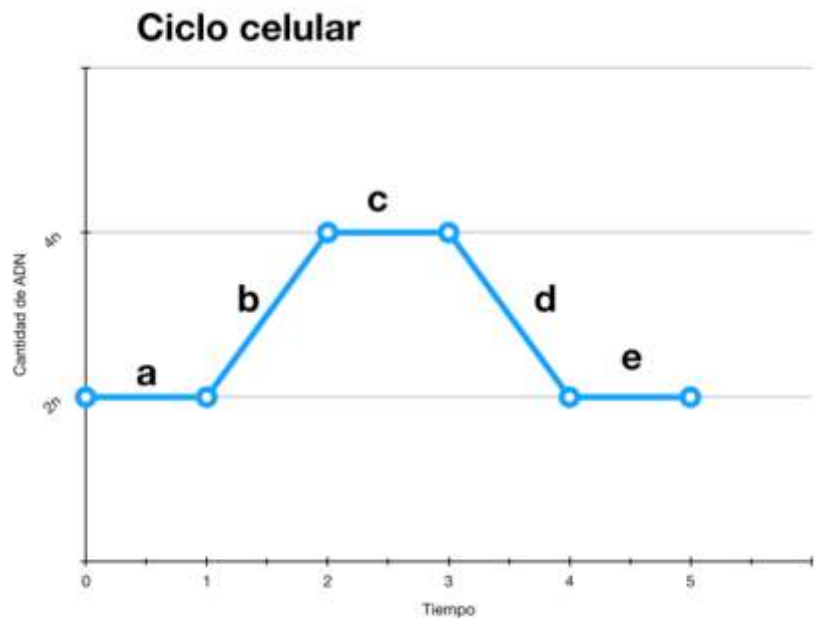
b) ¿Qué fases de las anteriores constituyen el intervalo denominado Interfase?

c) ¿Cuándo se visualizan mejor los cromosomas?

d) Indicar un ejemplo de células que queden detenidas en la fase o periodo  $G_0$ .

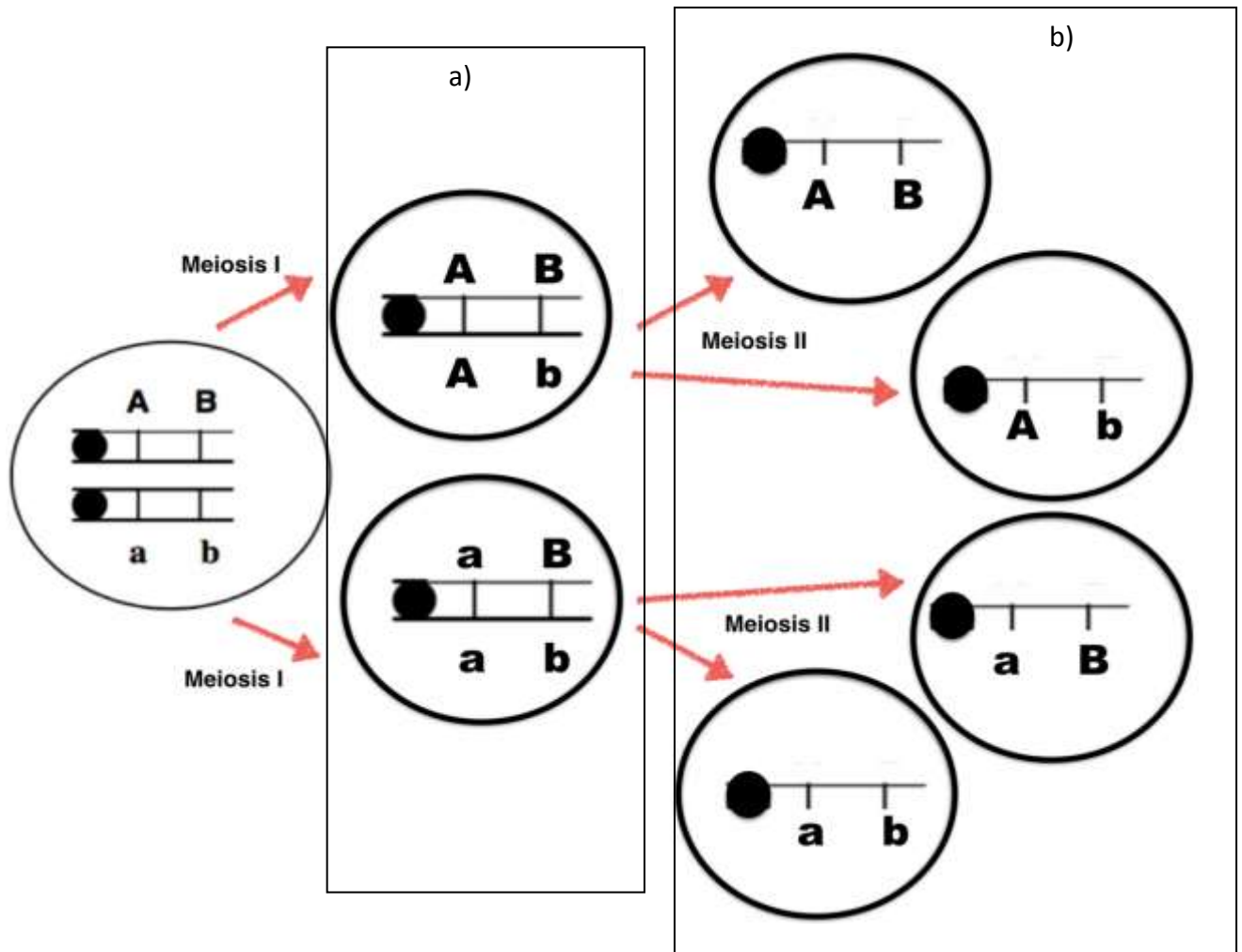
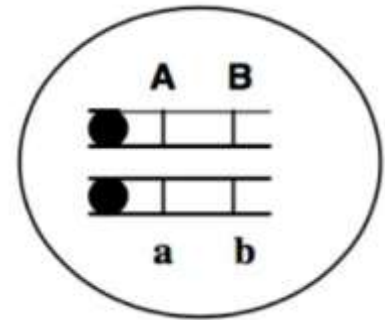
e) En la metafase de la división celular ¿qué diferencias existen entre mitosis y meiosis I?

f) Al final de la mitosis y de la meiosis ¿cuántas células resultan en cada caso y qué número de cromosomas posee cada una?



- a) a se corresponde con la fase  $G_1$ , b con la fase S, c con la fase  $G_2$  e inicio de la mitosis y d con la mitosis y citocinesis.
- b) Las letras a, b y parte de c corresponden a la interfase.
- c) Durante la metafase de la mitosis (incluida al final de c). En ese momento, los cromosomas presentan el máximo grado de empaquetamiento, se sitúan en el plano ecuatorial y son fácilmente visibles al microscopio óptico.
- d) En  $G_0$  quedan de modo indefinido células diferenciadas que no se reproducen, como puede ser el caso de las neuronas o algunos tipos de células musculares. También encontramos el caso de células del adulto que quedan temporalmente en  $G_0$  y que salen de esta fase, por el estímulo de factores mitóticos, cuando necesitan dividirse para, por ejemplo, cicatrizar tejidos, como puede ser el caso de fibroblastos de la piel o células del músculo liso.
- e) En metafase de la mitosis los cromosomas formados por dos cromátidas hermanas quedan alineados por los centrómeros en el plano ecuatorial. En la metafase I de la meiosis encontramos tétradas (dos cromosomas con dos cromátidas cada uno unidos por los lugares donde se han producido los quiasmas) que quedan alineadas en el plano ecuatorial por los lugares donde se han producido quiasmas para recombinar el material genético durante el paquiteno de la profase I.
- f) En el caso de la mitosis, se generan 2 células con material genético idéntico a la célula madre y, por tanto, con el mismo número de cromosomas. En el caso de la meiosis, se generan 4 células que van a tener la mitad de cromosomas que la célula madre. En este caso, estos cromosomas pueden tener nuevas combinaciones de alelos si se ha producido en ellos recombinación genética durante la profase I.

2.5.- El esquema representa los dos cromosomas de un espermatocito I, diheterocigoto para dos genes (A,a ; B,b), en fase de acoplamiento y en el periodo G<sub>2</sub> de la interfase previa a su división. A partir de esta célula, y suponiendo que se da un quiasma entre ambos genes, dibuje las células resultantes a) después de la primera división meiótica; b) tras la segunda división meiótica.



2.6.- En relación con la división celular, conteste a las siguientes preguntas:

- ¿Por qué la meiosis no es equivalente a una división celular?
- Indique, ordenadamente cuáles son las fases de la profase I meiótica y qué ocurre en ellas.
- Razone por qué la meiosis está vinculada a la reproducción sexual.

a) Porque el resultado de la meiosis es cuatro células hijas, distintas entre sí, con la mitad de cromosomas y diferente contenido genético que la célula progenitora, mientras que el resultado de la mitosis es dos células hijas idénticas entre sí e idénticas a la célula progenitora.

- b) Leptoteno: se inicia la asociación de cromosomas homólogos, que permanecen unidos por sus extremos a la lámina fibrosa.

Zigoteno: se produce la sinapsis entre cada par de cromosomas homólogos.

Paquiteno: se produce el intercambio de fragmentos cromatídicos entre cromátidas no hermanas (entrecruzamiento / sobrecruzamiento) de cada par de cromosomas homólogos.

Diploteno: comienza la separación de cada par de homólogos y empiezan a ser visibles las dos cromátidas de cada cromosoma. A partir de este momento, los bivalentes se denominan tétradas.

Diacinesis: fase final de la profase I. Desaparecen la envoltura nuclear y el nucléolo, y empieza a formarse el huso.

- c) Porque asegura que el número de cromosomas se mantenga constante de una generación a otra en los organismos con reproducción sexual. En este tipo de reproducción se requiere la presencia de dos células, cada una de un progenitor, que siempre deberán tener la mitad de la dotación cromosómica para que, al unirse y formar el cigoto, éste tenga la dotación cromosómica completa de la especie.

## 2.7.- En relación con el catabolismo, responda a las siguientes cuestiones:

- a) **¿En qué parte de la mitocondria tiene lugar el ciclo de Krebs? ¿Dónde se realiza la cadena respiratoria?**
- b) **¿Cuál es la importancia del acetil-CoA en el metabolismo?**
- c) **¿Qué coenzimas reducidas se generan en el ciclo de Krebs? ¿Cuál es la finalidad de la cadena respiratoria?**

- a) El ciclo de Krebs se realiza en la matriz de la mitocondria. La cadena respiratoria está formada por complejos proteicos que se encuentran en la membrana mitocondrial interna, en las crestas.

En las células procarióticas, la cadena respiratoria se sitúa en la membrana plasmática y el ciclo de Krebs en el citoplasma.

- b) El acetil-CoA es un metabolito intermedio donde convergen numerosas rutas catabólicas de glúcidos, lípidos y proteínas, el cual puede dar comienzo al ciclo de Krebs para la obtención de energía, o bien puede utilizarse como precursor en numerosas rutas biosintéticas, como la fabricación de ácidos grasos. El acetil-CoA resulta imprescindible para que pueda aprovecharse toda la energía de los combustibles metabólicos, con obtención de una cantidad máxima de ATP.

En el ciclo de Krebs se generan NADH y FADH<sub>2</sub> (3 NADH y 1 FADH<sub>2</sub> por cada molécula de acetil-CoA que se incorpora). La cadena respiratoria tiene como finalidad la síntesis de ATP gracias a la oxidación de las coenzimas reducidas en el ciclo de Krebs, cuya energía se emplea en la síntesis de ATP.

En la cadena de electrones deben oxidarse estas coenzimas para que pueda continuar el metabolismo celular. Para ello los transportadores de electrones recogen los electrones del NADH y FADH<sub>2</sub> oxidándolos respectivamente a NAD<sup>+</sup> y a FAD<sup>+</sup>. El transporte de estos electrones a través de los complejos proteicos de la cadena hasta reducir el oxígeno molecular a agua genera suficiente energía para transportar protones hasta el espacio intermembrana. La salida de estos protones a la matriz de la mitocondria a través del canal F<sub>0</sub> de la ATP sintasa es capaz de generar energía suficiente para originar un enlace entre el ADP y P<sub>i</sub> para originar ATP.

**2.8.- En relación con el catabolismo de un ácido graso de 12 átomos de carbono:**

- a) **Indique razonadamente cuantas veces ha de repetirse el proceso de la β-oxidación para degradarlo completamente, cuántas moléculas de acetyl-CoA se forman y qué otros compuestos se generan.**
- b) **¿En qué compartimentos celulares se realiza la β-oxidación?**
- c) **¿Hacia dónde se dirigen los productos finales formados?**

- a) Como en cada vuelta de la hélice de Lynen se separan 2 carbonos del ácido graso y éste tiene 12 carbonos, se tendrá que repetir 5 veces el proceso para oxidarlo completamente. Se formarán 6 moléculas de acetyl-CoA, 5 NADH y 5 FADH<sub>2</sub>.
- b) En las células animales, este proceso tiene lugar en la matriz de la mitocondria y en los peroxisomas. En las células vegetales, solamente en los peroxisomas.
- c) Los productos finales tienen diferentes destinos:

El acetyl CoA se dirigirá al ciclo de Krebs donde se oxidará para obtener energía en forma de ATP y coenzimas reducidos: NADH y FADH<sub>2</sub>.

Los coenzimas reducidos obtenidos en la β-oxidación se utilizarán para formar ATP en la cadena respiratoria de la membrana interna de la mitocondria.

**2.9.- Conteste los siguientes puntos:**

- a) **¿Qué vía metabólica es la siguiente?:**



- b) **¿En qué compartimento celular se produce?**
- c) **Explique los posibles destinos metabólicos que puede tener el piruvato producido.**

- a) Se trata de la glucólisis.

- b) Se produce en el citoplasma celular (citosol).
- c) El piruvato puede utilizarse en los siguientes procesos catabólicos:
  - En ausencia de oxígeno es utilizado en procesos de fermentación para poder oxidar los coenzimas reducidos de la glucólisis. No se obtiene energía adicional con este proceso y origina distintos productos orgánicos, como el ácido láctico en la fermentación láctica, el etanol en la fermentación alcohólica...
  - En seres vivos que utilizan  $O_2$  y en presencia del mismo, se realiza la respiración celular. El piruvato entra en la mitocondria transformándose en acetil-CoA y mediante su oxidación en el ciclo de Krebs (matriz mitocondrial) y la oxidación de los coenzimas reducidos originados en todo el proceso en la cadena de electrones (membrana mitocondrial interna) originan  $CO_2$ ,  $H_2O$  y abundante energía.

**2.10.- En relación con el anabolismo, responda a las siguientes preguntas:**

- a) **Concepto de fotosistema.**
- b) **Estructura de los fotosistemas.**
- c) **¿Cuáles son los tipos de fotosistema, en qué se diferencian y dónde se localizan en la célula?**

- a) Un fotosistema es un complejo molecular formado por un complejo captador de luz, o antena, y el centro de reacción
- b) El complejo captador de luz contiene moléculas de pigmentos fotosintéticos (clorofila a, b y carotenoides) que sólo pueden captar energía luminosa y transmitirla de unas a otras, la llamada energía de excitación, hasta cederla finalmente al pigmento fotosintético del centro de reacción.

El centro de reacción tiene el pigmento diana que, al recibir la energía captada por los pigmentos de la antena, es capaz de transferir sus electrones a otra molécula, denominada primer aceptor de electrones, también presente en el centro de reacción, el cual los pasará a otra molécula externa.

- c) Los fotosistemas se encuentran en las membranas de los tilacoides de los vegetales superiores.

Hay dos tipos de fotosistema:

- a. Fotosistema I, PSI. Se localiza, preferentemente, en las membranas de los tilacoides no apilados en contacto con el estroma. El centro de reacción contiene dos moléculas de clorofila a, denominadas  $P_{700}$  por tener su punto de máxima absorción a una longitud de onda de 700 nm.
- b. Fotosistema II, PSII. Se localiza en los grana. Su centro de reacción contiene dos moléculas de clorofila a denominadas  $P_{680}$ , que tienen su máxima absorción a una longitud de onda de 680 nm.

**2.11.- Contesta a las siguientes preguntas referidas a la fotosíntesis:**

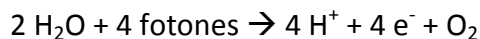
- a) ¿Qué compuesto es el aceptor del dióxido de carbono en el ciclo de Calvin?
- b) ¿Cuáles son los productos finales de las reacciones lumínicas de las plantas?
- c) ¿De dónde procede la molécula de oxígeno que se desprende en la fotosíntesis?
- d) ¿De dónde proceden los protones y electrones necesarios para la formación del NADPH en las plantas?

a) El compuesto aceptor es la ribulosa-1,5-bifosfato (RuBP), glúcido de 5 carbonos al que se une el dióxido de carbono.

b) ATP, NADPH, protones y oxígeno.

c) El fotosistema II se reduce, recibiendo electrones de la molécula de agua la cual, debido a la luz, se descompone en hidrógeno y oxígeno en el proceso conocido como fotólisis del agua.

Debido a la fotólisis del agua, según la reacción siguiente, se liberan protones y electrones, que serán utilizados en el proceso fotosintético.



d) Los electrones y protones fluyen desde el agua al  $\text{NADP}^+$ , que se reduce a NADPH, a través de diversos transportadores de electrones situados en la membrana tilacoidal.

**2.12.- Sobre el proceso de la quimiosíntesis, responda a las siguientes preguntas:**

- a) **Concepto**
- b) **Explique las diferencias entre fotosíntesis y quimiosíntesis**
- c) **Indique algún ejemplo de organismos con este tipo de metabolismo y algunas características propias de los mismos.**
- d) **Importancia biológica**

a) La quimiosíntesis es un tipo de metabolismo autótrofo, anabólico, por el que los organismos obtienen energía en forma de ATP y coenzimas reducidas en forma de NADH, a partir de la oxidación de compuestos químicos inorgánicos reducidos como son: el  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ , y  $\text{H}_2\text{S}$ . La síntesis de moléculas orgánicas la llevan a cabo a partir de la fijación de  $\text{CO}_2$  en un proceso similar al ciclo de Calvin de las plantas, donde utilizan el ATP y el NADH.

b) La diferencia entre la fotosíntesis y la quimiosíntesis se encuentra en la forma de obtención de energía. En la fotosíntesis la energía necesaria para reducir el  $\text{CO}_2$  durante el ciclo de Calvin procede de la luz, mientras que en la quimiosíntesis procede de reacciones redox, en las que se oxidan compuestos inorgánicos. La fotosíntesis en eucariotas se lleva a cabo en los cloroplastos, mientras que los procesos

quimiosintéticos son exclusivos de algunas bacterias y por lo tanto se llevan a cabo en el citoplasma de los organismos procariotas.

- c) Los organismos capaces de realizar este proceso son algunas bacterias autótrofas y aerobias. Además del oxígeno necesitan agua, dióxido de carbono y el compuesto químico que de manera específica le permita obtener la energía. Por ejemplo *Nitrosomonas* sp., *Nitrobacter* sp., cuya fuente de energía son compuestos del nitrógeno o *Thiobacillus* sp., cuya fuente de energía son compuestos del azufre.
- d) Al oxidar compuestos reducidos procedentes en muchos casos de la descomposición de la materia orgánica, dejan estos compuestos como sales minerales disponibles para su absorción por las plantas, cerrando de esta manera el ciclo de la materia.

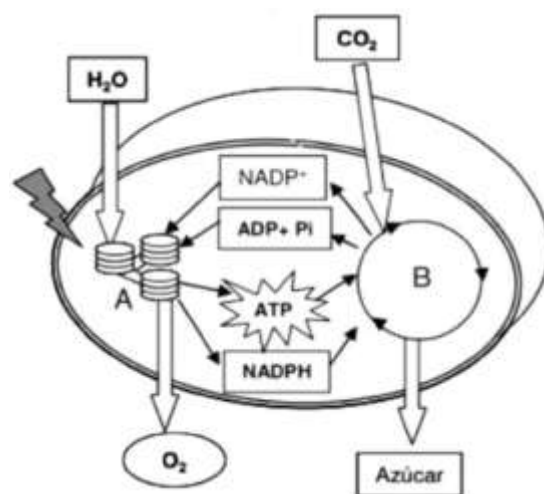
**2.13.- El esquema siguiente representa un proceso esencial en la biosfera:**

**a) Identifique de qué proceso se trata y cite el tipo de seres vivos que lo llevan a cabo.**

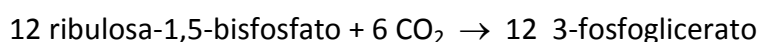
**b) ¿Cómo se denominan las dos partes del proceso (señaladas como A y B)? ¿En qué localización subcelular se realizan?**

**c) ¿Se trata de un proceso anabólico o catabólico? Razone la respuesta.**

**d) En la parte B del proceso participa una enzima, considerada la más abundante del planeta. Diga de qué enzima se trata y escriba la reacción que cataliza.**



- a) Se trata del proceso de fotosíntesis. Es llevado a cabo por los seres vivos autótrofos fotosintéticos.
- b) La parte A corresponde a la fase luminosa y se realiza en la membrana de los tilacoides. La parte B se corresponde a la fase oscura o ciclo de Calvin y se localiza en el estroma del cloroplasto.
- c) Es un proceso anabólico, ya que a partir de sustancias sencillas como el agua y CO<sub>2</sub>, con gasto de energía (ATP) y usando coenzimas reducidos (que se oxidan) origina sustancias complejas como azúcares.
- d) La enzima es la ribulosa 1,5 bisfosfato carboxilasa oxigenasa (RUBISCO). Esta enzima es la encargada de la fijación del CO<sub>2</sub> atmosférico. La reacción catalizada es la siguiente:



Esta misma enzima, cuando la concentración de dióxido de carbono es baja, también puede catalizar la unión de la ribulosa-1,5-bisfosfato al O<sub>2</sub> en el proceso conocido como fotorrespiración.



**BLOQUE 3: GENÉTICA Y EVOLUCIÓN.**

**3. 1. ¿Es posible que una mujer de grupo sanguíneo O Rh positivo (Rh+) y un hombre AB Rh negativo (Rh-) tengan un hijo de grupo sanguíneo A Rh negativo? Razona la respuesta.**

Los grupos sanguíneos son caracteres autosómicos determinados por la herencia siguiendo **las leyes de Mendel** (mendelismo complejo). En el caso del carácter **grupo sanguíneo del sistema ABO** el gen que lo determina tiene tres alelos:  $I^A$ ,  $I^B$  e  $I^O$  (también denominado i) (caso de alelismo múltiple), de los que  $I^A$  e  $I^B$  son codominantes, y dominan sobre  $I^O$ , que es recesivo.

Como cada persona tiene dos alelos, provenientes uno del padre y otro de la madre, los genotipos correspondientes a los fenotipos sanguíneos posibles (A, B, AB y O) serán:

$$A: I^A I^A \text{ o } I^A I^O (I^A i)$$

$$B: I^B I^B \text{ o } I^B I^O (I^B i)$$

$$AB: I^A I^B$$

$$O: I^O I^O (ii)$$

En el caso del grupo sanguíneo del **sistema Rh**, la regulación se debe a un gen, autosómico, con dos alelos, R y r, con relación de dominancia ( $R > r$ ). Así, los fenotipos posibles son sólo dos:

Rh+, con genotipos posibles RR y Rr

Rh-, de genotipo rr

De lo anterior se desprende que los grupos sanguíneos están regulados por dos genes distintos, uno de ellos con tres alelos y otro con dos. Por tanto, se trata de la transmisión de más de un carácter, sujeta a la tercera ley de Mendel o de la independencia de los factores hereditarios.

En el caso del problema planteado:

$$\text{Mujer: } I^O I^O R ? \text{ x Hombre: } I^A I^B rr$$

Se desconoce el genotipo de la mujer en cuando al carácter Rh+, puesto que este fenotipo puede corresponder a dos genotipos distintos: RR y Rr.

Si la mujer fuera homocigota dominante para el carácter Rh, los cruzamientos posibles darían:

Mujer	Hombre	$I^B r$	$I^B r$
$I^O R$		$I^A I^O Rr$	$I^B I^O Rr$

Por tanto, no habría posibilidad de que el hijo fuera A Rh- puesto que, para el factor Rh se manifiesta el carácter dominante (Rh+), cuyos genotipos posibles son RR y Rr.

En consecuencia, la mujer debe ser heterocigota para dicho carácter:

Mujer	Hombre	$I^A r$	$I^B r$
$I^O R$		$I^A I^O Rr$	$I^B I^O Rr$
$I^O r$		$I^A I^O rr$	$I^B I^O rr$

Se comprueba que, en este caso, sí hay posibilidad de que un hijo sea A Rh- (genotipo  $I^A I^O rr$ ).

**3.2. a) Un hombre normal ¿puede tener una madre con ceguera para los colores? ¿Y un padre con ceguera para los colores? b) Un hombre con ceguera para los colores ¿puede tener una madre normal? En cada caso, razone la respuesta.**

a) No. La ceguera para los colores o daltonismo es una enfermedad recesiva y ligada al cromosoma X. Si la madre es daltónica, quiere decir que tendrá los dos alelos recesivos en su genotipo ( $X^d X^d$ ), de forma que uno de ellos lo heredaría el hijo y, por lo tanto, este sería daltónico ( $X^d Y$ ).

Sí. El genotipo del padre sería  $X^D Y$  y la madre podría ser normal ( $X^D X^D$ ), o portadora ( $X^D X^d$ ), y en cualquier caso tener un hijo normal.

Justificación de los dos casos para tener un hijo normal  $X^D Y$

Padres:

$X^D Y$ (normal)	X	$X^d X^d$ (daltónica)
Gametos	$X^d$	$X^d$
$X^D$	$X^D X^d$	$X^D X^d$
Y	$X^d Y$	$X^d Y$

100 % de los hijos varones con daltonismo ( $X^d Y$ )

Por tanto, la madre no puede ser daltónica.

Padres:

$X^d Y$ (daltónico)	X	$X^D X^D$ (normal)
Gametos	$X^D$	$X^d$
$X^d$	$X^D X^d$	$X^d X^d$
Y	$X^D Y$	$X^d Y$

La probabilidad de tener un hijo varón sano es de un 25 % ( $X^D Y$ ).

Por tanto, aunque el padre fuera daltónico, el hijo podría ser normal.

b) Sí. En este caso, la madre tiene que ser portadora del alelo recesivo.

Padres:

$X^D Y$ (normal)	X	$X^D X^d$ (normal, portadora)
Gametos	$X^D$	$X^d$
$X^D$	$X^D X^D$	$X^D X^d$
Y	$X^D Y$	$X^d Y$

La probabilidad de tener un hijo con ceguera para los colores es de un 25 % ( $X^d Y$ )

**3.3.- La acondroplasia es una anomalía determinada por un gen que da lugar a un tipo de enanismo en la especie humana. Una pareja, ambos acondroplásicos, tienen dos hijos, uno acondroplásico y otro que no lo es. A la vista de lo anterior, diga razonadamente:**

- si la acondroplasia es un carácter dominante o recesivo,
- cuál es el genotipo de cada uno de los progenitores,
- cuáles son las probabilidades de que el próximo descendiente de la pareja no sea acondroplásico o sí lo sea.

- a) Debe ser un carácter, autosómico, dominante; si fuera un carácter recesivo, los dos padres tendrían que ser homocigotos para el gen que determina la acondroplasia y no podrían haber tenido un hijo no acondroplásico.
- b) Si una pareja, ambos acondroplásicos, han tenido un hijo sin esa anomalía (por tanto homocigoto recesivo), ambos deben ser heterocigotos para el carácter de la acondroplasia (Aa).
- c) Dado que los padres son heterocigotos para el carácter, el cruzamiento, aplicando la segunda ley de Mendel, será:

Aa x Aa

Gametos	A	a
A	AA	Aa
a	Aa	aa

Para no ser acondroplásico se debe ser aa. Por tanto: 25% de probabilidades.

75% de probabilidades de que el próximo hijo sea acondroplásico.

**3.4.- Las plumas de color marrón para una raza de gallinas están determinadas por el alelo B, dominante sobre b, que determina el color rojo. El alelo S de otro gen determina la cresta lisa, y domina sobre s, recesivo, que determina la cresta arrugada. ¿Cuáles serán las proporciones fenotípicas y genotípicas resultantes del cruce Bbss x BbSs? Razone la respuesta.**

Según la tercera ley de Mendel, en la herencia de más de un carácter, cada par de alelos se transmite de forma independiente, sin relación con los otros. Los gametos tendrán tantos alelos como caracteres a transmitir. En el caso del enunciado, cada gameto tendrá dos alelos (uno por carácter), que podrán combinarse del siguiente modo:

Gametos	BS	Bs	bS	bs
Bs	BBSs	BBss	BbSs	Bbss
bs	BbSs	Bbss	bbSs	bbss

El cruce correspondiente dará los siguientes genotipos y proporciones:

BBSs – plumaje marrón, cresta lisa: 1/8	Bbss – plumaje marrón, cresta arrugada: 2/8
BBss – plumaje marrón, cresta arrugada: 1/8	bbSs – plumaje rojo, cresta lisa: 1/8
BbSs – plumaje marrón, cresta lisa: 2/8	bbss – plumaje rojo, cresta arrugada: 1/8

En consecuencia, los fenotipos que se presentarán y sus proporciones (y %) serán:

Plumaje marrón, cresta lisa:  $\frac{3}{8}$  (37,5%)

Plumaje marrón, cresta arrugada:  $\frac{3}{8}$  (37,5%)

Plumaje rojo, cresta lisa:  $\frac{1}{8}$  (12,5%)

Plumaje rojo, cresta arrugada:  $\frac{1}{8}$  (12,5%)

**3.5.- Una mujer lleva en uno de sus cromosomas X un alelo letal recesivo y, en el otro, el alelo dominante normal. ¿Cuál será la proporción de sexos en la descendencia de esta mujer si tiene hijos con un hombre que no porta el gen letal?**

Se trata de un carácter ligado al sexo, en este caso al cromosoma sexual X.

Según el enunciado:  $X^L$ : gen letal;  $X^l$ : gen normal;  $X^L > X^l$

El cruzamiento, según el enunciado, será:  $X^L X^l \times X^L Y$

Gametos	$X^L$	Y
$X^L$	$X^L X^L$	$X^L Y$
$X^l$	$X^L X^l$	$X^l Y$

De las cuatro posibilidades,  $X^l Y$  no es viable dado que el alelo  $X^l$  es letal.

Así, esta mujer podría tener una descendencia viable formada por  $\frac{2}{3}$  de mujeres y  $\frac{1}{3}$  de hombres.

De las mujeres,  $\frac{1}{3}$  será normal y  $\frac{1}{3}$  será portadora del alelo letal

**3.6.- Defina los siguientes conceptos:**

- a) Agente mutagénico
- b) Mutación génica
- c) Mutación cromosómica
- d) Mutación genómica

- a) Agente (físico, químico o biológico) que desencadena una mutación inducida, esto es, agente que puede afectar a la estructura del ADN.

- b) Mutación en sentido estricto. Alteración en la secuencia de nucleótidos de un gen determinado / Alteración en la secuencia del ADN que afecta, por lo general, a un único par de bases, o a unas pocas, y se pueden transmitir, por herencia, a todos los descendientes, en el caso de afectar a las células germinales.
- c) Mutación que afecta al número y la disposición de las secuencias génicas normales de un cromosoma (pero no a la secuencia de nucleótidos de un gen).
- d) Mutación que altera, aumentando o disminuyendo, el número de cromosomas característico de la especie.

**3.7.- En relación con la expresión de la información genética:**

- a) **Cite y defina los dos procesos que tienen lugar en la expresión de la información genética.**
- b) **¿Dónde tienen lugar los procesos anteriores en células procariotas y eucariotas?**
  - a) Transcripción. Síntesis de ARN<sub>m</sub>. Es la primera fase de la expresión génica, durante la cual se transfiere la información del ADN a una molécula de ARN.  
Traducción. Síntesis de proteínas. Etapa en la que se descodifica el mensaje genético que contiene el ARN<sub>m</sub> para que se sintetice una cadena peptídica (proteína).
  - b) Transcripción: en el citoplasma celular (procariotas) y en el núcleo celular (eucariotas).  
Traducción: en los ribosomas, en el citoplasma de procariotas y en el citosol y el RER de eucariotas.

**3.8. Explique a qué tipo de prueba corresponde cada una de las siguientes frases y de qué manera confirman la evolución.**

- a) **Un estudio comparado de las reacciones de aglutinación de la sangre en los diferentes organismos.**
  - b) **La ontogenia es una corta recapitulación de la filogenia.**
  - c) **Cuanto más alejados estén dos lugares, más diferencias habrá entre sus especies.**
  - d) **Se utilizan, sobre todo, secuencias de ADN mitocondrial, del cromosoma Y y de ARN ribosómico.**
  - e) **Se basan en la comparación de estructuras y su origen embrionario.**
- a) Pruebas bioquímicas. Las pruebas bioquímicas de tipo serológico permiten comparar una misma proteína en varias especies y tienen como principio fundamental la formación de un sedimento cuantificable, producto de la reacción entre antígenos y anticuerpos de distintos organismos. Cuanto mayor es el porcentaje de aglutinación (cantidad de precipitado),

mayor similitud hay entre las proteínas de los distintos organismos comparados, midiéndose así el grado de parentesco evolutivo.

- b) Pruebas embriológicas. Los estudios embriológicos ponen de manifiesto que los organismos emparentados evolutivamente presentan similitudes durante algunas etapas de su desarrollo embrionario. Las similitudes en el embrión persisten durante más tiempo cuando el parentesco evolutivo es más cercano. Estos patrones de semejanza muestran que han sido heredados de un antepasado común y dichos patrones se van modificando a medida que los descendientes evolucionan en distintas direcciones; sin embargo, algunos aspectos se mantienen incluso cuando han perdido toda utilidad.
- c) Pruebas biogeográficas. Se basa en el estudio de la distribución geográfica de las especies animales y vegetales más o menos parecidas, emparentadas, que habitan lugares relacionados entre sí por su proximidad, situación o características. Cuando los organismos viven juntos, evolucionan del mismo modo, pero cuando algunas poblaciones quedan aisladas, evolucionan de distinta forma hacia especies diferentes. Por tanto, cuanto más alejadas o aisladas están dos zonas, más diferencias presentan su flora y su fauna.
- d) Pruebas bioquímicas por comparación de secuencias de nucleótidos. Una de las primeras técnicas moleculares utilizada para calcular la distancia evolutiva entre las especies fue la hibridación de ADN, que consiste en inducir la unión de dos secuencias de ADN de fuentes distintas, es decir, las especies que se quieren analizar, para obtener una doble cadena híbrida. Las bases se aparean y el porcentaje de los pares de nucleótidos que difieran en esta unión indicará lo estrecha que es la relación entre ambas especies.
- e) Pruebas de anatomía y morfología comparadas. La anatomía y la morfología comparadas hacen un análisis de las similitudes que pudieran encontrarse entre las estructuras de los organismos y, según estas, concluir si dos especies han compartido un antepasado común.

### 3.9.- ¿Cuál es la unidad de evolución para el darwinismo? ¿Y para el neodarwinismo? Razone la respuesta.

Para el darwinismo, la unidad de evolución es el individuo. En todas las poblaciones de seres vivos existen variaciones entre los individuos. Aquellos que presentan variaciones que les permiten sobrevivir mejor en un determinado ambiente, se ven favorecidos en comparación con los que están mal adaptados (la llamada **selección natural**). Estos individuos son los que, al reproducirse, dan origen a la siguiente generación, habiendo transmitido a los descendientes aquellas variaciones más favorables.

Para el neodarwinismo, la unidad de evolución es la población a la que pertenecen los individuos. Cada población tiene un fondo o **acervo genético** compuesto por todos los alelos de todos los individuos de esa población. Para que haya evolución, deben aparecer variaciones heredables entre los individuos de una población, lo que implica variabilidad genética. Esta variabilidad genética es consecuencia de una serie de factores que afectan al equilibrio génico de las poblaciones, como: selección natural, mutación y recombinación, deriva genética, migraciones y

aislamiento reproductivo o genético. Estos factores inducen cambios de las frecuencias génicas y genotípicas de determinados alelos de generación en generación y por tanto modificaciones en la composición génica de las poblaciones.

**3.10.- Si dos grupos procedentes de una misma población se localizan en dos islas con las mismas condiciones ambientales, ¿se diferenciarán en especies distintas pasado un tiempo? Razone la respuesta.**

Sí podrán diferenciarse en especies distintas puesto que ambas poblaciones están sometidas a **aislamiento reproductivo o genético**. Este factor implica un proceso de especiación, ya que produce divergencia en las poblaciones aisladas. Tras el aislamiento de una población, los cambios debidos a las nuevas mutaciones se van acumulando, y las diferencias con la otra población son cada vez mayores. Se pueden dar distintos tipos de barreras dependiendo del tipo de aislamiento. En el aislamiento precigótico, se dan, por ejemplo, las barreras que evitan el apareamiento de las especies por ocupar éstas distintos hábitats, por cambios en la conducta o rituales de cortejo, o por incompatibilidad de los genitales en la cópula. En el aislamiento postcigótico, el cigoto híbrido formado puede ser no viable o si se desarrolla y sobreviven, los híbridos pueden no ser fértiles, como el caso del mulo, o mula, resultado del cruce entre un caballo o yegua y un asno o burra.

**3.11.- ¿Es la selección natural el único mecanismo de la evolución? Razone la respuesta.**

No. En el caso de la selección natural, es el ambiente el que selecciona los individuos con una combinación genética con mayor capacidad de adaptación. Pero, además de la selección natural, los factores que desencadenan desequilibrios en las poblaciones y, por tanto, los principales responsables del cambio evolutivo son las mutaciones, las migraciones, la deriva genética y el aislamiento genético.

Las **mutaciones** introducen nuevas variaciones genéticas y son la causa principal de la variabilidad genética. En relación con ello, el **entrecruzamiento y recombinación genética**, que se produce en la formación de gametos que tiene lugar durante la meiosis, favorece la aparición de nuevas asociaciones de alelos y mezcla de genes paternos y maternos lo que, junto con la aleatoriedad en la unión de gametos favorece la variabilidad genética.

Las **migraciones o flujo genético** inducen mayor variabilidad en las poblaciones ya que supone la entrada de nuevos alelos en una población dada. Por su parte, la **deriva genética**, esto es, las fluctuaciones aleatorias de las frecuencias alélicas que tienen lugar generación tras generación, disminuye la variabilidad genética en una población y es importante en poblaciones pequeñas, originando los procesos conocidos como el **efecto fundador** y el **efecto cuello de botella**. El primer caso se da cuando ciertos individuos de una misma población se aíslan de la población original reproduciéndose y transmitiendo sus alelos, con lo que las frecuencias génicas del nuevo grupo



pueden no ser representativas del acervo genético del grupo original. El efecto de cuello de botella se origina cuando un acontecimiento ambiental provoca una reducción de la población original, presentando los individuos que sobreviven diferentes frecuencias alélicas respecto a la población original. El **aislamiento genético** implica un proceso de especiación, ya que produce divergencia en las poblaciones aisladas.

**3.12.- Razone si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas.**

- a) **Según las células afectadas, las mutaciones se clasifican en dos grupos, las germinales y las somáticas, ambas con un papel importante en la evolución, ya que son heredables.**
- b) **Las mutaciones en las que se elimina o en las que se adiciona un nucleótido en el ADN provocan un corrimiento en la pauta de lectura.**
- c) **Según Darwin, la unidad evolutiva es el individuo, afirmación que años más tarde fue ratificada por la teoría neodarwinista.**
- d) **La caza abusiva de elefantes marinos del norte redujo su población a 20 ejemplares. En 1884 se prohibió su caza, y la población aumentó hasta los 30.000 ejemplares. Según la evolución, a la formación de una nueva población de individuos a partir de un número reducido de éstos se le llama efecto fundador.**

- a) Falsa. Las mutaciones que afectan a las células somáticas no son heredables. Las únicas que se transmiten a la descendencia son las que afectan a las células germinales, esto es, a los gametos.
- b) Verdadera. Al eliminarse o adicionarse un nucleótido, a partir de ese punto, el orden de lectura de los tripletes estará corrido; los tripletes siguientes estarán alterados; el mensaje codificado será, por tanto, diferente.
- c) Falsa. La teoría neodarwinista considera como unidad evolutiva la población a la que pertenecen los individuos.
- d) Falsa. Se trata del efecto cuello de botella, un caso especial de deriva genética que se da en poblaciones en que, por causas diversas, en este caso una sobrecaza, hay reducciones drásticas del número de individuos y, por lo tanto, hay una gran deriva genética. El efecto fundador se produce cuando unos pocos individuos se separan de la población inicial y ellos solos dan lugar a una nueva población.



## **BLOQUE 4: EL MUNDO DE LOS MICROORGANISMOS Y SUS APLICACIONES. BIOTECNOLOGÍA**

### **4.1.- Diferencie entre virión y viroide. ¿Qué es un prion?**

Tanto viriones como viroides son formas acelulares de pequeño tamaño y gran simplicidad, que causan enfermedades a los seres vivos que invaden, es decir, son parásitos estrictos.

Los viriones son partículas víricas morfológicamente completas en fase extracelular, formados por un ácido nucleico (ARN o ADN, nunca ambos) en forma monocatenaria o bicatenaria, rodeado de una cubierta de proteínas que constituyen la nucleocápsida (algunos presentan, además, una envoltura de lipoproteína). Los viroides, sin embargo, están formados por pequeñas moléculas circulares de ARN monocatenario desnudo, con actividad ribozima y sin cápsida.

Al encontrarse fuera de la célula, los viriones son metabólicamente inertes, por lo que no requieren sintetizar proteínas ni utilizan energía. Los viroides también tienen un ciclo extracelular que se caracteriza por la inactividad metabólica y un ciclo intracelular en el que causan infección al huésped. Sin embargo, los viroides no contienen genes, es decir, no codifican ningún polipéptido.

Por último, los viroides solo infectan a plantas (como el cadang-cadang en el coco), mientras que los viriones pueden infectar a plantas, animales y bacterias (como el virus del mosaico del tabaco, el VIH o el bacteriófago T4).

Un prion, o proteína infecciosa, es una partícula de glucoproteínas que posee un incorrecto plegamiento de su estructura terciaria por la alteración en su estructura secundaria; posee regiones que deberían tener estructura en  $\alpha$ -hélice y, sin embargo, presentan estructura  $\beta$ -laminar. Esta alteración puede deberse a una mutación génica en su secuencia, que provoca un cambio en la estructura terciaria, convirtiéndola en patógena. Se sitúa en la membrana de las neuronas. Cuando la proteína patógena entra en contacto con la normal, induce cambios en su plegamiento y la transforma en patógena (efecto en cascada), lo que hace que se multiplique en las células, provocando la enfermedad aun sin la ayuda de ácidos nucleicos.

El caso más conocido es el prion causante de la enfermedad de Creutzfeldt-Jacob o encefalopatía espongiforme.

### **4.2.- En relación con los ciclos geoquímicos, conteste las siguientes cuestiones:**

- a) **¿Qué se entiende por ciclo geoquímico?**
- b) **Explica la importancia de los microorganismos para la incorporación de nitrógeno en las moléculas orgánicas.**
- c) **¿Qué función desempeñan las bacterias metanogénicas en el ciclo del carbono?**

- a) Un ciclo geoquímico describe el recorrido que sigue un elemento al circular desde las capas superficiales de la Tierra hasta la biosfera y viceversa. La circulación es el movimiento de carbono, oxígeno, nitrógeno, fósforo, azufre y otros elementos que, de forma permanente, conectan los componentes bióticos y abióticos de la Tierra.
- b) El nitrógeno es un componente esencial de proteínas y ácidos nucleicos. El nitrógeno gaseoso (N<sub>2</sub>) es el principal componente de la atmósfera y constituye el 78% del aire pero, a pesar de su abundancia, es un gas inerte. Solo ciertas bacterias fotosintéticas del género *Rhizobium* (asociadas a raíces de leguminosas), *Azotobacter* y algunas cianobacterias que viven el suelo pueden absorber directamente el N<sub>2</sub> atmosférico y reducirlo a NH<sub>4</sub><sup>+</sup> para formar grupos amino de los aminoácidos. Gracias a ellas, los demás organismos autótrofos pueden disponer de sales disueltas en el agua, en forma de nitratos, nitritos o ión amonio. La transformación de ión amonio a nitritos (nitrosificación), de nitritos a nitratos (nitrificación) o de compuestos orgánicos a amonio (amonificación) requiere la participación de bacterias aerobias.
- c) En condiciones aerobias, las bacterias metanogénicas oxidan el metano para producir CO<sub>2</sub>. Dicho gas podrá ser utilizado para la síntesis de compuestos orgánicos por parte de los organismos autótrofos.

En ausencia de oxígeno, tanto las bacterias metanogénicas como las arqueobacterias del mismo nombre, son capaces de oxidar el CO<sub>2</sub> hasta metano.

#### 4.3.- En relación con la biotecnología:

- a) **Defina el concepto de biotecnología.**
  - b) **Mencione un microorganismo utilizado en la industria alimentaria y explique brevemente el proceso en que participa.**
- a) Conjunto de técnicas que utilizan las potencialidades de los organismos vivos o de compuestos procedentes de ellos para la obtención de productos, bienes y servicios / Utilización de organismos vivos o sus componentes en la obtención de productos útiles para las personas.
- b) *Saccharomyces cerevisiae*: en la fabricación de pan. Es una levadura. Produce la fermentación alcohólica del almidón de la harina, con liberación de CO<sub>2</sub>, que queda en la masa formando burbujas, cuyo resultado es la miga (textura esponjosa).
- Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*. Bacterias implicadas en la fabricación del yogur. Se produce fermentación láctica. Se fermenta la lactosa, en ambiente anaerobio, con producción de ácido láctico.

#### 4.4. En relación con la diversidad microbiana:

- a. Mencione tres microorganismos pertenecientes a distintos reinos, señalando en cada caso el reino al que pertenecen.
- b. Diga si cada uno de los microorganismos mencionados en el apartado anterior tiene o no organización celular y de qué tipo es.
- c. Cite tres enfermedades infecciosas humanas producidas por microorganismos, indicando el organismo patógeno correspondiente
- d. Enumere tres microorganismos beneficiosos para el ser humano o para el medio ambiente y sus posibles efectos

- a. *Saccharomyces cerevisiae*: reino hongos. *Escherichia coli*: reino Monera. *Trypanosoma brucei*: reino Protoctistas.
- b. Los tres tienen organización celular. *Saccharomyces* y *Trypanosoma* son células eucarióticas, y *Escherichia coli* tiene organización procariótica.
- c. Salmonelosis, causada por bacterias del género *Salmonella* sp., el pie de atleta, causada por hongos de los géneros *Trichophyton* y *Microsporum* y la enfermedad del sueño, causada por el protozoo *Trypanosoma brucei*.
- d. *Saccharomyces cerevisiae* produce fermentación alcohólica y es utilizada en la fabricación de la cerveza. Las bacterias simbiotes del colon humano ayudan a la síntesis de algunas vitaminas (K). Los hongos del género *Penicillium* fabrican antibióticos.

#### 4.5.- Descripción de los ciclos lítico y lisogénico de un bacteriófago.

El ciclo vírico (ciclo vital o ciclo infeccioso de un virus) es el conjunto de acontecimientos que tienen lugar desde la incorporación del virus a la célula hasta la salida fuera de la célula de los nuevos virus formados, cuya finalidad es la multiplicación del virus. Los detalles de cada etapa del virus difieren mucho de unos tipos de virus a otros, pero se puede dividir en las siguientes fases o etapas:

- **Adsorción:** se establece el contacto fortuito entre la cápsida o envoltura del virión y la superficie de la célula mediante receptores específicos de ambos. Esto hace que cada virus infecte un tipo celular específico (por ejemplo el de la polio ataca a neuronas, el del sida a ciertos linfocitos, el de la hepatitis a las células hepáticas del hígado...).
- **Penetración:** se introduce, en el citoplasma celular, el virus completo o sólo su ácido nucleico y algunas proteínas acompañantes. En el caso de los bacteriófagos, solo penetra el ácido nucleico viral por inyección, quedando la cápsida en el exterior.
- **Eclipse/Multiplicación:** el virus desaparece como tal entidad y difícilmente puede ser observado al microscopio electrónico al haber perdido las envueltas e integrarse en el

metabolismo de la célula, sacando copias de su genoma y dirigiendo la síntesis de nuevas proteínas víricas, deteniendo el metabolismo bacteriano.

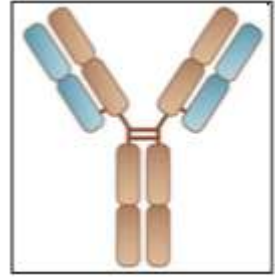
- **Ensamblaje o maduración:** consiste en la reunión de las copias del ácido nucleico del virus con las proteínas víricas.
- **Liberación:** en la que los nuevos virus salen de la célula por rotura o lisis de la célula debida a la acción de determinadas enzimas (endolisinas) o por gemación.

El ciclo vírico puede ser de 2 tipos:

- **El ciclo lítico:** recibe este nombre porque termina con la desorganización celular y, en muchos casos, literalmente con la lisis o rotura de la célula. Es el más extendido y se corresponde con el que se acaba de describir como modelo general.
- **El ciclo lisogénico:** se produce cuando el genoma vírico, en lugar de formar nuevos virus, se integra en el ADN celular, recibiendo el nombre de **provirus** o virus atenuado. Así puede permanecer sin expresarse, replicándose su genoma al mismo tiempo que el de la célula durante un período (todas las células que se formen portarán el ADN del virus), hasta que un factor externo le hace “despertar” y activa el ciclo lítico.

## **BLOQUE 5: LA AUTODEFENSA DE LOS ORGANISMOS. LA INMUNOLOGÍA Y SUS APLICACIONES.**

**5.1. El esquema representa una de las moléculas más importantes de la respuesta inmune. a) Nombre la molécula indicando su estructura y función. b) Indique qué células del cuerpo producen esta moléculas y de qué tipo celular proceden.**



- a) La molécula representada recibe el nombre de anticuerpo o inmunoglobulina, que son heteroproteínas globulares presentes en el plasma sanguíneo y que se fabrican como respuesta inmunitaria a un antígeno determinado.

En la figura vemos la unidad básica que se encuentra formada por dos cadenas ligeras (L) y dos pesadas (H) unidas por enlaces disulfuro formando una Y. Los brazos de la Y están formados por las dos cadenas ligeras y la mitad de la pesada. La región que une el tallo y los brazos de la Y se llama bisagra y permite dar flexibilidad a la molécula. El tallo de la Y está formado por la mitad de las cadenas pesadas.

La parte N-terminal de las cadenas (que se corresponde con la mitad de la ligera o con un cuarto de la pesada) constituye la región variable, donde se localiza el paratopo al que se une el epítopo del antígeno de modo específico. El resto de la molécula no varía y sirve como reconocimiento para células del sistema inmune.

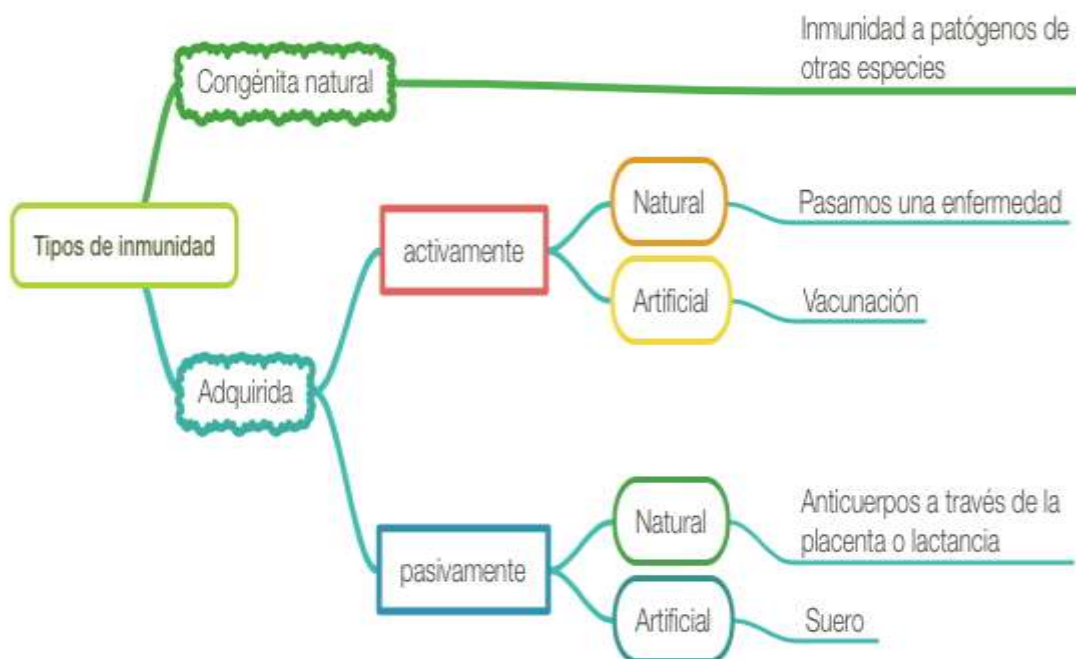
La función es la unión específica al antígeno que desencadenó su formación por parte del sistema inmune para conseguir la destrucción del mismo por diversas vías.

- b) Los anticuerpos son producidos por células plasmáticas. Estas células plasmáticas se han formado a partir de los linfocitos B. Los linfocitos B al reconocer con sus receptores BCR los antígenos de un patógeno, los capturan por endocitosis, los digieren en los lisosomas y los presentan en su membrana unidos al complejo de histocompatibilidad mayor de tipo II a los linfocitos TH-2, los cuales hacen que este linfocito B se transforme en una célula plasmática y empiece a fabricar anticuerpos específicos contra ese antígeno.

**5.2.- Cite los tipos de inmunidad que conozca y ponga algún ejemplo de cada uno de ellos.**

- a) Inmunidad natural. Los individuos son inmunes a microorganismos que pueden causar enfermedades en otras especies. Por ejemplo, la especie humana es inmune al virus del moquillo de los perros.
- b) Inmunidad adquirida. Es aquella que se desarrolla al tener contacto con el patógeno. Puede ser adquirida de dos formas:
- Activa. El sistema inmune la desarrolla al entrar contacto con el patógeno. Puede adquirirse de dos formas:

- i. Natural. Se adquiere al pasar la enfermedad, desarrollando linfocitos de memoria contra el antígeno. Va a prevenir de futuras enfermedades. Por ejemplo, el organismo se inmuniza al pasar la varicela.
  - ii. Artificial. Se adquiere al tener contacto con un antígeno que se introduce en el cuerpo de modo artificial. En ello se basa la vacunación y también se desarrollan linfocitos de memoria contra el antígeno. Va a prevenir de futuras enfermedades. Por ejemplo, la vacuna contra la toxina tetánica.
- b. Pasiva. El organismo recibe anticuerpos ya fabricados contra un antígeno determinado. No va a desarrollar células de memoria, por lo que una vez que desaparece del organismo no protege frente a futuras enfermedades. Se adquiere de las siguientes formas:
- i. Natural. Por ejemplo, durante el embarazo, el feto recibe anticuerpos de la madre a través del cordón umbilical. Por otro lado, mediante la lactancia, la leche materna proporciona inmunidad mediante los anticuerpos que contiene, mientras que el lactante desarrolla su sistema inmune.
  - ii. Artificial. Se inyectan anticuerpos fabricados por otros organismos contra un antígeno determinado. Son los llamados sueros, que curan enfermedades graves, pero su efecto es temporal y por tanto no van a inmunizar al individuo frente a futuras infecciones por este antígeno. Por ejemplo, el suero antirrábico, que se suministra a una persona cuando es mordida por un perro del que no tenemos datos sobre su situación sanitaria.





### **5.3.- En relación con los mecanismos de defensa orgánica, ¿cuáles son las diferencias entre las defensas específicas y las no específicas?**

Las defensas inespecíficas o innatas (de nacimiento) están presentes en casi todos los seres vivos y defienden al organismo contra todo tipo de invasiones de manera inmediata, mientras que las defensas específicas adaptativas sólo pueden adquirirse después de tener contacto con el antígeno, están presentes únicamente en vertebrados y actúan específicamente contra cada patógeno o sustancia extraña concreta. No actúan de manera inmediata, sino pasados unos días.

Las defensas inespecíficas suponen la primera y la segunda barreras defensivas. La primera se puede clasificar en barreras físicas (los epitelios y las mucosas), químicas (las secreciones) o biológicas (la flora microbiana). La segunda está constituida por células de la serie blanca (neutrófilos, eosinófilos y basófilos, células *natural Killer* (NK), monocitos, macrófagos y células dendríticas y células cebadas) y moléculas solubles que corresponden a la llamada defensa humoral inespecífica (complemento e interferón). Sin embargo, las defensas específicas están constituidas por mecanismos defensivos de tipo celular (linfocitos T y linfocitos B) y de tipo humoral (anticuerpos). Gracias a ellas, el sistema inmunitario adapta su respuesta durante la infección para mejorar el reconocimiento del agente patógeno y genera memoria inmunológica, lo que permite que el sistema inmune adaptativo desencadene ataques más rápidos y más fuertes si este tipo de patógeno es detectado nuevamente. Las defensas inespecíficas no generan memoria inmunológica.

### **5.4.- Los linfocitos T son células indispensables para un buen funcionamiento del sistema inmune:**

**a) Indique dónde se produce su célula precursora y en qué lugar del organismo se diferencian para poder cumplir su misión.**

**b) Cite el tipo de inmunidad en el que actúan y dos estructuras a las que destruyan.**

- a) Los linfocitos son un tipo de leucocitos agranulocitos que provienen de las células madre hematopoyéticas, o hemocitoblastos, localizadas en la médula ósea roja de los huesos y en el hígado fetal, a partir de las que se originan las células de la sangre. En los mamíferos, la médula roja ósea se localiza en las epífisis de los huesos largos, como el fémur, y en los intersticios de los huesos esponjosos, como el esternón, las vértebras o la pelvis.

Posteriormente, los linfocitos experimentan un proceso de diferenciación celular o linfopoyesis en los órganos linfoides primarios. En concreto, los linfocitos T maduran en el timo y, de ahí, pasan a los órganos linfoides secundarios (como los ganglios linfáticos, las amígdalas o las placas de Peyer), donde se almacenan, interaccionan y se ponen en contacto por primera vez con el antígeno, que es mostrado por las células presentadoras de antígenos (CPA), desencadenando la respuesta inmunitaria adaptativa celular, que conduce a la producción de células citotóxicas.

- b) Son los responsables de la respuesta inmune celular.

Los linfocitos T interactúan con otras células eucariotas, especialmente las del propio organismo. Se conocen tres tipos: linfocitos T colaboradores (Th CD4+), linfocitos T supresores (Ts) y linfocitos T citotóxicos (Tc CD8+). Los dos primeros son los principales reguladores del sistema inmunitario, mientras que los linfocitos T citotóxicos destruyen células eucariotas extrañas, lo que provoca el rechazo en los trasplantes, y las del propio organismo, si se encuentran infectadas por virus, microorganismos o en proceso de tumoración (células cancerosas). Estas células presentan los antígenos en su complejo MHC-I que es reconocido por los receptores CD8 de los linfocitos Tc.

**5.5.- Defina brevemente los siguientes conceptos:**

**a) Respuesta inmune.**

**b) Inmunidad humoral.**

**c) Inmunidad celular.**

a) Proceso global y coordinado que se desarrolla frente a la presencia de sustancias extrañas (antígenos) y protege al organismo mediante una estrategia de barreras sucesivas.

Otra manera de definirla puede ser: Conjunto de mecanismos que el organismo desarrolla para producir anticuerpos o células capaces de destruir específicamente un antígeno.

b) Respuesta inmunitaria adaptativa mediada por anticuerpos, que son proteínas específicas que actúan contra los antígenos y son liberadas por las células plasmáticas (linfocitos B activados). En esta acción coopera el sistema del complemento.

También puede definirse como: Conjunto de mecanismos inmunitarios en los que intervienen anticuerpos específicos fabricados contra antígenos. Los linfocitos B son los responsables de sintetizar los anticuerpos.

c) Respuesta inmunitaria adaptativa específica mediada por células, los linfocitos T, que destruyen los microorganismos portadores del antígeno e, incluso, las células propias en el caso de estar infectadas por dichos microorganismos o células tumorales.

# REFERENCIAS



## REFERENCIAS

- Alcamí Pertejo J, Bastero Monserrat JJ, Fernández Ruiz B, Gómez de Salazar JM, Méndez García MJ & Slöcker J., 2009. *Biología. 2 Bachillerato*. Ed. SM.
- Audesirk T, Audesirk G & Byers BE. 2013. *Biología: Ciencia y Naturaleza*. Ed. Pearson Prentice Hall.
- Ortuño Tomás AM (ed.). 2012. *Guía para los exámenes de Biología: Pruebas de acceso a la Universidad*. Editum. Ediciones de la Universidad de Murcia.
- Panadero Cuartero JE (coord.). 2016. *Biología. Bachillerato 2*. Ed. Bruño.
- Regueiro JR & López Larrea C. 1997. *Inmunología. Biología y patología del sistema inmune*. 2ª edición. Ed. Panamericana.