



**Mi Universidad**

**LIBRO**

*Biología Contemporánea*

*Bachillerato en Enfermería*

*6° Cuatrimestre*

***FEBRERO – JULIO***

---

## Marco Estratégico de Referencia

---

### Antecedentes históricos

Nuestra Universidad tiene sus antecedentes de formación en el año de 1979 con el inicio de actividades de la normal de educadoras “Edgar Robledo Santiago”, que en su momento marcó un nuevo rumbo para la educación de Comitán y del estado de Chiapas. Nuestra escuela fue fundada por el Profesor Manuel Albores Salazar con la idea de traer educación a Comitán, ya que esto representaba una forma de apoyar a muchas familias de la región para que siguieran estudiando.

En el año 1984 inicia actividades el CBTiS Moctezuma Ilhuicamina, que fue el primer bachillerato tecnológico particular del estado de Chiapas, manteniendo con esto la visión en grande de traer educación a nuestro municipio, esta institución fue creada para que la gente que trabajaba por la mañana tuviera la opción de estudiar por las tardes.

La Maestra Martha Ruth Alcázar Mellanes es la madre de los tres integrantes de la familia Albores Alcázar que se fueron integrando poco a poco a la escuela formada por su padre, el Profesor Manuel Albores Salazar; Víctor Manuel Albores Alcázar en julio de 1996 como chofer de transporte escolar, Karla Fabiola Albores Alcázar se integró en la docencia en 1998, Martha Patricia Albores Alcázar en el departamento de cobranza en 1999.

En el año 2002, Víctor Manuel Albores Alcázar formó el Grupo Educativo Albores Alcázar S.C. para darle un nuevo rumbo y sentido empresarial al negocio familiar y en el año 2004 funda la Universidad Del Sureste.

La formación de nuestra Universidad se da principalmente porque en Comitán y en toda la región no existía una verdadera oferta Educativa, por lo que se veía urgente la creación de una institución de Educación superior, pero que estuviera a la altura de las exigencias de los

jóvenes que tenían intención de seguir estudiando o de los profesionistas para seguir preparándose a través de estudios de posgrado.

Nuestra Universidad inició sus actividades el 18 de agosto del 2004 en las instalaciones de la 4ª avenida oriente sur no. 24, con la licenciatura en Puericultura, contando con dos grupos de cuarenta alumnos cada uno. En el año 2005 nos trasladamos a nuestras propias instalaciones en la carretera Comitán – Tzimol km. 57 donde actualmente se encuentra el campus Comitán y el corporativo UDS, este último, es el encargado de estandarizar y controlar todos los procesos operativos y educativos de los diferentes campus, así como de crear los diferentes planes estratégicos de expansión de la marca.

## **Misión**

Satisfacer la necesidad de Educación que promueva el espíritu emprendedor, aplicando altos estándares de calidad académica, que propicien el desarrollo de nuestros alumnos, Profesores, colaboradores y la sociedad, a través de la incorporación de tecnologías en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

## **Visión**

Ser la mejor oferta académica en cada región de influencia, y a través de nuestra plataforma virtual tener una cobertura global, con un crecimiento sostenible y las ofertas académicas innovadoras con pertinencia para la sociedad.

## Valores

- Disciplina
- Honestidad
- Equidad
- Libertad

## Escudo



El escudo del Grupo Educativo Albores Alcázar S.C. está constituido por tres líneas curvas que nacen de izquierda a derecha formando los escalones al éxito. En la parte superior está situado un cuadro motivo de la abstracción de la forma de un libro abierto.

## Eslogan

“Mi Universidad”

## ALBORES



Es nuestra mascota, un Jaguar. Su piel es negra y se distingue por ser líder, trabaja en equipo y obtiene lo que desea. El ímpetu, extremo valor y fortaleza son los rasgos que distinguen.

---

## Biología Contemporánea

---

### Objetivo de la materia:

Fortalecer la formación propedéutica a través de un estudio más profundo del sistema celular, basado en el conocimiento de las teorías científicas contemporáneas para construir una red conceptual mediante la cual vincule los procesos: bioquímicos , fisiológicos y evolutivos, que comprendan la complejidad de dicho sistema, las implicaciones resultantes de ese conocimiento en el desarrollo biotecnológico, así como las normas, disposiciones o acuerdos que regulan su accionar en un marco bioético.

### Criterios de evaluación:

No	Concepto	Porcentaje
1	Trabajos Escritos	10%
2	Actividades web escolar	20%
3	Actividades Áulicas	20%
4	Examen	50%
<b>Total de Criterios de evaluación</b>		<b>100%</b>

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	10
<b>UNIDAD I</b>	
<b>NIVEL CELULAR</b>	
1.1. Célula procariota: generalidades y origen.....	12
1.1.1 Anatomía y morfología.....	14
1.1.2 Descripción y clasificación taxonómica.....	16
1.1.3 Origen evolutivo.....	18
1.2 Célula eucariota.....	23
1.2.1 Estructura y función.....	23
1.2.2 Descripción y clasificación taxonómica.....	29
1.3 Diferenciación entre ambos tipos de células en función de su nivel evolutivo.....	30
<b>UNIDAD II</b>	
<b>NIVEL BIOQUÍMICO</b>	
2.1. Bioelementos.....	34
2.1.1 Bioelementos primarios.....	35
2.1.2 Bioelementos secundarios.....	36
2.1.3 Importancia de los Bioelementos en las funciones orgánicas.....	37
2.2 Biomoléculas.....	41
2.2.1 Biomoléculas orgánicas.....	42
2.2.2 Biomoléculas orgánicas: Carbohidratos y lípidos.....	43
2.2.3 Biomoléculas orgánicas: Proteínas y Ácidos Nucleicos.....	51
2.2.4 Biomoléculas inorgánicas.....	55

**UNIDAD III**  
**NIVEL FISIOLÓGICO**

3.1 Transporte (activo y pasivo).....58

3.2 Respiración (aerobia y anaerobia).....61

3.3 Nutrición en anaerobios: Fotosíntesis (Fase luminosa y fase oscura).....63

3.3.1 Fotosíntesis inversa.....66

3.3.2 Nutrición en aerobios.....66

3.4 Reproducción (Mitosis y meiosis).....69

3.4.1 División celular: Mitosis.....69

3.4.2 División celular: Meiosis.....73

3.5 Ciclo celular.....75

3.6 Reproducción Asexual.....78

3.7 Reproducción Sexual.....83

3.8 Adaptación.....85

3.9 Evolución.....87

**UNIDAD IV**  
**NIVEL GENÉTICO**

4.1 Material genético.....89

4.2 Ácidos nucleicos.....90

4.3 Síntesis de proteínas.....92

4.4 Réplica del ADN.....95

4.5 Herencia.....96

4.6 Biotecnología.....100

4.7 Técnicas de manipulación genética.....103

4.7.1 Aplicación de estas técnicas.....109

4.7.2 Bioética.....112

BIBLIOGRAFÍAS.....115

## Introducción

El término Biología proviene de las etimologías bios: vida y logos: estudio o tratado, es decir, el estudio de la vida; y es, junto con la Geografía, Química y Astronomía, una de las ciencias naturales establecidas por la UNESCO

La Biología comprende el conjunto de disciplinas que estudian los fenómenos que suceden y afectan a los seres vivos. La escala de estudio de estos fenómenos abarca desde los que ocurren a nivel de moléculas, hasta los que ocurren en niveles más complejos, como en los individuos o las poblaciones.

Desde los inicios de la civilización, los antiguos pobladores observaron la diversidad que existía en las plantas y animales, de igual manera conocieron algunas propiedades que tenían ciertas plantas para reducir el dolor, o que algunos animales tenían capacidad de hacer daño por las sustancias que producían, como el veneno o algunas toxinas; así fue como nacieron la Botánica, la Zoología y la Medicina, que en su momento fueron áreas del conocimiento aisladas una de la otra. Posteriormente, con la invención del microscopio por Zacharías Janssen y el perfeccionamiento de los microscopios compuestos, por Antón van Leeuwenhoek (Lanfranconi, 2000), fue posible analizar con mayor precisión la materia viva y encontrar la relación de la Biología con otras ciencias porque coinciden con sus objetos de estudios.

La Biología surge como la ciencia que estudia a los seres vivos, su estructura, constitución química, funcionamiento y su relación con el medio ambiente. En el año de 1802 en Alemania, fue introducido el término “Biología” por el científico francés Jean Baptiste de Lamarck.

## Niveles de organización de la materia viva

Definimos materia como todo lo que ocupa un lugar en el espacio. La materia está constituida por átomos y moléculas. De todos los elementos existentes, la materia es tan diversa como diversas pueden ser las combinaciones de átomos y moléculas que la conforman. La organización de la materia tiene un orden de complejidad jerárquico, es decir, a mayor materia, mayor nivel de complejidad en su organización, desde las partículas subatómicas hasta el universo. En el caso de los seres vivos, su nivel de complejidad determina las estructuras y particularidades de cada uno de los diferentes niveles jerárquicos de organización que para estudiarlos se ordenan en los siguientes



## UNIDAD I

### NIVEL CELULAR

Nivel celular: el nivel de organización químico genera la posibilidad de que las biomoléculas se organicen entre sí para formar “pequeñas piezas” estructurales y funcionales al interior de las células.

Estas piezas con funciones específicas se denominan organelos intracelulares, entre los que se encuentran el núcleo, las mitocondrias, las vacuolas, entre otros.

Todas las células, sin importar a qué organismo vivo pertenecen, tienen la misma estructura básica; sin embargo, en algunos sus organelos están más desarrollados con la finalidad de realizar la función especializada de la célula.

La unidad anatómica y funcional de todos los seres vivos es la célula. En este nivel existen dos tipos de células:

- **Procariotas:** son aquellas cuya estructura es simple y se caracterizan porque carecen de un núcleo definido para su material genético. Ejemplos de estas células son las que forman a las bacterias
- **Eucariotas:** son aquellas en las que el material genético se contiene principalmente en el núcleo y tienen organelos membranosos.

El tipo de célula determina el tipo de organelos y ellos diferencian su función. En este grupo de células encontramos a las que forman a los vegetales y animales.

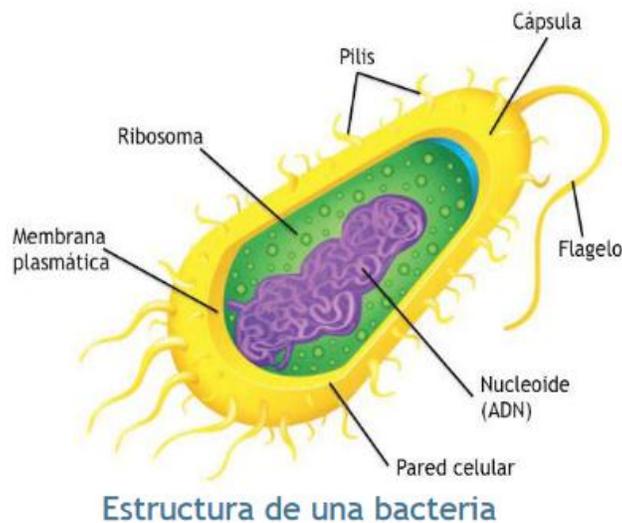
#### 1.1. Célula procariota: generalidades y origen

Los organismos procariontes son los más antiguos que se conocen, existen en la Tierra desde hace más de 3500 millones de años. El microscopista holandés, Antón van Leeuwenhoek observó bacterias y otros microorganismos en 1674, cuando estudiaba una gota de agua de un lago al microscopio.

A mediados del siglo XIX se identificó que algunas bacterias causaban enfermedades como infecciones respiratorias, gastrointestinales, la tuberculosis, el tétanos, etc. Sin embargo, una pequeña minoría de bacterias son nocivas, el resto desarrolla actividades muy importantes en los ecosistemas que tienen relación con la descomposición y desintegración de moléculas orgánicas en sus componentes básicos, también participan en relaciones simbióticas con otros organismos, tal es el caso de la flora intestinal del ser humano, en la que las bacterias facilitan la degradación de los alimentos a sus biomoléculas más simples para su posterior utilización.

Las procariotas son células bien diferenciadas que poseen dos formas comunes, esféricas, conocidos como cocos, y forma de bastón denominados bacilos.

Los cocos pueden agruparse en pares y se les llama diplococos; en cadenas largas y se les llama estreptococos, y en racimos que asemejan los de uvas y se les llama estafilococos. Los bacilos pueden existir de manera independiente o como una larga cadena de bastones, existen algunos bacilos que forman espirales, denominados espiroquetas y los que no logran el espiral pero se curvan en forma de coma y que se denominan vibro.



**Estructura de una bacteria**

Hace aproximadamente 3500 millones de años, cuando nuestro planeta desarrolló características adecuadas para la vida, aparecieron las primeras células, las cuales eran muy simples, constituidas sólo por un poco de material genético, unos cuantos ribosomas delimitados por una membrana muy básica y una pared celular que les protegía del medio físico-químico hostil en el que se desarrollaban.

Estos organismos unicelulares proliferaron por mucho tiempo, ya que los registros fósiles en los que se encuentran células más complejas datan de hace 1500 millones de años, estas “nuevas” células tenían una estructura más compleja, ya que contaban con múltiples organelos intracelulares, así como núcleos bien definidos, pero ¿cómo sucedió esto?, ¿cómo las células primitivas se transformaron en células más elaboradas?

### **1.1.1 Anatomía y morfología**

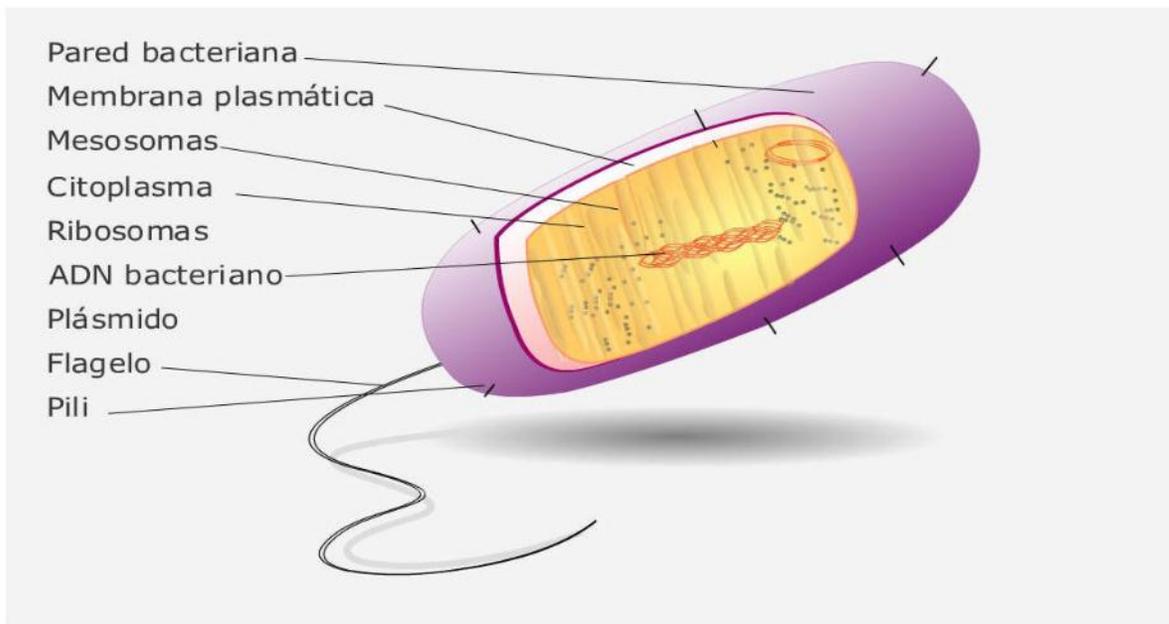
La célula procariota Las células procariotas no contienen núcleo que proteja al material genético.

Los organismos procariotas son las bacterias y las algas cianofíceas. Todos ellos pertenecen al Reino Moneras.

Generalmente presentan las siguientes partes:

- Pared rígida que le da forma.
- Membrana plasmática que les separa del medio donde viven y que controla el paso de sustancias. Presenta unas arrugas hacia su interior que se denominan mesosomas. En ellos se realiza gran cantidad de actividades celulares, como fijar el ADN, realizar la respiración celular, produciendo energía o controlar la división de la célula.
- Citoplasma, que está lleno de agua y contiene gran cantidad de sustancias disueltas, gotas de lípidos o inclusiones de sustancias de reserva como el almidón. En el citoplasma se realizará el conjunto de reacciones químicas que le permiten a la célula sobrevivir. Esto es, el metabolismo celular.

- Ribosomas, son los lugares donde se construyen las proteínas.
- ADN, que es el material genético que controla la actividad celular. El ADN se encuentra formando una estructura circular, constituye el único cromosoma de la célula. Parece en una zona del citoplasma denominada nucleoide.
- Plásmidos, pequeñas secuencias de ADN circular extra cromosómico que le confieren a la célula la capacidad de intercambiar material genético con otras células o resistencia frente a antibióticos
- Nucleoide. Sin llegar a ser un núcleo, sino una región muy dispersa, es la parte del citoplasma donde suele hallarse el material genético (o ADN) dentro de la célula procariota. Este material genético es, obviamente, indispensable para la reproducción.



Muchas bacterias poseen flagelos, que son estructuras que permiten que la célula se mueva.

Otras bacterias presentan Pili que son estructuras rígidas que parten de la membrana celular. Sirven para que las células se conecten y así puedan transmitirse información.

Algunas bacterias poseen una cápsula viscosa. La cápsula es una estructura de protección frente a agentes bactericidas, aunque también les permite asociarse a otras bacterias. Las bacterias se presentan solas o formando colonias.

En estas colonias no aparece ningún tipo de especialización celular. Las bacterias que se separen de la colonia pueden vivir de forma independiente.

Las bacterias pueden tener distintas formas. Pueden ser alargada (bacilo), redonda (coco), alargada con un flagelo (Vibrio) o en forma de muelle (espirilo).

### **1.1.2 Descripción y clasificación taxonómica**

Los organismos procariotas son evolutivamente anteriores a los eucariotas, es decir, aquellos que sí poseen un núcleo celular. Si bien las células procariotas surgieron en un pasado muy remoto, eso no significa que hayan desaparecido de la Tierra. De hecho, las formas de vida más simples son todavía organismos procariotas, como las bacterias y las arqueas.

Esta simpleza que caracteriza a los organismos procariotas ha permitido su gran diversificación, lo que se traduce en metabolismos sumamente diversos (no ocurre lo mismo con las eucariotas) y una enorme diversidad en cuestión de adaptación a diferentes ambientes, tipos de nutrición o incluso estructura celular.

Así, las células procariotas pueden ser autótrofas (elaboran su propio alimento) o heterótrofas (se alimentan de materia orgánica fabricada por otro ser vivo), tanto aerobias (requieren de oxígeno para vivir) como anaerobias (no requieren de oxígeno para vivir), lo cual se traduce en varios mecanismos de nutrición:

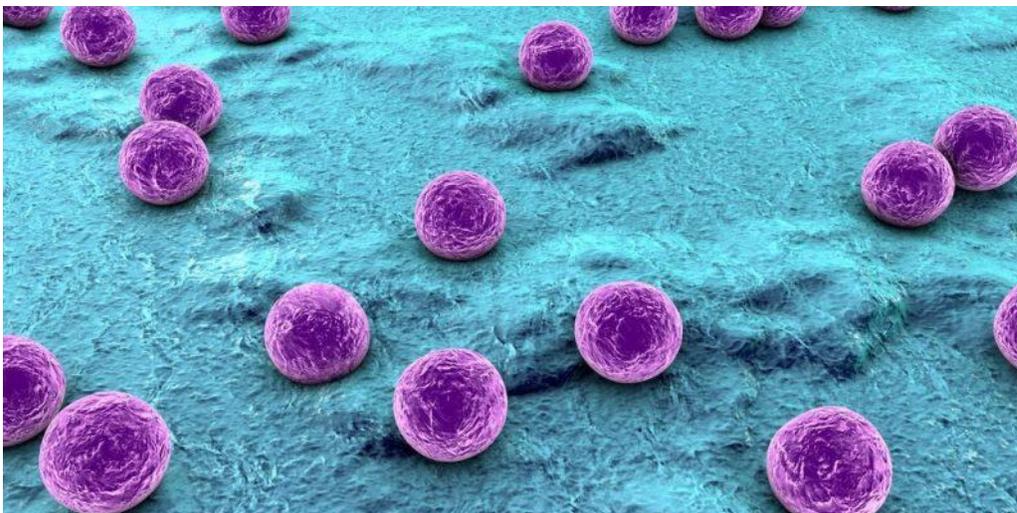
Fotosíntesis. Al igual que las plantas, algunos procariontes pueden utilizar la energía de la luz solar para sintetizar materia orgánica a partir de materia inorgánica, tanto en presencia como en ausencia de oxígeno. Existen dos tipos de fotosíntesis: la fotosíntesis oxigénica (que produce oxígeno) y la fotosíntesis anoxigénica (no produce oxígeno).

Quimiosíntesis. Semejante a la fotosíntesis, las células emprenden la oxidación de materia inorgánica como mecanismo para obtener su energía y obtener su propia materia orgánica para crecer. La quimiosíntesis se diferencia de la fotosíntesis en que esta última utiliza como fuente de energía la luz solar.

- Nutrición saprófita. Se basa en la descomposición de la materia orgánica dejada por otros seres vivos, ya sea al morir o como restos de su propia alimentación.
- Nutrición simbiótica. Algunos procariontes se asocian con otros seres vivos, obtienen su materia orgánica para existir a partir de ellos y se genera un beneficio mutuo.
- Nutrición parásita. Existen organismos procariotas (parásitos) que se nutren a partir de la materia orgánica de otro mayor (huésped u hospedador), al que perjudican en el proceso (aunque no lleguen a matarlo directamente).

Por último, la reproducción de las células procariotas puede ser de dos tipos: asexual (por el mecanismo de mitosis) o parasexual (en el cual intervienen tres procesos relacionados con el intercambio y la incorporación de cambios en el material genético: la conjugación, la transducción y la transformación del ADN).

#### Tipos de célula procariota



Las bacterias coco presentan forma más o menos esférica y uniforme.

Las células procariotas pueden tener formas muy variadas, y a menudo incluso una misma especie puede adoptar formas cambiantes, lo que se denomina pleomorfismo. Sin embargo, se pueden distinguir tres tipos principales de morfología:

- **Coco.** Es un tipo morfológico típico de las bacterias que presenta forma más o menos esférica y uniforme. Las bacterias también pueden presentarse en cocos en grupos de a dos (diplococo), cocos en grupos de a cuatro (tetracoco), cocos en cadenas (estreptococo) y cocos en agrupaciones irregulares o en racimo (estafilococo).
- **Bacilo.** Con forma de bastón, incluye una vasta gama de bacterias y otros organismos saprófitos de vida libre. También se pueden encontrar bacilos en grupos de a dos o formando filamentos.
- **Formas helicoidales.** Este grupo incluye a las del tipo *Vibrio*, un género de proteobacterias responsables de la mayoría de las enfermedades infecciosas en el hombre y los animales superiores, sobre todo aquellas típicas del tracto digestivo (como el cólera); y a los espirilos, organismos con forma helicoidal o de espiral, que suelen ser muy pequeñas y abarcan desde bacterias patógenas hasta autótrofas.

### 1.1.3 Origen evolutivo

Al conocer diferentes corrientes de pensamiento respecto al origen de los sistemas vivos la teoría quimiosintética propuesta en 1924 por el bioquímico ruso Alexander Oparin en su libro “El origen de la vida”, explica de forma teórica las condiciones prevalecientes de la atmósfera primitiva, bajo las cuales a partir de compuesto inorgánicos por medio de reacciones de condensación se formaron compuestos orgánicos (síntesis abiótica), estos últimos compuestos de carbono sirvieron como reactivos para sintetizar macromoléculas y/o polímeros que estando en un ambiente acuoso integraron sistemas precelulares mediante una proto membrana que dieron origen a los proto biontes que son agregados polimoleculares con separación de fases (interior/externo), considerados como el paso intermedio entre lo abiótico y los sistemas vivos o eubiontes.

La teoría quimiosintética de Oparin propone como posible origen de la vida que los compuestos presentes en la atmósfera primitiva  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}^+$ , en presencia de diferentes tipos de energía (rayos cósmicos, descargas eléctricas, luz ultravioleta, calor proveniente de las erupciones volcánicas, entre otras), fue el ambiente en el que reaccionaron entre si los compuestos inorgánicos para formar nuevos compuestos orgánicos (bases nitrogenadas, aminoácidos, nucleótidos, alcoholes, aldehídos), los cuales con el enfriamiento progresivo de la Tierra, se condensaron y se acumularon en los mares primitivos durante millones de años para formar la "sopa primitiva".

Los diferentes tipos de reacciones químicas ocurridas son llamadas reacciones de condensación y que sucedieron en charcas, lagunas costeras, chimeneas submarinas y pozos de agua, mares y océanos. Para probar experimentalmente el planteamiento propuesto por Oparin, los científicos norteamericanos Miller y Urey en 1953, construyeron un dispositivo en el laboratorio que simulaba la atmósfera primitiva (tanto en las fuentes de energía como en los compuestos inorgánicos propuestos), después de hacerlo funcionar algunos días, su interior cambió a un líquido de tonalidad rojiza, al analizar su contenido demostró la formación de aminoácidos (compuestos orgánicos) que son los monómeros de las proteínas. De esta manera el experimento apoyó la síntesis abiótica de compuestos orgánicos a partir de compuestos inorgánicos.

Oparin propone que a partir de los compuestos orgánicos formados por reacciones de condensación se sintetizaron carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos Nucleicos que se auto ensamblaron y formaron sistemas polimoleculares o agregados moleculares estables y con separación de fases (interior / exterior), es decir estaban delimitados con una membrana circundante, por medio de la cual intercambiaban materia y energía con el medio externo haciéndose cada vez más complejos.

Estos sistemas precelulares son llamados protocélula considerados como el paso intermedio entre lo abiótico y la materia viva, (ejemplo de estos modelos precelulares son los coacervados, las microesférulas proteicas o los liposomas). Sidney Fox a partir del calentamiento de soluciones de aminoácidos conformaron microesférulas a las cuales

llamaron protocélula que se constituye como un sistema estable, grande y organizada que lleva a cabo algunos procesos asociados con los procesos vitales de las células como el crecimiento, la división y el metabolismo.

Las células más antiguas conocidas por el registro fósil datan de hace aproximadamente 3500 millones de años, pero... ¿cómo se formaron estas primeras células, con qué materiales?

La Teoría Celular en uno de sus postulados afirma que todas las células surgen por la división de células preexistentes, pero entonces, ¿de dónde surgieron las primeras células? Las células, se caracterizan por tener una membrana o pared que las separa del medio, en algún momento debieron ser capaces de intercambiar materia y energía con el entorno, adquiriendo así una permeabilidad selectiva, que permitiera la entrada de los materiales necesarios para los procesos metabólicos que ya se llevaban a cabo dentro, y que permitiera salir a los productos perjudiciales.

Todas estas células primitivas debieron contar con mecanismos para generar copias de ellas mismas. Las células actuales tienen codificada esta información en sus ácidos Nucleicos, DNA y RNA. Las células primitivas requerían además de otras biomoléculas para llevar a cabo todos los procesos necesarios como algunas proteínas que funcionaran como catalizadores, lípidos para construir las membranas celulares y azúcares como moléculas de reconocimiento celular, almacenamiento de energía, entre otras funciones. La química prebiótica trata de identificar los procesos químicos anteriores a la vida. Para ello, se han realizado experimentos con sorprendentes resultados, el primero y más conocido es el de Miller y Urey, quienes en 1953, simularon las condiciones supuestas de la Tierra primitiva (altas temperaturas, descargas eléctricas, erupciones volcánicas, condensación de gases en la atmósfera, etc.). Aplicaron descargas eléctricas a mezclas de metano ( $\text{CH}_4$ ), amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), Hidrógeno ( $\text{H}_2$ ) y agua ( $\text{H}_2\text{O}$  en forma vapor de agua) y obtuvieron como resultado diversos productos orgánicos entre los cuales había aminoácidos (monómeros de las proteínas). Aunque el resultado anterior no prueba la formación de las primeras células, sí plantea la posibilidad de múltiples interacciones moleculares en la sopa primitiva, que pudieron llevar a la formación de sistemas precelulares constituidos como conjuntos o sistemas polimoleculares a partir de los cuales pudieron surgir los primeros sistemas vivos a

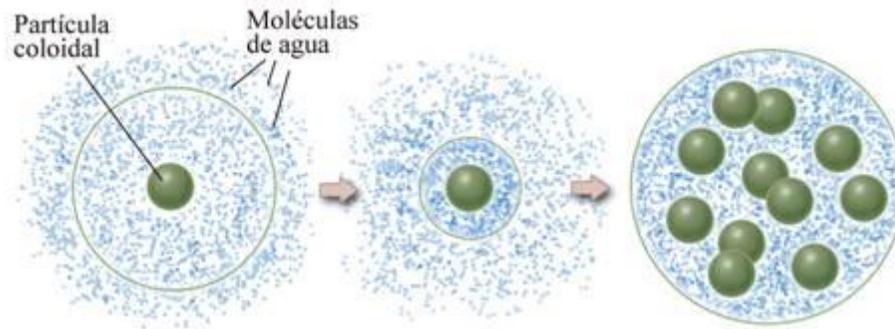
través de millones de años, las cuales pudieron llevarse a cabo de forma simultánea a la síntesis abiótica de polímeros entre las que destaca el papel de las arcillas y la capacidad autoreplicante. Estos sistemas se pueden estudiar con base modelos desarrollados en el laboratorio, tales como los coacervados, las microesférulas proteicas, los sulfobios y los colpoides. Se elaboran haciendo interaccionar mezclas de diferentes compuestos orgánicos.

¿Cuál de ellos se formó en la Tierra primitiva?, probablemente se formaron polímeros de forma paralela en las arcillas y a las orillas de los charcos y también en la sopa primitiva; la mayoría de ellos constituidos por pequeñas gotitas de agua con grandes cantidades de polímeros disueltos.

El intercambio de materia y energía con el ambiente permitió la síntesis de moléculas cada vez más complejas.

Entre los modelos precelulares que intentan explicar la química prebiótica están:

Coacervados: Fueron estudiados como modelo de citoplasma por primera vez por B. de Jong quien mezcló diversas proteínas y carbohidratos y obtuvo gotitas microscópicas en las cuales las macromoléculas podían agregarse al aplicar descargas eléctricas. Oparin estudió en 1924 a detalle los coacervados y sus propiedades y fue él quien los propuso como modelo de síntesis prebiótica. Incluso elaboró diversos coacervados haciendo diferentes mezclas de proteínas y carbohidratos, variando también las cantidades. Concluyó que dentro de los coacervados ocurren diversas reacciones que resultan en la formación de polímeros. Asimismo, planteó que los coacervados tienen capacidad de auto-renovarse y auto-conservarse y que poseen una membrana que los separa del medio pero que permite intercambio de materia y energía con el exterior. Formación de un coacervado. Imagen tomada de Lazcano, 2007.



Coacervado visto al microscopio. 100X3Sulfobios y colpoides: A principios de la década de 1930, el científico mexicano Alfonso L. Herrera elaboró diferentes mezclas moleculares, empleando gasolina, aceite, resinas de las que obtuvo diversas estructuras parecidas a microorganismos. Por ejemplo, los sulfobios, formados con tiocianato de amonio y formalina, son estructuras organizadas con apariencia de células, o los colpoides, formados al mezclar aceite de oliva, gasolina pura y unas gotas de hidróxido de sodio.

Microesférulas proteicas:

Planteadas por Sídney Fox en 1972, son pequeñas gotitas de proteínas, rodeadas por una membrana doble permeable, que pueden llevar a cabo reacciones químicas similares a las de las células vivas. Se elaboran a partir de mezclas secas de aminoácidos que al calentarse forman polímeros y al colocarlos en solución salina forman microesférulas proteínoides. Pueden crecer y dividirse por gemación o bipartición.

<p>Microesferas protenoides (redibujado de Sidney W. Fox, en: Helena Curtis)<sup>4</sup></p>	<p>Microesférulas vistas al microscopio.<sup>5</sup></p>

Más que demostrar el origen de la vida o la síntesis prebiótica, los modelos precelulares tienen gran valor al demostrar la variedad de posibles agregados polimoleculares formados en condiciones semejantes a las que se supone prevalecían en la Tierra primitiva.

## 1.2 Célula eucariota

Las células eucariotas se distinguen de las procariotas en que poseen un núcleo definido en su citoplasma (donde está contenido la mayor parte del ADN de la célula) y en que cuentan con la presencia de organelos membranosos (que tienen funciones específicas dentro de la célula, como las mitocondrias y los cloroplastos).

Aunque esta diferencia puede parecer sutil, fundamenta un cambio gigantesco en la reproducción y en otros procesos vitales que condujeron a un mayor nivel de complejidad celular, sin el cual no se habrían podido gestar seres pluricelulares con organizaciones complejas y superiores.

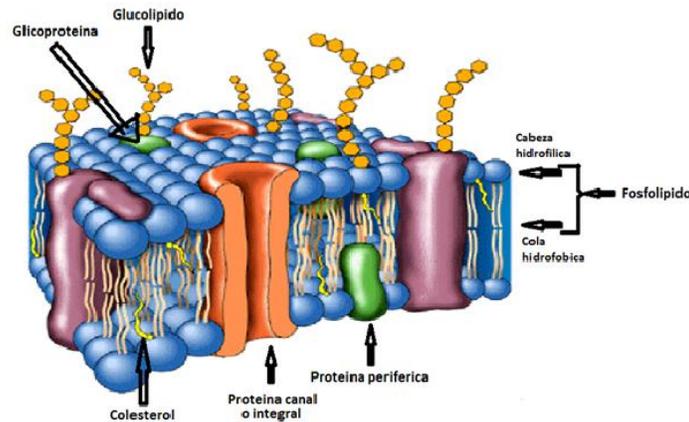
Se llama célula eucariota (del vocablo griego eukaryota, unión de eu- “verdadero” y karyon “nuez, núcleo”) a todas aquellas células en cuyos citoplasmas puede hallarse un núcleo celular bien definido, que contiene la mayor parte de su material genético (ADN). En esto se distinguen de las células procariotas, mucho más primitivas y cuyo material genético está disperso en el citoplasma. Además, a diferencia de las procariotas, las células eucariotas poseen orgánulos u organelos, estructuras subcelulares especializadas que pueden identificarse en su interior y están delimitadas por membranas (por ejemplo, las mitocondrias y los cloroplastos).

### 1.2.1 Estructura y función

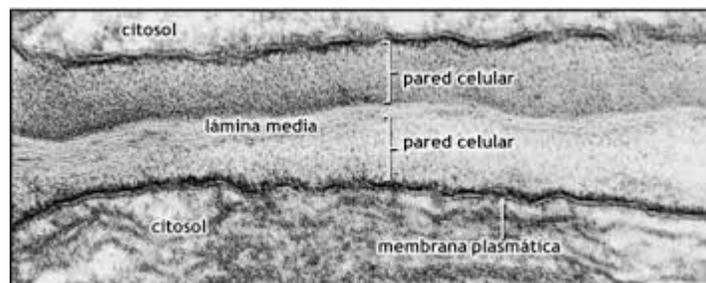
Principales componentes que tienen las células eucariotas y en qué tipo de célula se encuentran:

- Membrana celular o plasmática. Es una doble barrera compuesta de lípidos y proteínas que rodea y delimita a la célula, para aislarla del medio que la rodea. La membrana plasmática tiene permeabilidad selectiva: permite el ingreso solo de

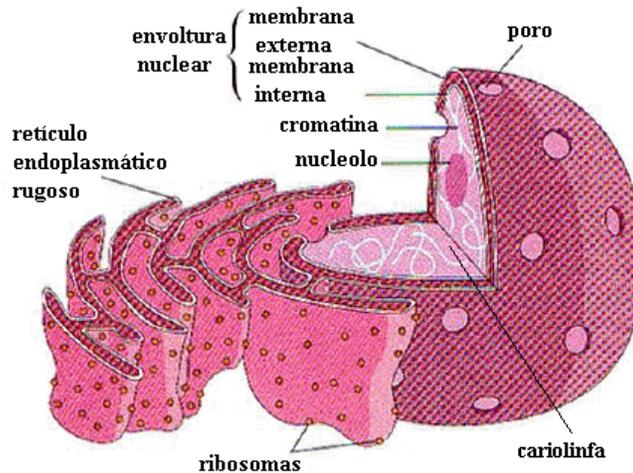
sustancias necesarias al citoplasma y también la expulsión de los desechos metabólicos. Esta estructura está presente en todas las células eucariotas, e incluso en las procariontas.



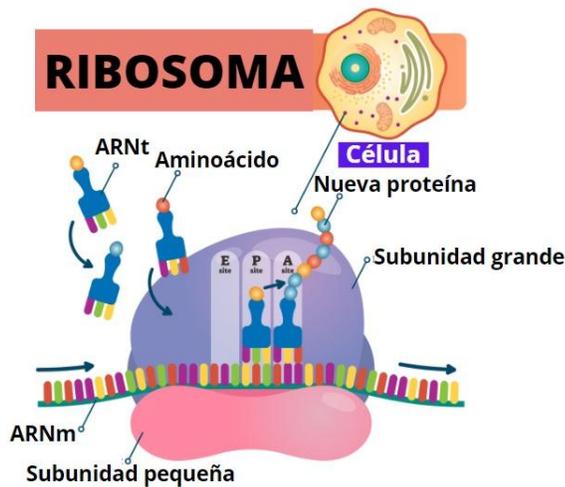
- Pared celular. Es una estructura rígida que se encuentra por fuera de la membrana plasmática y le otorga a la célula forma, sostén y protección. La pared celular está presente solo en las células vegetales y de los hongos, aunque su composición varía entre ambos tipos celulares: en las plantas se compone de celulosa y proteínas, mientras que en los hongos está formada por quitina. Si bien esta estructura le brinda protección a la célula, le impide su crecimiento y la limita a estructuras fijas.



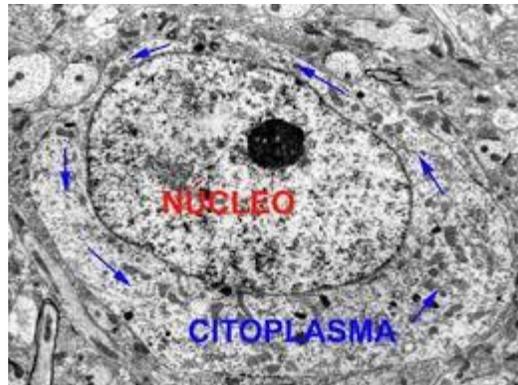
- Núcleo celular. Es un orgánulo central, limitado por una doble membrana porosa que permite el intercambio de material entre el citoplasma y su interior. En el núcleo se aloja el material genético (ADN) de la célula, que se organiza en los cromosomas. Además, dentro del núcleo existe una región especializada llamada nucléolo, donde se forman los ribosomas. El núcleo está presente en todas las células eucariotas.



- Ribosomas. Son estructuras formadas por ARN y proteínas, en las cuales se lleva a cabo la síntesis de proteínas. Los ribosomas se encuentran en todos los tipos de células, incluso en las procariontas (aunque son menores). Algunos ribosomas se encuentran libres en el citoplasma y otros adheridos al retículo endoplasmático rugoso.



- Citoplasma. Es el medio acuoso en el que están los distintos orgánulos de la célula. El citoplasma está formado por el citosol, la parte acuosa libre de organelos que contiene sustancias disueltas, y el citoesqueleto, una red de filamentos que le da forma a la célula.

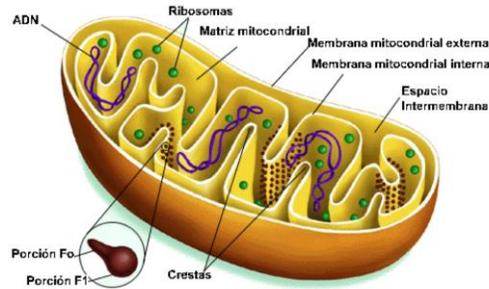


Además de la presencia del núcleo, una de las características distintivas de la célula eucariota es la presencia de organelos o compartimentos subcelulares rodeados por una membrana, que tienen funciones especializadas. Veamos algunos de ellos:

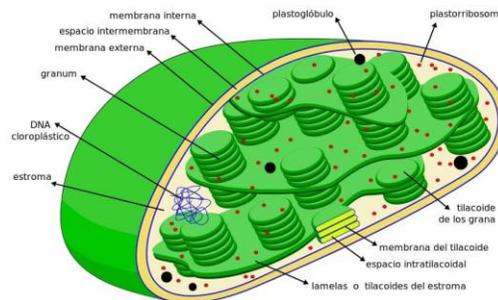
- Lisosomas. Es un tipo especial de vesículas llenas de enzimas digestivas, presentes exclusivamente en las células animales. En los lisosomas se llevan a cabo procesos de digestión celular, catalizados por las enzimas que contienen en su interior.



- Mitocondrias. Son los organelos donde se lleva a cabo el proceso de respiración celular. Están rodeadas por una doble membrana, que le permite a la célula obtener la energía que necesita para llevar a cabo sus funciones. Las mitocondrias están presentes en todos los tipos de células eucariotas y su número varía en función de las necesidades que tengan: las células con altos requerimientos energéticos suelen tener una mayor cantidad de mitocondrias.



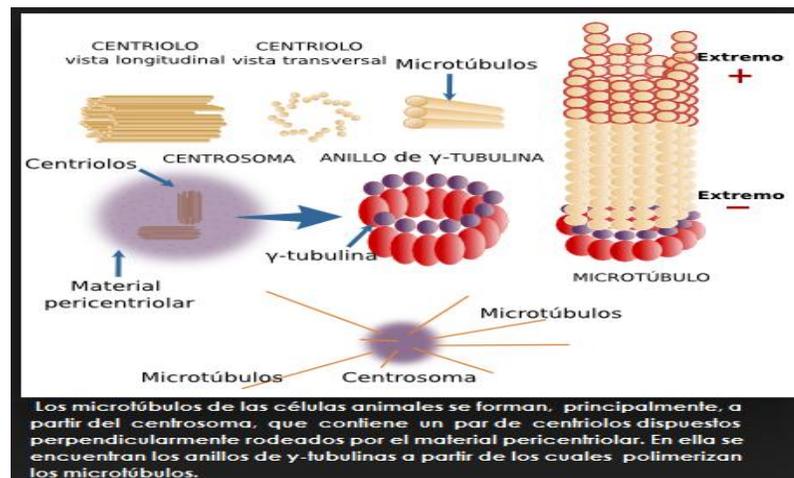
- **Cloroplastos.** Son los organelos en los cuales se lleva a cabo la fotosíntesis, y presentan un sistema complejo de membranas. El componente fundamental de estas organelos es la clorofila, un pigmento verde que participa en el proceso fotosintético y le permite captar la luz solar. Los cloroplastos son exclusivos de las células vegetales, por lo que están presentes en todas las plantas y las algas, cuyo color verde característico viene dado por la presencia de la clorofila.



- **Gran vacuola.** Es un tipo de vesícula de gran tamaño que almacena agua, sales minerales y otras sustancias, y que se encuentra de forma exclusiva en las células vegetales. La vacuola mantiene la forma celular y le proporciona sostén a la célula, además de participar en el movimiento intracelular de las sustancias. Las células animales poseen vacuolas pero de menor tamaño y en mayor cantidad.



- Centriolos. Son estructuras tubulares que se encuentran exclusivamente en las células animales. Participan en la separación de los cromosomas durante el proceso de división celular.



- Retículo endoplasmático. Es un sistema de membranas que se continúa con el núcleo celular y se extiende por toda la célula. Su función se relaciona con la síntesis de compuestos destinados principalmente al exterior de la célula. El retículo endoplasmático se divide en rugoso y liso, según la presencia o no de ribosomas sobre su superficie: el retículo rugoso contiene ribosomas y se encarga principalmente de la síntesis de proteínas para exportar, mientras que el retículo liso se relaciona principalmente con las vías metabólicas de los lípidos.



- Aparato de Golgi. Es un organelo compuesta por un conjunto de discos y sacos aplanados que se denominan cisternas. La función del aparato de Golgi se relaciona con la modificación y empaquetamiento de las proteínas y otras biomoléculas (como hidratos de carbono y lípidos) para su secreción o transporte.



## 1.2.2 Descripción y clasificación taxonómica

Existen diversos tipos de célula eucariota, pero fundamentalmente se reconocen cuatro, cada uno con estructuras y procesos diferentes:

- Células vegetales. Cuentan con una pared celular (compuesta de celulosa y proteínas) que recubre su membrana plasmática y les otorga rigidez, protección y resistencia. Además, las células vegetales tienen cloroplastos, organelos que contienen la clorofila

necesaria para llevar a cabo el proceso de fotosíntesis. Otra característica de este tipo de célula es la presencia de una vacuola central grande, que mantiene la forma celular y controla el movimiento de las moléculas en el citoplasma.

- Células animales. No tienen cloroplastos (ya que no realizan fotosíntesis) ni pared celular. Pero, a diferencia de las células vegetales, tienen centriolos (organelos que participan en la división celular) y presentan vacuolas de menor tamaño, aunque más abundantes. Debido a la carencia de pared celular, las células animales pueden adoptar una gran cantidad de formas variables, e incluso fagocitar otras células.
- Células de los hongos. Se asemejan a las células de los animales, aunque difieren de ellas por la presencia de una pared celular compuesta de quitina (que las células animales no tienen). Otra característica que las distingue es que las células de los hongos tienen una menor definición celular que las células animales. Aunque no es lo más frecuente, existen hongos unicelulares, como las levaduras.
- Células de organismos eucariotas unicelulares. Las células eucariotas suelen formar parte de organismos pluricelulares. Sin embargo, existen protistas que son organismos unicelulares eucariotas. Si bien los eucariotas unicelulares son seres más sencillos que los animales y las plantas, el hecho de estar constituidos por una única célula que tiene que llevar a cabo todas las funciones del organismo hace que la célula tenga una organización compleja. Además, pueden alcanzar tamaños macroscópicos. Algunos ejemplos de este tipo de organismos son las euglenas y los paramecios.

### **1.3 Diferenciación entre ambos tipos de células en función de su nivel evolutivo**

Las principales diferencias entre estos dos tipos de células en los siguientes puntos:

Presencia de núcleo. La diferencia más importante: en las procariotas el material genético está disperso en el citoplasma, en lugar de encontrarse dentro del núcleo, como sucede en las eucariotas.

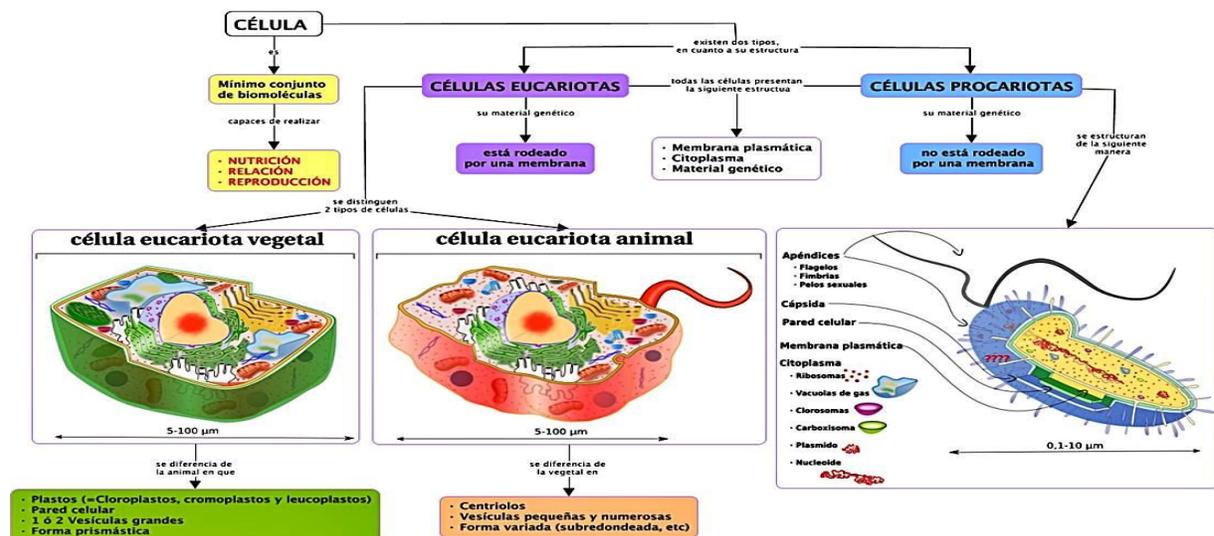
**Tipo de ADN.** Las procariotas tienen una única molécula de ADN en forma circular, que no se asocia a proteínas, por lo que se lo suele denominar “ADN circular y desnudo”. Por su parte, el material genético de las eucariotas tiene forma lineal y se encuentra asociado a proteínas, formando la cromatina (o cromosomas, cuando la célula está por entrar en división celular). Cada especie de organismo eucariota tiene una cantidad de cromosomas que le es característica.

**Tamaño.** Las células eucariotas tienen tamaños bastante más grandes (10-100  $\mu\text{m}$ ) que el común las procariotas (0,2-2,0  $\mu\text{m}$ ).

**Constitución.** La gran mayoría de los organismos eucariotas son pluricelulares, mientras que todos los procariotas son unicelulares. Sin embargo, vale recordar que existen algunos organismos eucariotas unicelulares, como los paramecios y las levaduras.

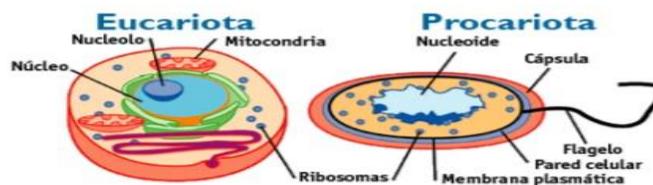
**Reproducción.** Las procariotas se reproducen asexualmente (por fisión binaria), mientras las eucariotas presentan tanto reproducción sexual (por meiosis, dando lugar a los gametos o células sexuales) como asexual (por mitosis).

**Orgánulos celulares.** Las células eucariotas presentan orgánulos con membranas y funciones específicas, como las mitocondrias, los lisosomas o los cloroplastos.



## Diferencias de las células procariotas y células eucariotas

<b>Célula procariota</b>	<b>Célula eucariota</b>
<b>No tiene núcleo</b>	<b>Si tienen núcleo</b>
<b>Miden menos más de 10 micrómetros</b>	<b>Miden más de 10 micrómetros</b>
<b>No poseen organelos</b>	<b>Si poseen organelos</b>
<b>No tienen citoesqueleto</b>	<b>Si tienen citoesqueleto</b>
<b>Siempre son unicelulares</b>	<b>Las hay unicelulares y pluricelulares</b>
<b>Pertenecen a los reinos Bacteria y Archaea</b>	<b>Pertenecen a los reinos Protista, Fungi, Plantae y Animalia</b>
<b>Son de reproducción asexual</b>	<b>Las hay de reproducción sexual y asexual</b>



### Diferencias entre células

#### CÉLULA PROCARIOTA Y CÉLULA EUCARIOTA

- La célula procariota no tiene núcleo protector del material genético. La célula eucariota sí presenta núcleo limitado por una estructura membranosa.
- El citoplasma de la célula eucariota se encuentra compartimentado, presentando orgánulos, mientras que en la procariota no aparece esta compartimentación.
- La célula procariota está protegida por una pared bacteriana distinta a la que envuelve a las células vegetales.
- Las células procariotas son organismos más primitivos que las células eucariotas.

- El ADN de células procariotas es circular, mientras que el ADN de eucariotas es lineal.
- Cuando presentan flagelos, la estructura es diferente en procariotas y eucariotas.
- La membrana plasmática de procariotas contiene más cantidad de proteínas que la membrana de las eucariotas.
- La célula procariota tiene invaginaciones en su membrana, denominadas mesosomas.

## UNIDAD II

### NIVEL BIOQUÍMICO

La célula representa, por tanto, la unidad funcional y estructurada de todo ser vivo, definiéndose como un sistema abierto isotérmico que se ensambla, ajusta y perpetua por sí misma. El sistema está constituido por reacciones orgánicas consecutivas y ligadas, promovidas por catalizadores producidos por la propia célula. La célula representa la forma avanzada del desarrollo de la materia en el universo.

Componentes químicos de la célula El análisis químico de las sustancias que integran la población molecular de las células demuestra la presencia de componentes orgánicos e inorgánicos según se muestra en la siguiente tabla

Porcentaje relativo de componentes químicos presentes en la célula viva.

<b>Componentes</b>	<b>%</b>
<b>Inorgánicos</b>	
Agua	75-85
Sales e iones minerales	1
<b>Orgánicos</b>	
Proteínas	10-20
Lípidos	2-3
Carbohidratos	1
Ácidos nucleicos y otros	1

#### 2.1. Bioelementos

Los bioelementos son los elementos químicos que forman parte de los seres vivos, bien en forma atómica o bien como integrantes de las biomoléculas.

La materia viva presenta unas características y propiedades distintas a las de la materia inerte. Estas características y propiedades encuentran su origen en los átomos que conforman la materia viva.

Los átomos que componen la materia viva se llaman bioelementos.

De los 92 átomos naturales, nada más que 27 son bioelementos. Estos átomos se separan en grupos, atendiendo a la proporción en la que se presentan en los seres vivos.

Los bioelementos se presentan en proporciones diferentes y su abundancia, que no su importancia, se emplea como criterio para clasificarlos.

Bioelementos	% en la materia viva	Átomos
Primarios	96%	C, H, O, N, P, S
Secundarios	3,9%	Ca, Na, K, Cl, I, Mg, Fe
Oligoelementos	0,1%	Cu, Zn, Mn, Co, Mo, Ni, Si...

### 2.1.1 Bioelementos primarios

Clasificación de los bioelementos:

-Bioelementos primarios: son los más abundantes.

Encontramos el carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O), nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S). De estos seis elementos, los cuatro primeros constituyen aproximadamente el 95%de la materia viva y los seis juntos llegan a formar el 96,2%de la misma.

Estos elementos tienen gran facilidad para constituir moléculas complejas en forma de cadena, las más sencillas de las cuales se componen sólo de carbono e hidrógeno (hidrocarburos) y a partir de ellos, por sustitución de algunos hidrógenos por otros átomos o grupos de átomos (grupos funcionales) se obtienen infinidad de compuestos o biomoléculas.



## 2.1.2 Bioelementos secundarios

-Bioelementos secundarios: son todos los demás. Dentro de ellos los hay más abundantes y suelen presentarse formando sales y hay otros, minoritarios, que sólo forman parte de ciertas moléculas (hemoglobina, tiroxina, clorofila...). Se pueden diferenciar:-Indispensables: aparecen en todos los organismos. Entre ellos destacan el calcio (Ca), cloro (Cl), potasio (K), sodio (Na), magnesio (Mg), hierro (Fe)

-Variables: pueden faltar en algunos organismos. Algunos de ellos son el bromo (Br), cinc (Zn), aluminio (Al), cobalto (Co), yodo (I), cobre (Cu), etc. Un bioelemento incluido en una categoría puede, en determinados organismos, pertenecer a otra. Así, el silicio (Si), es secundario en general, pero en organismos como las diatomeas (algas unicelulares), pasa a ser primario (constituye el caparazón). Se denominan Oligoelementos a aquellos bioelementos secundarios que se encuentran en cantidades ínfimas en los seres vivos. Por ejemplo el cobalto (Co) o el litio (Li). Cualquier bioelemento es indispensable para el ser vivo que lo posea y aunque su proporción sea minúscula su carencia acarrea la muerte del individuo.

### Bioelementos secundarios.

<b>Magnesio</b>	Forma parte de la molécula de clorofila, y en forma iónica actúa como catalizador, junto con las enzimas, en muchas reacciones químicas del organismo.
<b>Calcio</b>	Forma parte de los carbonatos de calcio de estructuras esqueléticas. En forma iónica interviene en la <i>contracción muscular, coagulación sanguínea y transmisión del impulso nervioso</i> .
<b>Sodio</b>	Catión abundante en el medio extracelular; necesario para la conducción nerviosa y la contracción muscular.
<b>Potasio</b>	Catión más abundante en el interior de las células; necesario para la conducción nerviosa y la contracción muscular.
<b>Cloro</b>	Anión más frecuente; necesario para mantener el balance de agua en la sangre y fluido intersticial.

### 2.1.3 Importancia de los Bioelementos en las funciones orgánicas

**BIOELEMENTOS PRIMARIOS.** Son los elementos mayoritarios de la materia viva (glúcidos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos), constituyen el 95% de la masa total y son indispensables para formar las biomoléculas. Son cuatro; carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno (CHON). Forman parte de la materia viva debido a sus propiedades fisicoquímicas. **HIDROGENO:** Forman grupos funcionales con otros elementos químicos. Es uno de los elementos que conforman el agua.

Se encuentra en la atmósfera, pero en menor cantidad. Es esencial en los hidrocarburos y los ácidos.

**OXIGENO:** Forma parte de las biomoléculas y es un elemento importante para la respiración. También es un elemento en la formación del agua, causante de la combustión y produce la energía del cuerpo. El oxígeno, es el elemento químico más abundante en los seres vivos. Forma parte del agua y de todo tipo de moléculas orgánicas. Como molécula, en forma de  $O_2$ , su presencia en la atmósfera se debe a la actividad fotosintética de primitivos organismos. Al principio debió ser una sustancia tóxica para la vida, por su gran poder oxidante. Todavía ahora, una atmósfera de oxígeno puro produce daños irreparables en las células.

Pero el metabolismo celular, se adaptó a usar la molécula de oxígeno como agente oxidante de los alimentos abriendo así, una nueva vía de obtención de energía mucho más eficiente que la anaeróbica. La reserva fundamental de oxígeno utilizable por los seres vivos está en la atmósfera.

Su ciclo está estrechamente vinculado al del carbono, pues el proceso por el que el carbono es asimilado por las plantas (fotosíntesis), supone también devolución del oxígeno a la atmósfera, mientras que el proceso de respiración ocasiona el efecto contrario. Otra parte del ciclo del oxígeno que tiene un notable interés indirecto para los seres vivos de la superficie de la Tierra es su conversión en ozono.

Las moléculas de  $O_2$ , activadas por las radiaciones muy energéticas de onda corta, se rompen en átomos libres de oxígeno que reaccionan con otras moléculas de  $O_2$ , formando

O<sub>3</sub> (ozono). Esta reacción es reversible, de forma que el ozono, absorbiendo radiaciones ultravioletas vuelve a convertirse en O<sub>2</sub>.

**CARBONO:** Tiene una función estructural y aparece en todas las moléculas orgánicas. Es un elemento escaso de la naturaleza. Es la sucesión de transformaciones que sufre el carbono a lo largo del tiempo.

Es un ciclo biogeoquímico de gran importancia para la regulación del clima de la Tierra, y en él se ven implicadas actividades básicas para el sostenimiento de la vida. El ciclo comprende dos ciclos que se suceden a distintas velocidades.

**Ciclo biológico:** comprende los intercambios de carbono (CO<sub>2</sub>) entre los seres vivos y la atmósfera, es decir, la fotosíntesis, proceso mediante el cual el carbono queda retenido en las plantas y la respiración que lo devuelve a la atmósfera. **Ciclo biogeoquímico:** regula la transferencia de carbono entre la atmósfera y la litosfera (océanos y suelo). El CO<sub>2</sub> atmosférico se disuelve con facilidad en agua, formando ácido carbónico que ataca los silicatos que constituyen las rocas, resultando iones bicarbonato. Estos iones disueltos en agua alcanzan el mar, son asimilados por los animales para formar sus tejidos, y tras su muerte se depositan en los sedimentos.

El retorno a la atmósfera se produce en las erupciones volcánicas tras la fusión de las rocas que lo contienen. Este último ciclo es de larga duración, al verse implicados los mecanismos geológicos. Además, hay ocasiones en las que la materia orgánica queda sepultada sin contacto con el oxígeno que la descomponga, produciéndose así la fermentación que lo transforma en carbón, petróleo y gas natural.

**NITROGENO:** Forma parte de las biomoléculas, pero destaca su presencia en proteínas y lípidos y ácidos nucleicos (bases nitrogenadas). No entra directamente al cuerpo y es consumido en alimentos. Mediante las bacterias nitrificantes, las plantas se proporcionan de este compuesto.

La reserva principal de nitrógeno es la atmósfera (el nitrógeno representa el 78 % de los gases atmosféricos).

La mayoría de los seres vivos no pueden utilizar el nitrógeno elemental de la atmósfera para elaborar aminoácidos ni otros compuestos nitrogenados, de modo que dependen del nitrógeno que existe en las sales minerales del suelo. Por lo tanto, a pesar de la abundancia de nitrógeno en la biosfera, muchas veces el factor principal que limita el crecimiento vegetal es la escasez de nitrógeno en el suelo. El proceso por el cual esta cantidad limitada de nitrógeno circula sin cesar por el mundo de los organismos vivos se conoce como ciclo del nitrógeno.

#### Momificación

Gran parte del nitrógeno del suelo proviene de la descomposición de la materia orgánica. Estos compuestos suelen ser degradados a compuestos simples por los organismos que viven en el suelo (bacterias y hongos). Estos microorganismos utilizan las proteínas y aminoácidos para formar las proteínas que necesitan y liberar el exceso de nitrógeno como amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) o amonio ( $\text{NH}_4^+$ ).

#### Nitrificación

Algunas bacterias comunes en los suelos oxidan el amoníaco o el amonio. En ella se libera energía, que es utilizada por las bacterias como fuente energética. Un grupo de bacterias oxida el amoníaco (o amonio) a nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ). Otras bacterias oxidan el nitrito a nitrato, que es la forma en que la mayor parte del nitrógeno pasa del suelo a las raíces.

#### Asimilación

Una vez que el nitrato está dentro de la célula de la planta, se reduce de nuevo a amonio. Este proceso se denomina asimilación y requiere energía. Los iones de amonio así formados se transfieren a compuestos que contienen carbono para producir aminoácidos y otras moléculas orgánicas nitrogenadas que la planta necesita.

Los compuestos nitrogenados de las plantas terrestres vuelven al suelo cuando mueren las plantas o los animales que las han consumido; así, de nuevo, vuelven a ser captados por las raíces como nitrato disuelto en el agua del suelo y se vuelven a convertir en compuestos orgánicos.

## 2. BIOELEMENTOS SECUNDARIOS.

Forman parte de todos los seres vivos y en una proporción del 4,5%. Desempeñan funciones vitales para el funcionamiento correcto del organismo. Son el azufre, fósforo, magnesio, calcio, sodio, potasio y cloro.

El AZUFRE es uno de los más destacados constituyentes de los aminoácidos. El azufre es captado en forma de sustratos desde las raíces (en superficies terrestres) y por medio de la pared celular (en medios acuáticos) por las plantas (terrestres y acuáticas), las que pasan a ser alimentos de los animales.

Tras la muerte de estos, el azufre retorna al suelo induciendo un nuevo ciclo del azufre. En la atmósfera los óxidos de nitrógeno y azufre son convertidos en ácido nítrico y sulfúrico que vuelven a la tierra con las precipitaciones de lluvia o nieve (lluvia ácida).

Otras veces, aunque no llueva, van cayendo partículas sólidas con moléculas de ácido adheridas (deposición seca).

El FOSFORO participa activamente en las relaciones energéticas que ocurren al interior de los organismos, forma parte de los fosfolípidos de las membranas celulares e integra las materias primas de huesos y dientes de los seres vivos.

La principal reserva de este elemento está en la corteza terrestre. Por medio de los procesos de meteorización de las rocas o por la expulsión de cenizas volcánicas se libera, pudiendo ser utilizado por las plantas. Con facilidad es arrastrado por las aguas y llega al mar, donde una porción importante se sedimenta en el fondo y forma rocas. Todas ellas tardarán millones de años en volver a emerger y liberar, paulatinamente, sales de fósforo.

## 3. LOS OLIGOELEMENTOS

Están presentes en los organismos en forma vestigial, pero que son indispensables para el desarrollo armónico del organismo. Son 14 y constituyen el 0,5%: hierro, manganeso, cobre, zinc, flúor, iodo, boro, silicio, vanadio, cromo, cobalto, selenio, molibdeno y estaño.

**HIERRO:** El hierro (Fe) es un elemento clave en el metabolismo de prácticamente todos los organismos vivos. En humanos, el hierro es un componente esencial de cientos de proteínas y enzimas. El hierro suele ser el ión metálico que se incorpora al 'grupo hemo'; un componente esencial de las proteínas que actúan en reacciones redox y de las proteínas que transportan oxígeno, como la hemoglobina.

**ODO:** Este metaloide halógeno participa en la elaboración de las hormonas tiroideas (del que es el principal constituyente) y en la actividad del metabolismo basal del organismo; la disponibilidad inmediata del yodo obliga a investigar las distiroides de yodemia elevada, que son las únicas contraindicaciones a su administración repetida, incluso en dosis catalíticas. Funciones: (ligadas estrechamente a la tiroides) metabolismo cálcico óseomaduración del córtex cerebral glándulas endocrinas en el funcionamiento neuro-muscular (aumento de la excitabilidad) en el dinamismo cardiovascular (aumento del rendimiento cardíaco) tegumentos y faneras metabolismo glucídico, lipídico, proteico

## 2.2 Biomoléculas

Las biomoléculas son los compuestos químicos que forman la materia viva. Resultan de la unión de los bioelementos por enlaces químicos entre los que destacan los de tipo covalente (recuerda los tipos de enlace químico).

Se distingue entre:

- **Biomoléculas inorgánicas:** son características de la materia inerte, pero se encuentran también entre los seres vivos. No poseen átomos de carbono o este, si aparece, no forma cadenas con otros carbonos y con hidrógenos. Son el agua, las sales minerales y algunos gases que pueden desprenderse o utilizarse en el transcurso de las reacciones químicas de las células como el oxígeno (O<sub>2</sub>) y el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).
- **Biomoléculas orgánicas:** están formadas por carbono, al que se unen, al menos hidrógeno y oxígeno y, en muchos casos nitrógeno, fósforo y azufre. En general son moléculas exclusivas de los seres vivos, salvo el caso del metano, que es el

hidrocarburo más simple y que sabemos que puede tener un origen no biológico [recuerda la composición de ciertas atmósferas planetarias].

Consideramos moléculas orgánicas aquellas que se basan en la química del carbono, entre las que los hidrocarburos son las más sencillas. A lo largo del siglo XX, este campo de la química ha experimentado un desarrollo increíble: combustibles, abonos, colorantes, pesticidas, pinturas, plásticos... Casi todo ello partiendo de esa mezcla natural de hidrocarburos que es el petróleo.

### **2.2.1 Biomoléculas orgánicas**

Las biomoléculas orgánicas se caracterizan por la presencia de átomos de carbono encadenados a los que se unen, sobre todo, hidrógenos y oxígenos, y nos vamos a centrar en las que forman parte de la materia viva.

Algunos conceptos que deben repasarse son los siguientes:

El carbono es un átomo tetravalente, que se comporta como si fuera un tetraedro cuyos vértices corresponden a sus cuatro valencias (orbitales), cada una de las cuales puede estar unida covalentemente a las de otros átomos de carbono o a otros elementos diferentes. Si dos o tres de sus valencias se unen a un mismo átomo, tendremos un doble o triple enlace respectivamente.

Estos “tetraedros” de carbono se unen directamente a otros formando cadenas, en ocasiones muy largas y ramificadas o incluso cerradas en forma de anillo. Si sólo hay carbonos e hidrógenos, hablaremos de hidrocarburos (Los hidrocarburos aparecen en los combustibles fósiles pero no en los seres vivos.

No obstante ya sabemos que el carbón y el petróleo tienen un origen biológico). Si sólo hay enlaces simples, diremos que las cadenas son saturadas y si hay dobles o triples enlaces, dichas cadenas serán insaturadas. Podríamos considerar las biomoléculas orgánicas como derivadas de hidrocarburos que contienen átomos o grupos de átomos que sustituyen a algunos de los hidrógenos, unidos a los carbonos. A estos sustituyentes los llamaremos

genéricamente grupos funcionales y sabemos que otorgan a las moléculas que los poseen nuevas propiedades y entre ellas una mayor reactividad o facilidad para unirse a otras moléculas. Los principales grupos funcionales son [recuerda el tema de la asignatura de química]: Alcohol o hidroxilo, aldehído, cetona, ácido carboxílico, amina y sulfhidrilo. (Ver esquemas de hidrocarburos y de compuestos derivados). Los principales tipos de biomoléculas son: Glúcidos, lípidos, prótidos y ácidos nucleicos. Ha sido costumbre durante mucho tiempo considerar las vitaminas como un quinto grupo de biomoléculas, pero no es correcto ya que son un conjunto demasiado heterogéneo en cuanto a composición química (algunas son lípidos) que sólo tienen en común ser sustancias que no podemos sintetizar los animales y que por ello debemos de ingerir en la dieta. También es de todos sabido que las necesitamos en pequeñas cantidades. Cabe añadir que intervienen en reacciones del metabolismo y que su carencia ocasiona enfermedades graves que pueden llevar a la muerte (escorbuto, raquitismo, pelagra, anemia...)

## 2.2.2 Biomoléculas orgánicas: Carbohidratos y lípidos

### GLÚCIDOS

Los glúcidos también son conocidos con los nombres poco apropiados de HIDRATOS DE CARBONO, CARBOHIDRATOS o AZÚCARES.

Los glúcidos son biomoléculas formadas por C, H y O exclusivamente, químicamente se definen como polialcoholes con un grupo aldehído o cetona. Sus funciones biológicas son fundamentalmente dos: energética y estructural. Por la proporción entre sus componentes se cometió el error de hacer lo siguiente:  $C_nH_{2n}O_n = C_n(H_2O)_n$ , de lo cual surgieron los nombres, erróneos pero hoy día utilizados de hidratos de carbono o carbohidratos (hidrato significa agua).

El término de azúcares sólo debe emplearse para aquellos glúcidos de sabor dulce (mono y disacáridos).

Los glúcidos pueden ser simples o complejos, los más sencillos son los monosacáridos y los complejos están formados por dos o más monosacáridos (pueden ser miles de ellos). Destacaremos los disacáridos y los polisacáridos.

- **Monosacáridos.**

Son los glúcidos más sencillos que hay, a partir de ellos se constituyen todos los demás glúcidos. Son de color blanco, solubles en agua, de sabor dulce y pueden cristalizar. Su fórmula general es  $C_nH_{2n}O_n$ , variando  $n$  entre 3 y 8. Así, distinguimos entre triosas, tetrasas, pentosas, hexosas, etc.

Puesto que los enlaces entre átomos de carbono son más o menos rígidos y las moléculas no son planas sino que tiene una disposición tridimensional, podemos encontrar moléculas idénticas en su composición pero con organización espacial diferente.

Por el hecho de que tienen propiedades diferentes es preciso darles nombres distintos o al menos ha habido que distinguir unas formas de otras mediante símbolos.

A estas moléculas semejantes pero no idénticas se las llama isómeros.

Entre las pentosas (monosacáridos con 5 átomos de carbono) destacan la RIBOSA y la DESOXIRIBOSA, que forman parte respectivamente de los ácidos nucleicos ARN y ADN. Sus funciones son, por lo tanto, estructurales.

Entre las hexosas (6 carbonos) se encuentra la GLUCOSA, que es el monosacárido más abundante en los seres vivos y cuya función es la energética, sirviendo de auténtico combustible celular. Se encuentra como tal en frutos y por ejemplo en la sangre (en una proporción de 1 g/l) [Cuando se dice que alguien “tiene azúcar en la sangre”, se refiere en realidad a que tiene más cantidad de glucosa de la normal]. Es también un monosacárido básico en la composición de disacáridos y polisacáridos.

- Otras hexosas comunes son la GALACTOSA, que forma parte del azúcar de la leche y la FRUCTOSA, que es propia del azúcar de las frutas. Los monosacáridos se representan mediante fórmulas. Una representación muy usual es la de Fischer. Se trata de una fórmula lineal y plana. Pero los monosacáridos en disolución acuosa reaccionan frente al

agua y sufren una ciclación, convirtiéndose en moléculas en forma de anillo (anulares o cicladas) que pueden ser de dos tipos, alfa o beta según la disposición de un grupo  $-OH$ . En 2º curso de Bachillerato se tratará más a fondo esta cuestión. Pero para este nivel de 1º es deseable conocer las fórmulas cíclicas mediante la representación de Haworth de algunos monosacáridos, con el fin de poder comprender los enlaces de unión entre ellos que producen disacáridos y polisacáridos.

- Disacáridos. Son moléculas formadas por la unión de dos monosacáridos, mediante el llamado enlace glucosídico.

Este enlace se efectúa entre un grupo alcohol de cada monosacárido con el desprendimiento de una molécula de agua.

Esta reacción se da entre el  $-OH$  del carbono 1 de un monosacárido y, generalmente, el  $-OH$  del carbono 4 del otro monosacárido.

Hay diferencia si el enlace se efectúa entre monosacáridos de la forma alfa o de la forma beta (ambas formas de la glucosa son isómeras).

Los disacáridos también son sólidos cristalizables, solubles en agua y de sabor dulce, por eso también son denominados azúcares. La función de los disacáridos es también energética, aunque para ser utilizados por las células, primeramente deberán ser descompuestos en sus monosacáridos integrantes.

Los principales son:

**MALTOSA** o azúcar de malta, que está formada por dos unidades de glucosa (la malta el grano de la cebada germinada; este producto es la base de la fabricación de la cerveza).

**LACTOSA** o azúcar de la leche, está formada por la unión de una molécula de glucosa y una de galactosa.

**SACAROSA** o azúcar de la fruta. Es muy abundante en la remolacha y en la caña de azúcar, de donde se extrae y constituye el azúcar que consumimos habitualmente. Se compone de un monosacárido de glucosa unido a otro de fructosa. Es realmente de sabor más dulce que la glucosa pero menos que la fructosa (comentario: edulcorante).

- Polisacáridos.

Están formados por centenares de monosacáridos, unidos por enlaces glucosídicos. Son, por lo tanto, macromoléculas. No son solubles en agua ni tienen sabor dulce, aunque son sólidos de color blanco.

Los más abundantes son:

**ALMIDÓN.** Está formado por unidades de glucosa y constituye el polisacárido de reserva energética propio de los vegetales. Se acumula preferentemente en ciertos órganos como tubérculos, raíces, semillas (cereales).

**GLUCÓGENO.** También se compone de cientos de unidades de glucosa y también constituye una reserva de energía, pero en este caso su origen es animal. Los mamíferos contienen glucógeno en el hígado y en los músculos. Su estructura es muy similar a la del almidón. Los hongos (reino Fungi), también acumulan glucógeno.

**CELULOSA.** Está formada por unidades de glucosa unidas por un tipo de enlace glucosídico algo diferente.

Las moléculas de celulosa, a diferencia de las de los anteriores polisacáridos, no se hallan ramificadas. Es de origen vegetal y su función es estructural, ya que forma parte de la pared celular, que como sabemos, da rigidez y protección a las células vegetales y constituye un auténtico esqueleto.

La celulosa es muy resistente y no puede utilizarse como fuente de materia o energía para la mayor parte de los animales. [La distribución espacial de los átomos de las biomoléculas es determinante a la hora de otorgar unas u otras propiedades a las mismas: la glucosa que forma la celulosa es algo diferente de la que forma el almidón. Aquélla es indigerible por los humanos mientras que el almidón se digiere perfectamente. Comentario en clase.

Otros polisacáridos, en estos casos formados por derivados de monosacáridos son la **QUITINA**, que forma el esqueleto de los artrópodos y de las paredes celulares de los

hongos (glucosas con un grupo amino) y la PECTINA, que interviene en la formación de las paredes celulares de todas las células vegetales.

## LÍPIDOS

Los lípidos son biomoléculas orgánicas formadas siempre por C, H y O aunque muchos poseen fósforo y nitrógeno, y en menor proporción azufre. Constituyen un grupo muy heterogéneo en cuanto a su composición química y suelen incluirse en este grupo aquellas sustancias que presentan unas características físicas determinadas, que son: ser insolubles en agua (disolvente polar) y solubles en disolventes orgánicos (apolares) como el benceno, el éter, el alcohol, la acetona, la gasolina, etc., suelen ser untuosos al tacto y menos densos que el agua.

Sus funciones son también variadas, destacando entre ellas la energética, la estructural, la hormonal y vitamínica.

Clasificación:

- I. Lípidos saponificables Son aquellos lípidos que pueden descomponerse en ácidos grasos y en alcohol. Se llaman así porque puede hacerse jabón con ellos (reacción de saponificación). En realidad el jabón se hace a partir de los ácidos grasos. Los ácidos grasos son cadenas hidrocarbonadas, que pueden ser saturadas o insaturadas. Los ácidos grasos saturados son los que no poseen ningún doble enlace entre carbonos y los insaturados son los que tienen uno o más dobles enlaces. Los ácidos grasos poseen un número variable de carbonos y en uno de sus extremos portan un grupo ácido carboxílico.

Su característica más llamativa es que son muy insolubles en agua, por lo que se dice que son hidrófobos. (Hidro= agua; Fobos, fobia = odio).

Los alcoholes también son variados y se trata de moléculas carbonadas que poseen uno o más grupos hidroxilo (-OH).

Los principales grupos de lípidos saponificables son:

Triglicéridos o grasas. Se componen de una molécula con tres carbonos y tres grupos  $-OH$ , el propanotriol o glicerina. Esta molécula lleva unidas mediante enlaces éster a tres moléculas de ácido graso.

El enlace éster se establece por reacción entre un grupo alcohol de la glicerina y el grupo hidroxilo del ácido graso, con liberación de una molécula de agua. Esta reacción recibe el nombre de ESTERIFICACIÓN.

La reacción opuesta es la HIDRÓLISIS, que requiere una molécula de agua y por eso se llama así. Si la hidrólisis se realiza en presencia de una base fuerte como la sosa cáustica ( $NaOH$ ), se obtiene glicerina y una sal de ácido graso, ésta es la reacción de SAPONIFICACIÓN y el resultado un jabón.

Las grasas tienen una función esencialmente energética. Un gramo de grasa contiene el doble de energía que un gramo de glúcido o de lípido (unas 9 Kilocalorías por gramo frente a unas 4,2 Kcal/g de las otras biomoléculas), por eso supone un ahorro de peso y de volumen y para seres como los animales resulta ventajoso guardar la energía bajo esta forma en vez de en glucógeno. Los vegetales no tienen el problema del sobrepeso pero sí sus semillas o sus frutos, por lo que muchas de ellas almacenan también grasa (los llamados frutos secos: nueces, avellanas, pipas, almendras, etc.).

Otras funciones de los triglicéridos son las de protección mecánica y aislante térmico (Una foca sin su capa de grasa subcutánea moriría de frío en el agua polar en cinco minutos, tal y como nos pasa a los humanos).

Las grasas con cadenas insaturadas son líquidas a temperatura ambiente, son las más frecuentes en los vegetales, denominándose aceites y al ser metabolizadas en nuestro organismo, no se transforman en colesterol. Pero también hay grasas vegetales saturadas como las de coco y palma, que son las que se utilizan en la elaboración de alimentos preparados por ser más baratas. En general las grasas animales son saturadas y por esto, su estado es sólido o semisólido a temperatura ambiente (manteca, sebo, tocino).

Las grasas saturadas pueden ser transformadas en colesterol dentro de nuestro organismo y vulgarmente las conocemos como mantecas, sebos o tocino; también son grasas la

mantequilla y la nata así como gran parte de la composición del queso. Sin embargo, la grasa del pescado contiene una gran proporción de grasas insaturadas y por lo tanto es de la mejor calidad sanitariamente hablando.

Parte de estas grasas son las que contienen los famosos ácidos grasos omega 3 de los que tanto se habla últimamente.

Ceras. Son ésteres de alcohol monovalente de larga cadena y una molécula de ácido graso. Son sólidas a temperatura ambiente y su principal característica es que son extremadamente hidrófobas. Las hay de origen animal como la cera que fabrican las abejas para confeccionar sus colmenas o el cerumen que segregan células del conducto auditivo para impermeabilizarlo y para retener partículas. Las aves acuáticas recubren de ceras su plumaje de modo que éste puede sumergirse sin mojarse. Las ceras de origen vegetal recubren estructuras como hojas, tallos y sobre todo frutos. En estos casos su función es tanto impermeabilizante como antideshidratante.

Fosfolípidos. Son un tipo de lípidos complejos, ya que además de estar constituidos por glicerina y dos moléculas de ácido graso poseen un grupo ácido fosfórico esterificado al tercer grupo alcohol de la glicerina y unido al fosfórico hay otra molécula orgánica con un grupo alcohol, diferente según los casos. Lo más llamativo de estas moléculas es su comportamiento ante el agua, diciéndose que son anfipáticas, lo que significa que un extremo (el del á. fosfórico) es polar y se mezcla bien con el agua (es hidrófilo – filo = amante) y el otro extremo (el de los ácidos grasos) es apolar y rehúye el agua (hidrófobo). Este comportamiento hace que estas moléculas en el agua se distribuyan de tal manera que sus extremos polares se enfrenten al agua y sus extremos apolares se protejan de ella. Esto hace que de manera espontánea formen capas dobles y micelas (ver esquema). Su función en los seres vivos es estructural, constituyendo la base de las membranas celulares.

Otros fosfolípidos como la lecitina, dado su carácter muy anfipático, tienen como función “hacer solubles” sustancias que no lo son o lo que es lo mismo, sirven para emulsionar moléculas como las grasas. Se emplean mucho en la industria alimentaria (lecitina de soja), por ejemplo para hacer margarina.

## 2. Lípidos insaponificables.

No poseen ácidos grasos (y por ello no se puede obtener jabón).

Destacamos dos tipos:

Isoprenoides o terpenos. Formados por la unión de moléculas de isopreno. Un ejemplo es el  $\beta$ -caroteno que es un pigmento vegetal de color naranja, que interviene en la fotosíntesis y colorea frutos. Los carotenos (hay más) también son precursores de la vitamina A (= prorrretinol: lo anuncian como ingrediente de las cremas para la cara como si fuera algo fantástico para las arrugas, y se extrae de una raíz tan exótica como la zanahoria). Otros terpenos son colorantes de flores y frutos (rojo, azul, amarillo...), son también terpenos los aceites esenciales de los vegetales que al evaporarse dan el aroma u olor a flores y plantas. El caucho es un polímero de isopreno (unas 1.000 unidades de isopreno por molécula).

El caucho o látex es un producto de muchas plantas empleado por ellas como cicatrizante ante heridas y también como sustancia irritante y de mal sabor para defenderse de animales herbívoros.

Esteroides. Moléculas muy complejas y formadas por anillos de carbonos (moléculas cíclicas). Destacaremos el colesterol, cuya función es la de formar parte, junto con los fosfolípidos, de las membranas celulares y por lo tanto son estructurales y fundamentales para las células. También son esteroides la vitamina D, las hormonas sexuales como la testosterona y los estrógenos así como las hormonas corticoides (fabricadas por las cápsulas suprarrenales).

### 2.2.3 Biomoléculas orgánicas: Proteínas y Ácidos Nucleícos

#### PROTEÍNAS O PRÓTIDOS

Los prótidos son biomoléculas orgánicas formadas siempre por C, H, O y N. Pueden contener también S, P y algunos otros bioelementos. Los prótidos se componen de unas pequeñas moléculas denominadas aminoácidos. Los aminoácidos se enlazan unos con otros mediante el llamado enlace peptídico. Una cadena formada por solo unos pocos aminoácidos recibe el nombre de péptido (oligopéptido si contiene muy pocos y polipéptido si son más). A partir de un cierto número pasa a llamarse proteína (no hay un número determinado. En general los péptidos son fragmentos de proteínas).

Un aminoácido es una biomolécula que posee un carbono que tiene saturadas sus cuatro valencias de la forma siguiente: lleva unido un grupo amino, un carbono con un grupo ácido carboxilo y un hidrógeno. Esto es común para todos los aminoácidos y la cuarta valencia está saturada por diferentes átomos o moléculas dependiendo del a.a. del que se trate; lo denominaremos normalmente como  $-R$  o cadena radical. Este radical puede ser el hidrógeno en el caso de la glicocola o una cadena carbonada con un grupo alcohol en el caso de la treonina, un grupo sulfhidrilo en la metionina, una molécula orgánica cíclica como la fenilalanina, etc.

Existen sólo 20 a.a. diferentes formadores de proteínas. El enlace peptídico se establece entre el grupo hidroxilo del ácido graso de un aminoácido y el nitrógeno del grupo amino de otro aminoácido. En este caso también se desprende agua.

Las proteínas resultan de la unión mediante enlace peptídico de decenas a cientos de a.a. A pesar de que sólo existen 20 a.a. diferentes, se pueden formar casi infinitas proteínas distintas: Dos proteínas pueden diferir en el n° total de a.a., también en el tipo de a.a. que contengan (de 1 a 20 distintos), de las proporciones de los diferentes a.a. que presenten y por último de la secuencia u orden que mantengan a lo largo de la cadena. Los radicales de los distintos a.a. de una proteína pueden formar enlaces débiles entre ellos, lo que da una forma determinada a la molécula.

Esa estructura tridimensional es fundamental para que la proteína cumpla con su función y por ello, un cambio en el orden de algunos a.a. puede significar la inactivación de la misma. (Los cambios en su estructura tridimensional se denominan desnaturalizaciones y pueden ser reversibles o irreversibles: cuando se pone un huevo a cocer, sus proteínas se desnaturalizan y pasan de líquidas a sólidas). Se distinguen hasta cuatro niveles distintos de organización de las proteínas.

Las funciones de las proteínas son muy variadas, destacamos las siguientes:

- **Función estructural:** las membranas celulares son estructuras que contienen una alta proporción de proteínas. El colágeno, la elastina y la queratina son proteínas que aparecen formando parte de los huesos (colágeno), están bajo la piel (colágeno y elastina), o forman la epidermis de la piel, las uñas, los cuernos, los pelos o las plumas (queratina).
- **Función transportadora:** hay proteínas sanguíneas que transportan lípidos (por ejemplo el colesterol), la hemoglobina transporta oxígeno también en la sangre, la mioglobina lo hace en los músculos y los citocromos transportan electrones en las mitocondrias, permitiendo el proceso de la respiración celular.
- **Función inmunológica:** los Anticuerpos que sintetizan los linfocitos son siempre proteínas (los Ac. son fabricados específicamente contra los antígenos o elementos extraños que penetran en el organismo).
- **Función hormonal:** muchas hormonas son proteínas, como la del crecimiento, la insulina o la adrenalina.
- **Función contráctil:** la actina y la miosina responsables de la contracción muscular son proteínas.
- **Otras funciones:** el fibrinógeno es la proteína responsable del coágulo sanguíneo así como muchos factores involucrados en la coagulación sanguínea son también proteínas.
- **Función enzimática o biocatalizadora:** esta función es fundamental. Las enzimas son proteínas que favorecen y permiten que tengan lugar todas las reacciones químicas de las células (el metabolismo). Hay miles de ellas diferentes, que catalizan otras tantas

reacciones. Son muy específicas y en su ausencia no tienen lugar las transformaciones químicas.

## ÁCIDOS NUCLEICOS

Son compuestos formados siempre por C, H, O, N y P. Los ácidos nucleicos son polímeros de monómeros llamados nucleótidos.

**Nucleótidos:** Un nucleótido es una molécula formada por tres moléculas menores: una base nitrogenada, un monosacárido y una molécula de ácido fosfórico. Una base nitrogenada es una molécula cíclica que posee nitrógeno además de carbonos en el anillo. La base nitrogenada puede ser de dos tipos, bien púricas o bien pirimidínicas, según su estructura sea derivada de la purina o de la pirimidina respectivamente.

Dentro de las bases púricas hay dos posibilidades: ADENINA o GUANINA.

Dentro de las bases pirimidínicas: CITOSINA, TIMINA o URACILO.

El monosacárido siempre es una pentosa (5 carbonos), existiendo dos diferentes:

RIBOSA y DESOXIRIBOSA.

Ésta última se diferencia de la anterior en que posee un oxígeno menos (El carbono 2' posee un hidrógeno en lugar de un -OH). La molécula de ácido fosfórico,  $H_3PO_4$  es, en general, única pero algunos nucleótidos pueden tener hasta tres. La estructura del nucleótido es la siguiente: a la pentosa se encuentra unida por el carbono 1' la base nitrogenada y al carbono 5' la molécula de á. fosfórico.

Los carbonos de la pentosa se nombran con el número correspondiente seguido de una comilla para diferenciarlos de los carbonos y nitrógenos de la base nitrogenada que no la llevan evitando así confusiones.

Existen dos tipos de ácidos nucleicos:

**ADN (DNA) y ARN (RNA)** ADN El ADN es un polinucleótido (cadena de nucleótidos) cuyos nucleótidos están formados por una de las cuatro bases siguientes: A, T, C, G, no apareciendo en ningún caso uracilo; además presenta como monosacárido la desoxirribosa y una molécula de ácido fosfórico.

Por lo tanto existen 4 nucleótidos diferentes.

La molécula de ADN suele ser muy larga, con un gran peso molecular y está formada por una doble cadena de nucleótidos.

Los nucleótidos que forman la cadena, se unen entre sí a través del ácido fosfórico y de la desoxirribosa, quedando las bases nitrogenadas dispuestas lateralmente.

Las dos cadenas son antiparalelas, lo cual quiere decir que están enfrentadas en orden opuesto (ver esquemas) y las bases se emparejan de modo que siempre a la A le corresponde una T; a C le corresponde una G y viceversa (T-A; G-C).

Esta doble cadena está replegada en el espacio formando una estructura que llamamos doble hélice.

Al igual que las proteínas, El ADN es una molécula tridimensional en la que se pueden distinguir varios niveles de organización: estructura primaria, dada por la secuencia de bases; estructura secundaria, que representa el modo en que se pliega la estructura primaria dando lugar a la doble hélice; estructura terciaria, la doble hélice se encuentra exquisitamente replegada en torno a unas proteínas especiales llamadas histonas. Hay más estructuras de plegamiento (ver esquemas) las cuales tienen una doble función: hacer que el ADN ocupe menos espacio y, según las condiciones celulares, deberán permitir que la información de esta molécula pueda ser “leída” o por el contrario que no lo sea. Este ADN plegado recibe el nombre de cromatina (eucromatina: puede ser transcrita a ARN; heterocromatina: está más replegada y no puede ser transcrita). El grado máximo de replegamiento se da sólo cuando la célula va a dividirse, en cuyo caso la cromatina se transforma en los llamados cromosomas.

La función del ADN es contener la información genética de la célula. Esta información puede ser traducida en proteínas, habiendo sido previamente transcrita a ARN. Se localiza en el núcleo celular en las células eucariotas. ARN Es un polinucleótido de nucleótidos con ribosa, á. fosfórico y bases que pueden ser A, U, C, G (nunca timina).

Existen 4 nucleótidos diferentes.

Se trata de moléculas mucho más cortas que las de ADN y además de cadena sencilla.

Según sus funciones se distinguen varios tipos de ARN:

- ARNm, mensajero.

Lleva la información desde el ADN a los ribosomas donde se traducirá a proteínas.

- ARNt, transfer o de transferencia.

Lleva los aminoácidos a los ribosomas para producir la síntesis de proteínas siguiendo la información del ARNm.

Este ARN presenta una estructura tridimensional curiosa ya que aunque se trata de una única cadena, se repliega y forma doble hélice en algunos tramos por complementariedad de bases consigo misma

- ARNr, ribosómico.

Los ribosomas están constituidos en una gran proporción por ARN. (Los ribosomas son los orgánulos celulares encargados de la síntesis o fabricación de las proteínas).

## 2.2.4 Biomoléculas inorgánicas

BIOMOLÉCULAS INORGÁNICAS:

EL AGUA.

El agua es una molécula de enorme importancia biológica, tanto por su abundancia como por las funciones que desempeña en la materia viva así como por el papel que ha jugado en el origen y evolución de la vida.

- Abundancia. El agua es la biomolécula más abundante de los seres vivos, alcanzando una proporción media del 75% del peso total. Hay seres con mayor proporción (lechugas o medusas, por ejemplo con más de un 90%) y otros con mucha menos (por ejemplo las semillas de los vegetales 15%). Esta agua procede en su mayor parte del medio externo y en menor proporción de reacciones químicas de las células.

En los seres pluricelulares, el agua se encuentra dentro de las células, entre las mismas (espacio intersticial o intercelular), o circulando por el organismo (sangre, linfa o savia).

-Estructura de la molécula. La molécula del agua es neutra en conjunto, pero presenta bipolaridad, es decir, se comporta como un pequeño imán o dipolo debido al reparto asimétrico de sus electrones, que hace que un extremo tenga carga positiva y el otro extremo la tenga negativa. Esta asimetría procede de que en el enlace covalente entre los hidrógenos y el oxígeno, este último “tira” de los electrones de los hidrógenos al ser muy electronegativo quedando con un exceso de carga negativa y la zona de los hidrógenos con un defecto de esta carga negativa y por lo tanto con exceso de carga positiva.

Debido a esta característica, entre hidrógenos y oxígenos de distintas moléculas se establecen enlaces débiles llamados puentes de hidrógeno que mantienen unidas a las moléculas del agua.

Por todo ello presentan una gran cohesión y para evaporar agua habrá que aportar una gran cantidad de energía.

Funciones biológicas.

Están relacionadas con sus propiedades fisicoquímicas.

Las principales son:

- **Función disolvente.** El agua es un líquido que disuelve un gran número de sustancias diferentes (disolvente universal).  
Esto hace que casi todas las reacciones biológicas tengan lugar en medio acuoso, al mantener muchos compuestos de forma ionizada y por lo tanto permitiendo que puedan reaccionar entre ellos.
- **Medio de reacción.** Además, constituye un medio que facilita la movilidad de las moléculas, favoreciendo el que puedan reaccionar entre ellas. (Las semillas pueden mantenerse “dormidas” mucho tiempo porque al no tener agua, no hay reacciones químicas).
- **Función transportadora.** Los medios transportadores de sustancias tanto nutritivas como de desecho suelen estar constituidos fundamentalmente por agua (sangre, savia).
- **Función bioquímica.**

El agua participa en reacciones bioquímicas como sustancia reaccionante o sustrato, como por ejemplo en las llamadas hidrólisis, mediante las cuales muchas macromoléculas orgánicas son descompuestas en biomoléculas más simples.

En procesos como la fotosíntesis, el agua interviene aportando hidrógenos. En otras reacciones, se obtiene agua como producto de reacción, como por ejemplo en la respiración u oxidación de la glucosa.

- **Función estructural.** El agua puede servir de auténtico esqueleto, dando consistencia a ciertas células o estructuras. Por ejemplo esto sucede en plantas herbáceas o en animales como las medusas.
- **Función termorreguladora.** El agua, debido a su elevado calor específico (se necesita mucha energía para elevar o disminuir su temperatura) es un excelente regulador, evitando los cambios bruscos que podrían afectar a los seres vivos. Por ejemplo, la sangre calienta la piel cuando ésta pierde calor, o el sudor la enfría si hay un sobrecalentamiento.

Pero todo ello sin tener que movilizar o perder mucha cantidad de líquido. La vida se considera tan ligada al agua que solo ahora que se ha demostrado la existencia de esta en Marte, los científicos se plantean la búsqueda de seres vivos en dicho planeta.

## LAS SALES MINERALES

Las sales minerales están formadas por un catión y un anión. Las sales pueden presentarse de dos formas diferentes:

- Sales insolubles o no disociadas.

Se dicen también sales precipitadas. Presentan una función esquelética, formando caparazones (carbonato cálcico) o conchas o bien huesos (fosfato cálcico). En algunos casos, los iones pueden estar unidos a moléculas orgánicas, de modo que no están disociados pero tampoco forman sales minerales. Sus funciones dependerán de la molécula de que se trate.

Por ejemplo, la hemoglobina lleva el ión hierro, la clorofila contiene magnesio, la vitamina B12 lleva el ión Cobalto, etc.

- Sales en forma disociada o sales solubles o disueltas. Los iones se encuentran disueltos en agua y son responsables de algunas funciones muy específicas, pero también intervienen de manera decisiva en procesos físico-químicos de importancia vital para los organismos.

## UNIDAD III

### NIVEL FISIOLÓGICO

Para que la célula funcione de manera adecuada se requieren de diversos procesos, entre los que se incluyen el transporte de moléculas, la comunicación intercelular y la reproducción. A continuación se describen estos procesos básicos.

#### Transporte de moléculas

Las moléculas necesarias para el funcionamiento celular que se encuentran fuera de la célula deben de transportarse a los organelos destino, el proceso depende, por un lado, de la utilización o no de energía y, por otro, de las características de la molécula que se trate.

En cuanto a la utilización o no de energía, se distinguen dos mecanismos de transporte.

- Transporte pasivo, en el cual el movimiento de moléculas al interior de la célula no requiere de un gasto energético.
- Transporte activo, en este tipo de transporte sí hay dependencia de energía

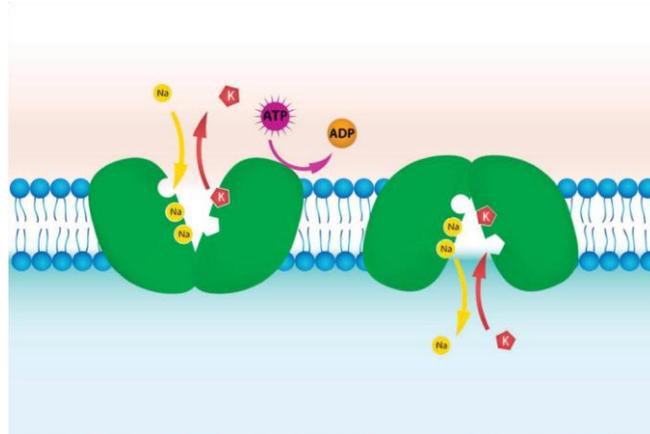
### 3.1 Transporte (activo y pasivo)

#### Transporte activo

El mecanismo de transporte de moléculas que requiere de un gasto de energía es el transporte activo, el cual emplea la ruptura de moléculas de ATP como fuente de energía, en este mecanismo también se emplean proteínas ubicadas en la membrana plasmática.

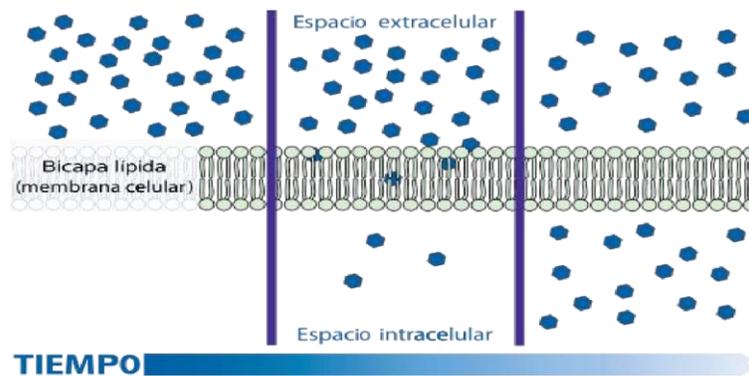
Este tipo de transporte contempla el paso de moléculas tanto de adentro hacia afuera o viceversa, el paso de dos moléculas a la vez, ya sea en una sola dirección o en intercambio de direcciones.

El ejemplo más representativo de este mecanismo es el transporte activo de sodio y potasio, conocido como “bomba de sodio-potasio”. La bomba de sodio y potasio es una proteína presente en todas las membranas plasmáticas de las células, cuyo objetivo es eliminar sodio de la célula e introducir potasio al citoplasma. Proceso importante para muchas funciones celulares, entre las que se encuentran la producción y transmisión de los impulsos nerviosos y la contracción de las fibras musculares.



### Difusión simple

Este proceso se define como el paso de moléculas de una zona de menor concentración a una de mayor concentración, es un proceso sumamente simple, se basa en el concepto de que todo sistema tiende siempre al equilibrio, este proceso depende en gran medida de que la molécula sea muy simple o pequeña y de su carácter hidrófobo, es decir, que sean moléculas que fácilmente entran en contacto con la zona lipídica de la membrana. Ejemplo de este tipo de transporte es el paso de los gases a través de la membrana.



Esquema de difusión simple, se ilustra cómo las moléculas pasan a través de la membrana desde una zona de gran concentración (espacio extracelular) a una de menor concentración (espacio intracelular).

### Ósmosis

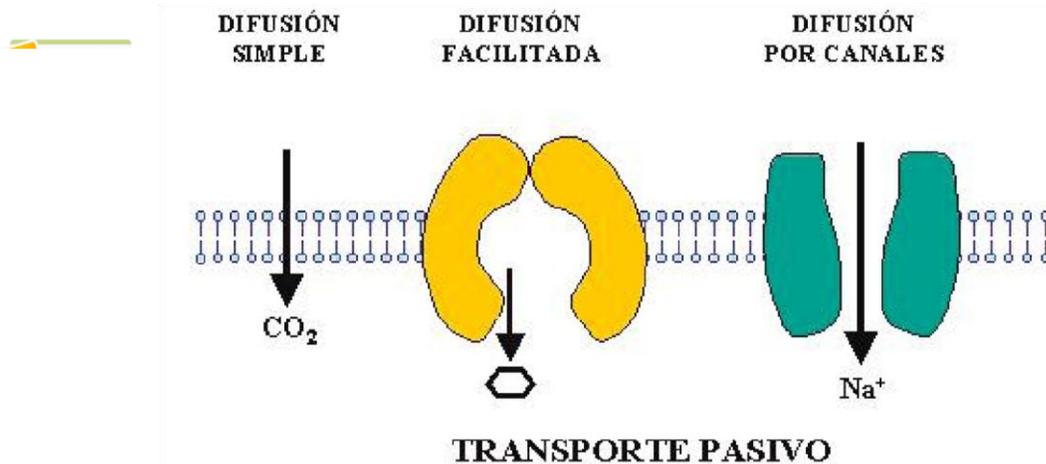
Se define como el paso de un solvente a través de una membrana semipermeable de una zona en la que existe poca concentración de un soluto a una de mayor concentración, es un mecanismo independiente de energía. Es de gran importancia tener presente este proceso, ya que es el que principalmente emplea el agua para su paso al interior de las células, por ejemplo, con este mecanismo se absorbe en el intestino el agua que tomamos.

### Difusión facilitada

Este proceso se relaciona con la participación de proteínas de la membrana celular que favorecen el transporte de moléculas desde el exterior al interior de la célula y viceversa, siempre debe cumplir con la premisa de la difusión, de una zona de mayor a una de menor concentración. La facilitación del proceso se puede dar en los siguientes casos:

- Mediante la participación de proteínas de canal. Estas proteínas se encuentran insertas en las membranas y su acción se ve estimulada por la diferencia de cargas electrostáticas entre el espacio intercelular y extracelular que le permiten facilitar el transporte de moléculas. Como ejemplo, mediante este mecanismo entran muchos iones a la célula.
- Mediante proteínas transportadoras. Este proceso depende de la unión de la molécula a transportar a una glucoproteína, la cual realiza ajustes estructurales como cambios de forma en la configuración proteica para introducir la molécula a la célula, se activa mediante la estimulación de zonas específicas de la proteína denominada receptores, tan específicos que sólo se activan con una molécula en particular, por lo que existen un gran número de estas proteínas insertas en el espesor de las membranas celulares. Con este tipo de transporte por ejemplo, la glucosa que consumimos entra a los diferentes tejidos de nuestro cuerpo.
- Mediante la activación de canales específicos por cambios del gradiente eléctrico en la membrana celular. Tal es el caso de las neuronas, en las que un estímulo eléctrico

desencadena la apertura de diversos canales de sodio y potasio en la membrana celular, curiosamente el gradiente eléctrico se produce a medida que estos iones se mueven del interior al exterior de la célula.



### 3.2 Respiración (aerobia y anaerobia)

Las células llevan a cabo diversos procesos para mantener su funcionamiento normal, muchos de los cuales requieren energía.

La respiración celular es una serie de reacciones mediante las cuales la célula degrada moléculas orgánicas para producir energía.

La respiración celular se divide en pasos y sigue distintas rutas en presencia o ausencia de oxígeno. En presencia de oxígeno sucede respiración aeróbica y en ausencia de oxígeno sucede respiración anaeróbica. Ambos procesos comienzan con la glucólisis. (slideshare.net, respiración aeróbica y anaeróbica).

#### RESPIRACIÓN CELULAR AERÓBICA

Es un tipo de metabolismo energético en el que los seres vivos extraen energía de moléculas orgánicas, como la glucosa, por un proceso complejo en el que el carbono es oxidado y en el que el oxígeno procedente del aire es el oxidante empleado. Es el conjunto de reacciones en las cuales el ácido pirúvico producido por la glucólisis se transforma en  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ , y en el proceso, se producen 36 moléculas de ATP.

## RESPIRACIÓN ANAERÓBICA

Es el tipo de respiración que no necesita oxígeno. Es llevada a cabo por células procariotas y algunas levaduras y en el ser humano puede realizarse en el músculo cuando tiene una demanda elevada de energía.

La principal vía de la respiración anaerobia es la glucólisis.

-**GLUCÓLISIS:** Es la vía con la que se degrada la glucosa para obtener energía, y se compone de una serie de reacciones bioquímicas llevadas a cabo en el citoplasma. Antes de empezar a explicar esa vía es necesario tener presente que: el ATP (Adenosin Trifosfato) es la “moneda energética” de la célula ya que suministra la energía para el metabolismo.

-**GLUCÓLISIS ANAEROBIA:** No necesita oxígeno y es llevada a cabo en el músculo en condiciones de alta demanda energética y en los organismos anaerobios. Una vez que entra la glucosa a las células, mediante una serie de reacciones catalizadas por enzimas, se convierte en piruvato, al no haber oxígeno el piruvato se convierte en lactato mediante una enzima llamada lactato deshidrogenasa y aquí termina el metabolismo anaerobio. (Cruz, 2009). En el proceso no se usa oxígeno, sino otra sustancia oxidante distinta como el sulfato o el nitrato. En las bacterias con respiración anaerobia interviene también una cadena transportadora de electrones en la que se reoxidan los coenzimas reducidos durante la oxidación de los sustratos nutrientes. La única diferencia, por lo tanto radica, en que el aceptor último de electrones no es el oxígeno. Todos los posibles aceptores en la respiración anaeróbica tienen un potencial de reducción menor que el  $O_2$ , por lo que, partiendo de los mismos sustratos (glucosa, aminoácidos, triglicéridos), se genera menos energía en este metabolismo que en la respiración aerobia convencional. No hay que confundir la respiración anaeróbica con la fermentación, en la que no existe en absoluto cadena de transporte de electrones, y el aceptor final de electrones es una molécula orgánica; estos dos tipos de metabolismo tienen solo en común el no ser dependientes del oxígeno. (Hugo Gómez, 2009)

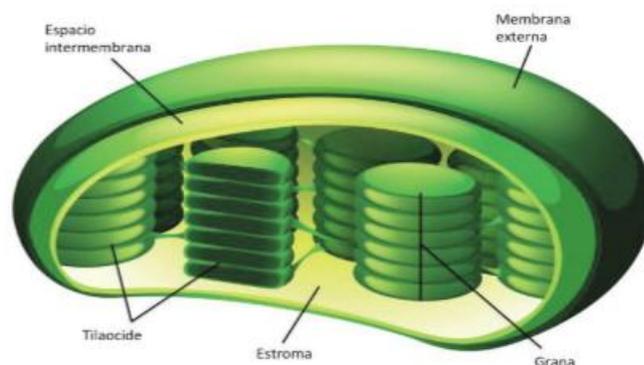
### 3.3 Nutrición en anaerobios: Fotosíntesis (Fase luminosa y fase oscura)

La fotosíntesis es el proceso mediante el cual las plantas utilizan energía luminosa para convertirla en energía química y que se almacena en forma de moléculas orgánicas. Este proceso se lleva a cabo en dos etapas:

1. Primera etapa. Esta fase es totalmente dependiente de la luz, motivo por el cual se le ha denominado “fase luminosa”, en esta fase se produce el oxígeno.
2. Segunda etapa es la producción de moléculas con la energía almacenada en las moléculas de ATP y NADPH, es la fase de la quimiosíntesis, es independiente de la luz solar, motivo por el cual se le ha denominado “fase oscura”.

En las células que realizan fotosíntesis existen unos organelos denominados cloroplastos, que están formados por una membrana externa y una interna, entre las que se encuentra un espacio conocido como espacio intermembrana.

En el interior de los cloroplastos se encuentra un fluido denominado estroma, en el cual están contenidas las enzimas que intervienen en la formación de moléculas de carbohidratos. En el estroma también se encuentra suspendido un tercer sistema de membranas que al interconectarse forman el tilacoide, en el cual existen formaciones denominadas “grana” que son pliegues entrelazados sobre sí mismos a manera de “pila de monedas” en las cuales se desarrollan los procesos de la fotosíntesis.



Estructura de los cloroplastos.

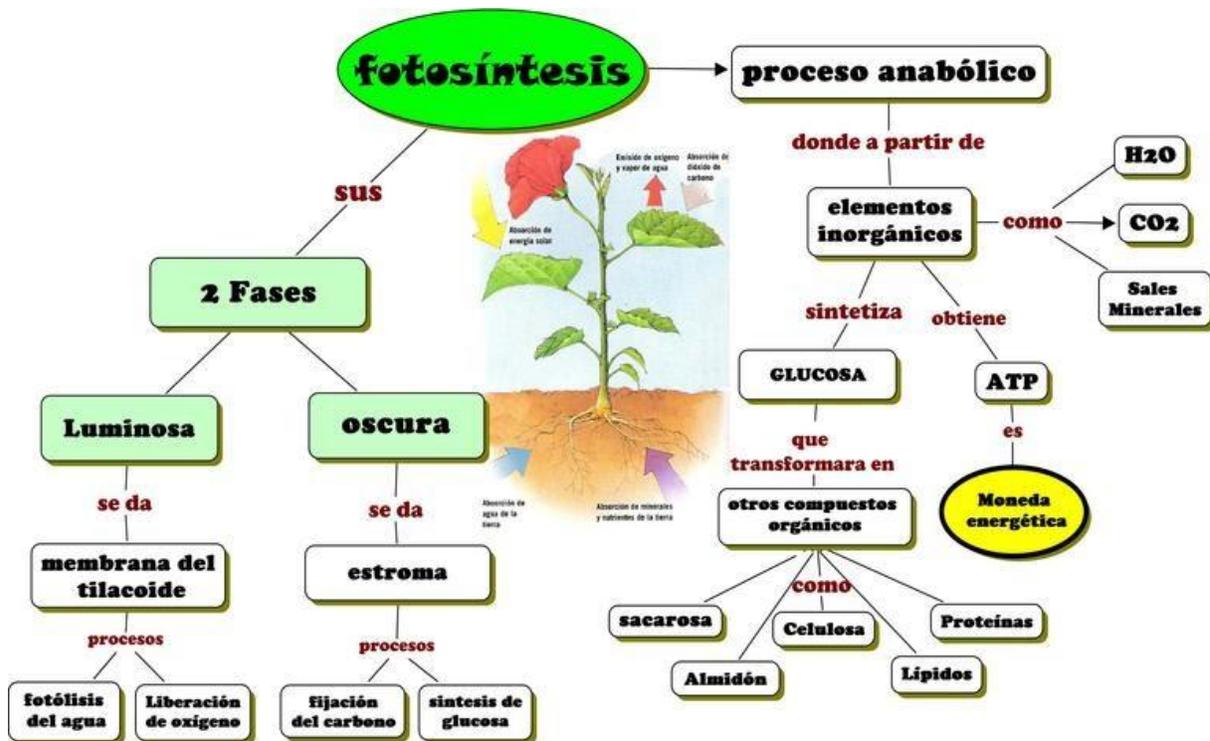
## Estructura de los cloroplastos.

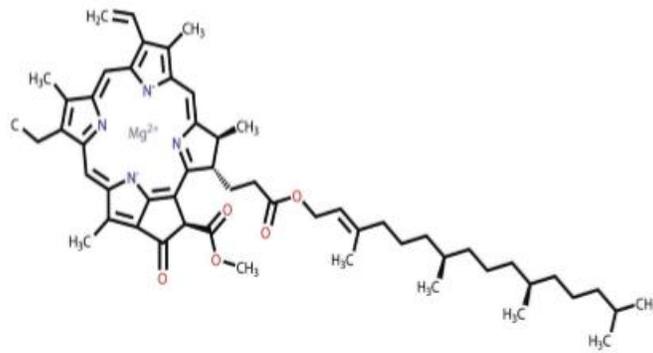
Los pigmentos fotosintéticos de las plantas son un grupo de sustancias químicas que se desestabilizan con la influencia de los rayos del sol; el más común y fundamental de los pigmentos entre las plantas es la clorofila.

La molécula de clorofila está constituida por un anillo de porfirina que absorbe la energía luminosa y una cadena hidrocarbonada que le proporciona fijación a las estructuras de la membrana tilacoide.

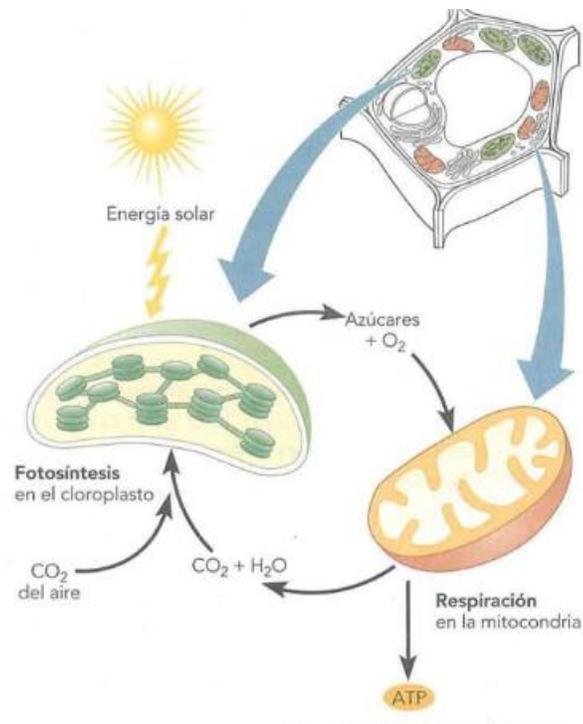
Cuando la energía luminosa impacta en la clorofila, un electrón del sistema fotótrofo se estimula y salta a un orbital de mayor energía, el cual tiene la capacidad de desencadenar reacciones químicas apareadas en las que se produce ATP. Cuando la energía es transferida a una cadena transportadora, el electrón regresa a sus órbitas de energía habitual en espera de ser estimulado nuevamente.

Como producto final de su metabolismo, los organismos autótrofos producen oxígeno y agua, así que, para que exista un equilibrio natural de este proceso existen también seres vivos que requieren como principal sustrato el oxígeno, tal es el caso de todos los animales





Estructura de la molécula de clorofila.



### 3.3.1 Fotosíntesis inversa

Un grupo de científicos de la universidad de Copenhague ha descubierto que la operación contraria, conocida como fotosíntesis inversa, puede proporcionarnos una nueva fuente energética de gran eficacia.

Como decimos, si los vegetales utilizan la energía solar para crecer durante la fotosíntesis, en el proceso inverso la usan para conseguir el efecto contrario, es decir, para desaparecer. Esto supone un nuevo uso del sol para descomponer los materiales que, aplicado a la extracción química a partir de biomasa, puede resultar muy útil.

La principal ventaja radica en que el sol sería la única fuente natural necesaria, lo que abarataría los costes y facilitaría la producción. Si, hasta el momento, para conseguir hidrocarburos de la materia vegetal descompuesta había que esperar millones de años o provocar reacciones mediante energías complementarias, ahora el sol y la fotosíntesis inversa podrían ser suficientes.

En ambos tipos de fotosíntesis interviene la misma molécula: combinada con una enzima específica la clorofila también es capaz de romper las estructuras moleculares de las plantas y generar nuevos productos químicos de aplicación en las industrias química y energética.

Controlar este proceso supondría la posibilidad de generar energía a partir de vegetales, plásticos y polímeros a temperaturas muy bajas y de una forma rápida y menos contaminante. De nuevo, el sol se posiciona, así como la fuente natural más poderosa de cara a producir energía en un futuro que parece cada vez más cercano.

### 3.3.2 Nutrición

La nutrición a nivel celular es un conjunto de procesos mediante los cuales el organismo transforma e incorpora las sustancias (procesos anabólicos) que han de cubrir las necesidades energéticas y estructurales del mismo.

La nutrición de un organismo pluricelular es el conjunto de procesos por los cuales los seres vivos utilizan, transforman e incorporan en sus estructuras una serie de sustancias que

obtienen del medio que les rodea, sustancias que, forman nutrientes, están contenidas en el alimento.

Los seres vivos han logrado desarrollar diversas maneras de obtener los nutrientes que requieren ya sea por degradación de moléculas. O por la construcción de ellas.

De esta manera, se clasifica a los organismos según su nutrición en autótrofos y heterótrofos.

#### Nutrición autótrofa

Los organismos autótrofos pueden producir sus alimentos por medio de fuentes de carbono como el CO<sub>2</sub> y de la aportación de alguna fuente de energía; los quimiosintéticos obtienen su energía comenzando de la oxidación de sustancias inorgánicas como el sulfuro de hidrógeno o algunos nitritos, mientras que los fotosintéticos obtienen su energía del sol.

#### Nutrición heterótrofa

Los organismos que no producen sus propios alimentos y necesitan una fuente ya elaborada de alimentos se conocen como heterótrofos, los cuales son consumidores de los alimentos que elaboran los productores. A este grupo pertenecen los hongos, los animales, muchos tipos de bacterias y protozoarios. La forma en que cada organismo obtiene sus alimentos puede variar, por eso se clasifican de la siguiente manera:

#### Organismos holozoicos

La nutrición holozoica, de hólus, todo o entero y zoo, animal, es la que efectúan la mayoría de los animales. En este tipo de nutrición se ingieren y digieren los alimentos.

Esto sucede en algunas células como amibas y glóbulos blancos, las cuales fagocitan sus alimentos englobándolos con sus pseudópodos. Dichos alimentos pueden consistir en ciertos microorganismos, células más pequeñas o partículas de materia orgánica que posteriormente digieren intracelularmente. Organismos saprofitos

La nutrición saprofita, de saprós, podrido, y phyton, planta, se efectúa por organismos unicelulares y pluricelulares heterótrofos que adquieren su alimento orgánico de sustratos

muerdos, y que, con la ayuda de los fermentos que secretan, digieren y solubilizan las sustancias antes de absorberlas, realizan digestión extracelular.

Este es el caso de muchas bacterias y hongos, que son los principales responsables de la putrefacción y el reciclamiento de la materia orgánica, sobre todo de desechos y cadáveres de plantas y animales, incluyendo los seres humanos.

La nutrición saprofita es de enorme importancia en el ciclo de la materia en la naturaleza, porque gracias a ésta la materia muerta puede ser reaprovechada por otros seres vivos.

A los animales que se alimentan de cualquier tipo de compuestos orgánicos en putrefacción se les da el nombre de saprozoicos.

Por ejemplo, en un tronco caído de un árbol, podemos observar cómo se desarrollan hongos que poco a poco van descomponiendo la madera y reincorporándose al suelo, asimismo, cuando un alimento se descompone, es porque las bacterias que hay en el aire llegan a nutrirse de éste y liberan algunos productos de desecho que causan el olor característico que hace que ese alimento ya no sea apetecible. Organismos parásitos

De forma general, un parásito es el individuo que vive a expensas de otro organismo, comúnmente de distinta especie, causándole daño e incluso la muerte, ya que se alimentan de los tejidos y nutrientes de éste. Por ejemplo, los ectoparásitos o parásitos externos, como pulgas, piojos, chinches, garrapatas y algunos moscos, se alimentan de sangre, y para obtenerla a veces dañan tejidos superficiales del huésped, además de que pueden transmitir por medio de su picadura, otros parásitos internos o endoparásitos.

Comúnmente los parásitos son mucho más pequeños y numerosos que su huésped, lo que explica que puedan vivir dentro o fuera de él; por lo general, su ciclo de vida requiere de la invasión a dos o más huéspedes.

Los endoparásitos viven dentro del organismo al que invaden. Por ejemplo, algunas bacterias, ciertos virus y protozoarios que por lo regular invaden células de algunos tejidos del huésped. Otros endoparásitos invaden el tubo digestivo de su huésped (ya sea el hombre u otros animales), como lo hacen ciertos gusanos platelmintos y nematelmintos (lombrices

intestinales, oxiuros, solitarias, etcétera) e inclusive ciertos protozoarios, como la amiba histolítica, que puede invadir tejidos de distintos órganos y causar severos daños. La mayoría de los gusanos parásitos se nutren de los alimentos ya digeridos de su huésped, quien sufre con frecuencia las consecuencias de una alimentación deficiente debido a sus invasores.

Ya hemos visto que existen organismos autótrofos y heterótrofos.

Los organismos autótrofos, son los que elaboran sus propios alimentos a partir de una fuente inorgánica y con la ayuda de algún tipo de energía transforman sus propios nutrientes, como los organismos que realizan: fotosíntesis y quimiosíntesis. Mientras que los organismos heterótrofos no producen su propio alimento y necesitan una fuente ya elaborada.

### **3.4 Reproducción (mitosis y meiosis)**

Las células del cuerpo humano se clasifican en células somáticas y células sexuales.

Las células somáticas son todas las células del cuerpo, a excepción de óvulo y espermatozoide. Son células que contienen 23 pares de cromosomas (células diploides) y se representan como células  $2n$  ( $n=23$  cromosomas), lo que significa que tienen 23 cromosomas apareados, es decir, 46 cromosomas.

Las células sexuales son el óvulo y el espermatozoide, también llamados gametos, son células que contienen 23 cromosomas (células haploides) y se representan como células  $n$  ( $n=23$  cromosomas), lo que significa que tienen 23 cromosomas. Los gametos durante la fecundación formarán un cigoto o huevo fecundado con  $2n$  (23 pares de cromosomas=célula diploide).

#### **3.4.1 División celular: Mitosis**

Mitosis ¿Qué es?

La teoría celular dice que las células provienen de otras ya preexistentes.

Las nuevas células se dividen por el proceso de división celular. Cuando una célula se divide, se divide también el núcleo y el citoplasma. La división celular provee nuevas células (células hijas) para el crecimiento, para restaurar heridas, y para reemplazar partes dañadas del cuerpo.

Durante la división del núcleo, los cromosomas se pasan a las nuevas células que se forman.

La mitosis es el proceso de formación de dos células idénticas, por replicación y división de los cromosomas de la célula original. Durante la mitosis cada célula hija recibe el mismo número de cromosomas que tenía originalmente la célula madre.

Funciones de la Mitosis	
Organismos unicelulares	Organismos pluricelulares
Reproducción del mismo organismo, para aumentar el número de organismos.	Crecimiento: Las células de los tejidos se reproducen por mitosis y así el tejido va aumentando.
Aumentar la población.	Renovación de células destruidas.
Perpetuación de la especie.	Renovación de tejidos dañados.

### Fases de la mitosis

Antes de la mitosis, la célula lleva a cabo una serie de procesos previos, entre los cuales aumenta de tamaño y lleva a cabo síntesis de materiales. Además se lleva a cabo una duplicación del material genético (cromosomas), de tal manera que la célula al iniciar la mitosis, tiene dos juegos idénticos de cromosomas.

#### Fase I. Profase:

- En la profase temprana, la célula comienza a deshacer algunas estructuras y construir otras, y así prepara el escenario para la división de los cromosomas.

- Los cromosomas comienzan a condensarse (lo que hace que sea más fácil separarlos después).
- El huso mitótico comienza a formarse. El huso es una estructura hecha de microtúbulos, fibras fuertes que son parte del “esqueleto” de la célula. Su función es organizar los cromosomas y moverlos durante la mitosis.

El huso crece entre los centrosomas a medida que se separan.

- El nucléolo, que es una parte del núcleo donde se hacen los ribosomas, desaparece. Esto es una señal de que el núcleo se está alistando para descomponerse.
- En la profase tardía (llamada prometafase), el huso mitótico comienza a capturar y a organizar los cromosomas.
- Los cromosomas terminan la condensación, por lo que están muy compactos.
- La envoltura nuclear se descompone y los cromosomas se liberan.
- El huso mitótico crece más y algunos de los microtúbulos empiezan a “capturar” cromosomas.

Fase 2. Metafase:

- En la metafase, el huso ha capturado todos los cromosomas y los ha alineado en el centro de la célula, listos para dividirse.
- Todos los cromosomas se alinean en la placa metafásica (no una estructura física, solo un término para el plano donde se alinean los cromosomas).

Fase 3. Anafase:

- En la anafase, las cromátidas hermanas se separan una de la otra y son jaladas hacia los polos opuestos de la célula.
- El “pegamento” proteico que mantiene juntas a las cromátidas hermanas se degrada, lo que permite que se separen.

Cada una ahora es su propio cromosoma. Los cromosomas de cada par son jalados hacia extremos opuestos de la célula.

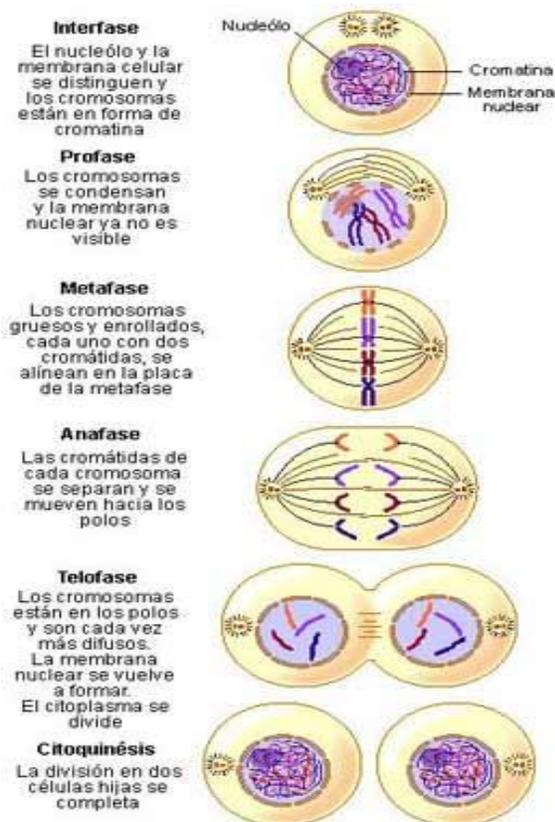
#### Fase 4. Telofase:

- En la telofase, la célula casi ha terminado de dividirse y comienza a restablecer sus estructuras normales mientras ocurre la citocinesis (división del contenido de la célula).
- El huso mitótico se descompone en sus componentes básicos.
- Se forman dos nuevos núcleos, uno para cada conjunto de cromosomas. Las membranas nucleares y los nucleolos reaparecen.
- Los cromosomas comienzan a descondensarse y vuelven a su forma "fibrosa".

A la mitosis le sigue la citocinesis, que es la división del citoplasma, un proceso separado de la división del núcleo.

La reproducción sexual es aquella en la que intervienen células especializadas llamadas gametos, que se forman en órganos especiales denominados gónadas y cuya finalidad es formar una gran variedad de combinaciones genéticas en los nuevos organismos para mejorar las posibilidades de supervivencia.

El proceso clave de la reproducción sexual es la meiosis, un tipo especial de división que conduce a una célula normal con un número determinado de cromosomas (diploide) a otras con la mitad de los mismos (haploide), a la vez que se generan múltiples combinaciones de genes y de organismos.



### 3.4.2 División celular: Meiosis

#### Meiosis

La meiosis es la división celular, en la que el número de cromosomas se reduce a la mitad y se forman los gametos (óvulo y espermatozoide). Inicia en una célula con un número diploide de cromosomas; las células pasan por dos divisiones sucesivas, pero han duplicado sus cromosomas una sola vez, dando como resultado cuatro células hijas haploides (con la mitad del número diploide de cromosomas que la célula madre).

**Fases de la meiosis** Dado que la meiosis consiste en dos divisiones celulares, estas se distinguen como: Meiosis I y Meiosis II. Cada una de ellas se divide en las fases: Profase, metafase, anafase, telofase y citocinesis; a cada etapa de la primera división se le pone al final el número romano I, y a cada etapa de la segunda división el número II. Al finalizar la Meiosis II, se tiene como resultado 4 células haploides.

**Meiosis I** En meiosis I, los cromosomas en una célula diploide se dividen nuevamente. Este es el paso de la meiosis que genera diversidad genética. Profase I

- La cromatina se condensa y se hacen visibles los cromosomas.
- Desaparece el nucléolo y la membrana nuclear.
- Se forman las tétradas: los cromosomas homólogos se alinean, cada cromosoma se compone de dos cromátidas.
- Se lleva a cabo el entrecruzamiento:

Los cromosomas homólogos se aparean y se entrelazan, intercambiando partes entre ellos (intercambian material genético).

Los lugares de intercambio se conocen como quiasmas.

#### Metafase I

- En esta etapa las tétradas se alinean a lo largo del ecuador de la célula, los cromosomas se pegan a las fibras de huso acromático.

### Anafase I

- Los pares homólogos de cromosomas se separan.
- Cada cromosoma de cada par se separa a polos opuestos de la célula.
- Los cromosomas todavía se componen de dos cromátidas unidas por un centrómero.

### Telofase I

- Cada grupo de cromosomas ha llegado a polos opuestos.
- Se forma una nueva membrana nuclear alrededor de cada grupo de cromosomas.
- Cada núcleo tiene cromosomas recombinados diploides.
- Inicia la citocinesis I.

### Citocinesis I

- Es la primera división celular de la meiosis. • El citoplasma se divide en dos partes, dando lugar a dos células hijas. • La citocinesis no es una división exacta.

Meiosis II La meiosis II es similar a la mitosis. Las cromátidas de cada cromosoma ya no son idénticas en razón de la recombinación. La meiosis II separa las cromátidas produciendo dos células hijas, cada una con cromosomas (haploide), y cada cromosoma tiene solamente una cromátida.

### Profase II

- Los cromosomas se acortan y se hacen visibles. • Inician dos células con cromosomas de dos cromátidas. • La membrana nuclear desaparece. Metafase II

• Los cromosomas se alinean en el ecuador de la célula. Anafase II • Se rompe el centrómero de cada cromosoma.

- Las cromátidas se separan.

• Las cromátidas emigran a polos opuestos. Telofase II

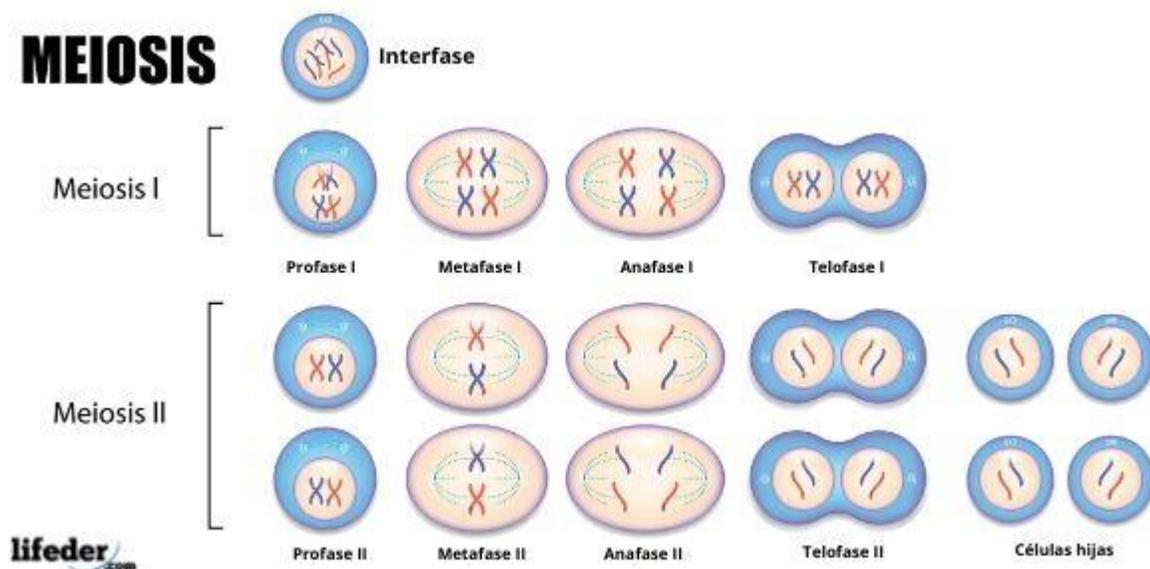
- Las cromátidas han llegado a polos opuestos.

- Se forma una nueva membrana nuclear alrededor de cada grupo de cromátidas.
- Desaparece el huso acromático.

### Citocinesis II

- Se produce una invaginación en el citoplasma.
- Se divide totalmente el citoplasma dando lugar a dos células hija.

\* Dado que fueron dos células las que entraron a Meiosis II, al final de esta se tendrán 4 células hijas, dos por cada célula inicial. Estas cuatro células haploides se convertirán en gametos sexuales (óvulo/espermatozoide)



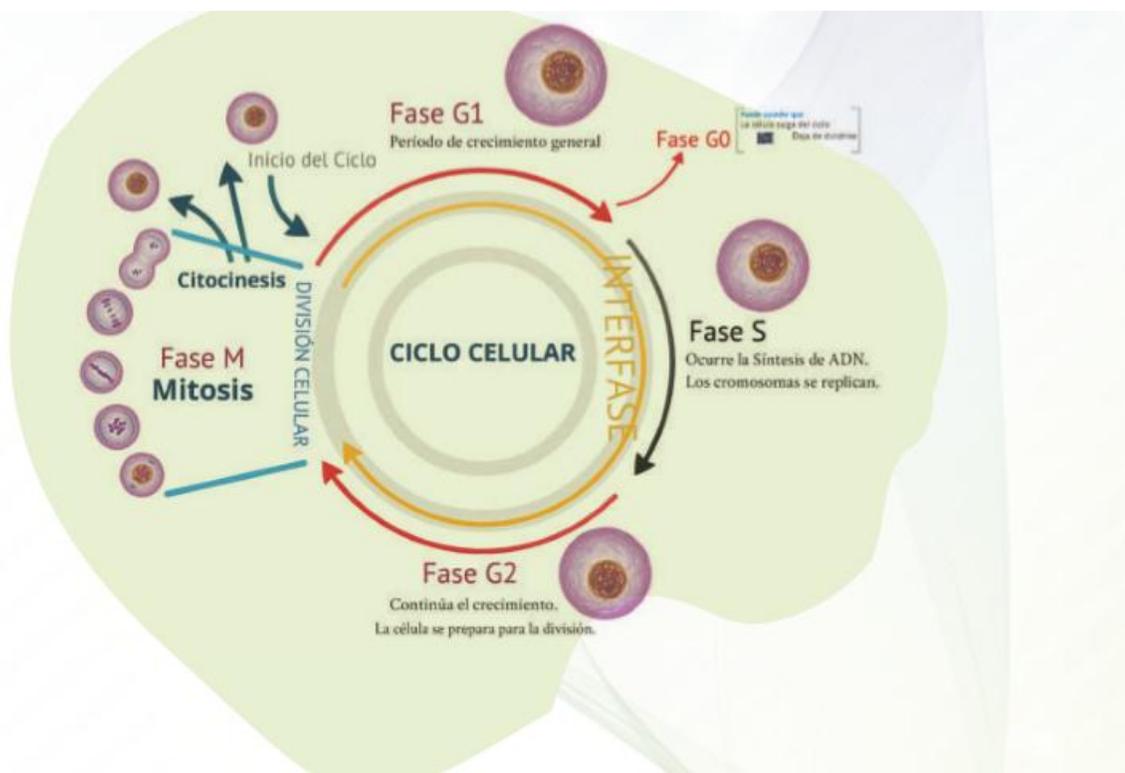
### 3.5 Ciclo celular

El ciclo celular (CC) es el conjunto de eventos que van desde el nacimiento y el crecimiento hasta la división de una célula cualquiera; es decir, la proliferación celular propiamente dicha. La importancia de este proceso lo vemos, por ejemplo, en el cuerpo humano, donde se regeneran constantemente los epitelios (como los de cavidades intestinales), así como células sanguíneas (eritrocitos y leucocitos); e incluso, algunas células pueden accionar su CC como mecanismo de defensa (los hepatocitos en la regeneración del hígado); todo ello para

mantener no sólo la integridad sino también las funciones biológicas adecuadas del organismo frente a las condiciones que le impone el ambiente.

El CC se encuentra dividido en cuatro fases morfológicamente no muy bien diferenciadas, pero molecularmente bien delimitadas y en el siguiente orden secuencial: fases G1, S, G2 y M. Las fases G1 y G2 (gap o intervalo) implican una actividad metabólica para el crecimiento en masa de la célula.

Por su parte, la fase S (síntesis) consiste en la replicación del DNA para heredar a cada célula hija la misma carga genética. Y la fase M (mitosis) o de división celular como su nombre lo indica es la división de todo el material celular para originar dos células hijas.



Fases del ciclo celular:

## I. Interfase

La mayor parte de su vida, la célula lo ocupa en llevar a cabo las actividades de la interfase. Durante la interfase la célula crece y realiza su metabolismo; en este periodo se duplican los cromosomas. Para la mayoría de las células, esta es la etapa más larga del ciclo. Cronológicamente se puede dividir la interfase en tres etapas:

- a) Etapa G1 (Growth 1):
  - La célula crece y la fabricación de proteínas es muy alta.
  - Comienza a fabricar elementos y mecanismos para desarrollar la diferenciación y especialización.
  - Tiene una duración variable, según sea el tipo de célula (desde horas hasta años).
  - \*Algunas células pueden salir del ciclo hacia una etapa conocida como G0 (estado de reposo), estas células alcanzan un grado de diferenciación máximo y ya no pueden volver al ciclo; su único destino es la muerte. Ejemplo: neuronas y células musculares del corazón.
- b) Etapa S (síntesis):
  - La célula duplica su material genético (cromosomas).
  - Se sintetizan proteínas nucleares.
  - La duración de esta etapa depende del contenido de ADN de la célula.

## c) Etapa G2 (Growth

2):

- Periodo corto de crecimiento.

- Se fabrican mitocondrias y otros organelos, así como partes celulares que serán necesarias para la división de la célula.

\*En esta etapa, algunas células salen del ciclo y permanecen un tiempo realizando funciones especializadas. Durante esta etapa, llamada G02, las células pueden reintegrarse al ciclo y entrar en división. Ejemplos: células hepáticas (hígado) y células óseas (hueso).

## 2. La división celular

Después de la interfase, la célula entra en el periodo de división, en el cual su núcleo, y luego su citoplasma, se dividen para formar dos células hijas, cada uno con un conjunto completo de cromosomas.

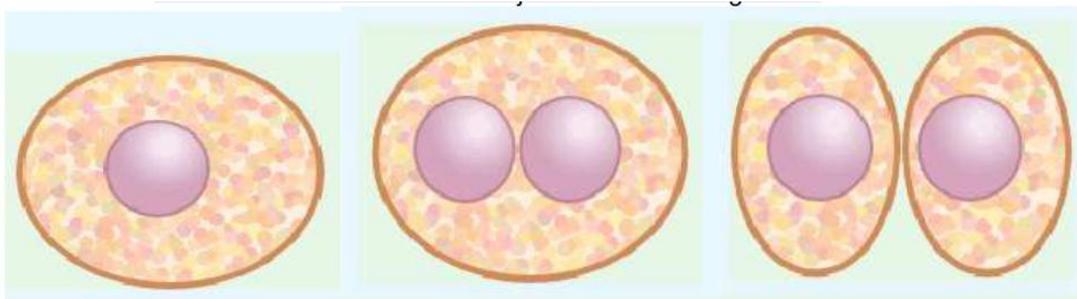
La división del núcleo (cariocinesis), es exacta, se reparte equitativamente el material hereditario, en un proceso llamado mitosis, que comprende a su vez cuatro etapas: profase, metafase, anafase y telofase; como ya se vio en el tema anterior.

La división del citoplasma (citocinesis), puede no ser equitativa, es decir, en el reparto de organelos celulares y citoplasma, puede ser desigual para las dos células hijas.

### 3.6 Reproducción Asexual

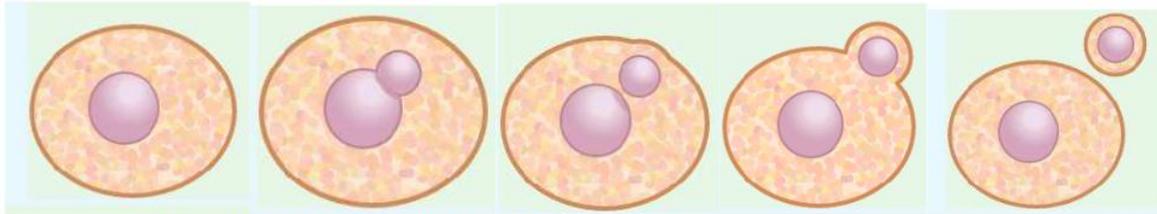
Como forma general, una célula, llamada “célula madre”, se divide dando lugar a dos o más células llamadas “células hijas”, con la misma información genética que la célula madre. Este tipo también se llama también reproducción vegetativa por que la realizan células somáticas, las que forman las distintas partes del cuerpo del progenitor. En los seres unicelulares eucariotas, la célula se divide mediante mitosis, originando células hijas en diferente número y tamaño.

Tipos: Bipartición Es la forma más corriente en los organismos unicelulares. Tras la división de la célula madre se forman dos células hijas más o menos iguales.



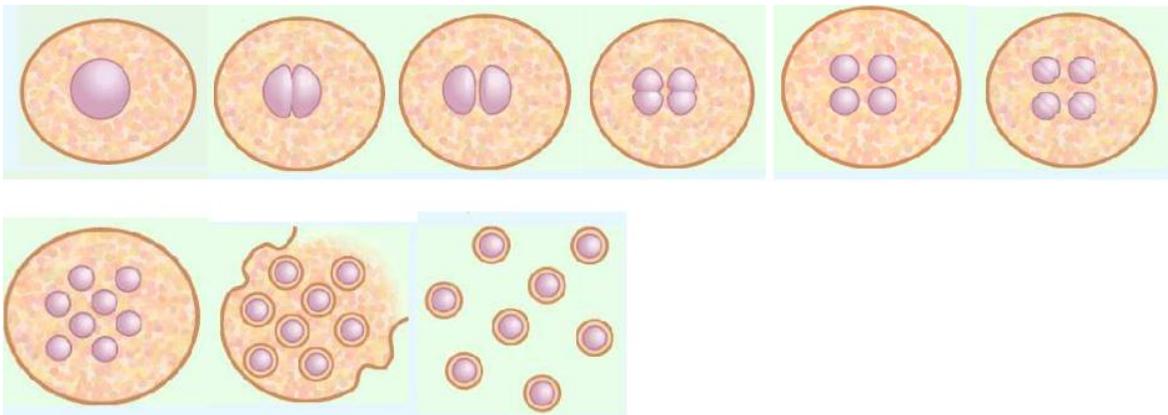
Es característico de los protozoos como amebas y paramecios.

**Gemación** Tras la división del núcleo, uno de ellos se rodea de una pequeña cantidad de citoplasma, dando lugar a una célula de menor tamaño, llamada yema. Es característica de las levaduras.

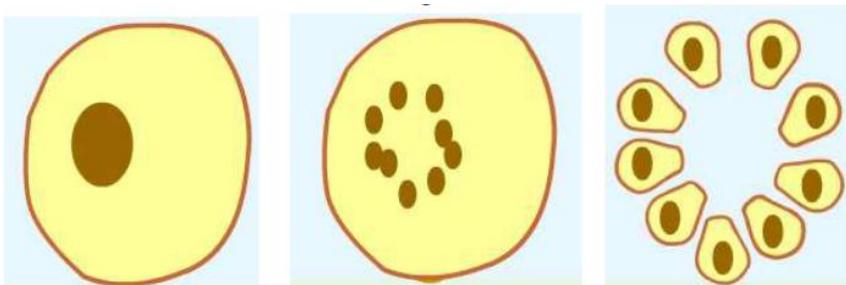


Es característico de las levaduras.

**Esporulación** En la célula madre se producen varias divisiones consecutivas del núcleo, originando numerosos núcleos que se rodean de una cubierta dentro de la célula madre. Al finalizar, la célula madre se rompe y se liberan las células hijas, llamadas esporas. La secuencia de imágenes sería:



**Pluripartición** En la célula madre se producen sucesivas divisiones del núcleo sin que exista división del citoplasma, para más tarde cada núcleo rodearse de parte del citoplasma dando lugar a varias células hijas de igual tamaño. La secuencia de imágenes sería:



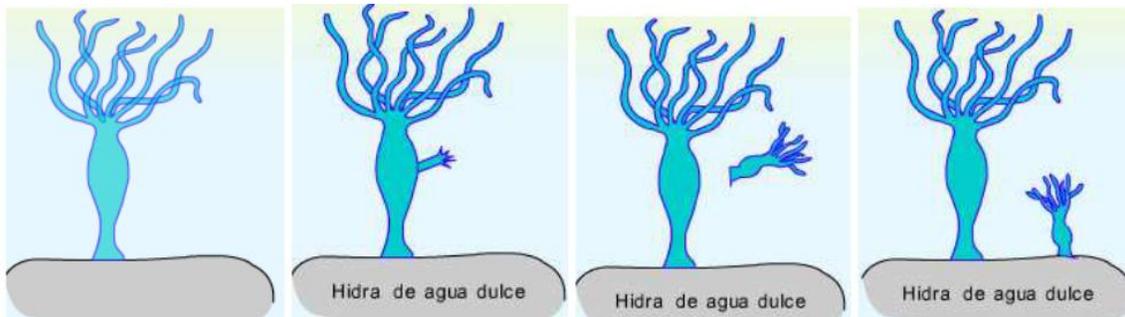
## 2. b La reproducción asexual en organismos pluricelulares

En los organismos pluricelulares, las células se dividen mediante mitosis, pero la reproducción se produce en estructuras especiales que crecen unidas al progenitor y que, tras separarse, dan lugar a los nuevos individuos.

Tipos:

**Gemación** Es la reproducción que se realiza al formarse una protuberancia o yema que crece y que se acaba desprendiendo del organismo; es típica de algunos animales invertebrados y plantas.

- Los cnidarios, en su fase de pólipo, pueden desarrollar lateralmente yemas que generan nuevos pólipos, que pueden permanecer junto al progenitor o separarse de él:

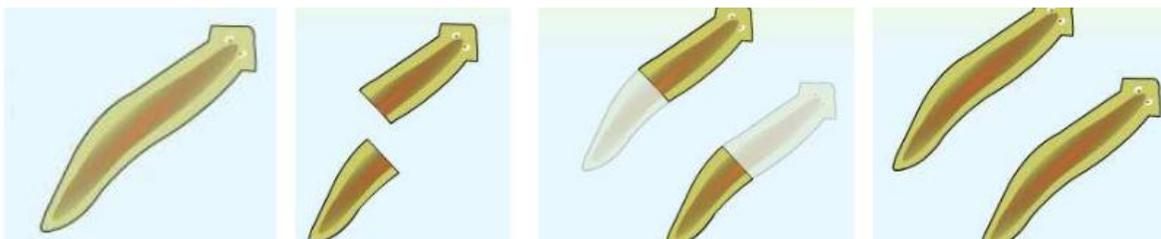


En los vegetales existen yemas terminales en el tallo o en las axilas de las hojas, que pueden originar nuevas plantas si son separadas del progenitor:

## Escisión

Es la división longitudinal o transversal de un organismo progenitor, que da lugar a dos o más fragmentos que se transforman en nuevos organismos:

- En ciertos animales como los platelmintos y anélidos la escisión casual del cuerpo origina que la parte separada forme un nuevo organismo, como ocurre en las planarias:



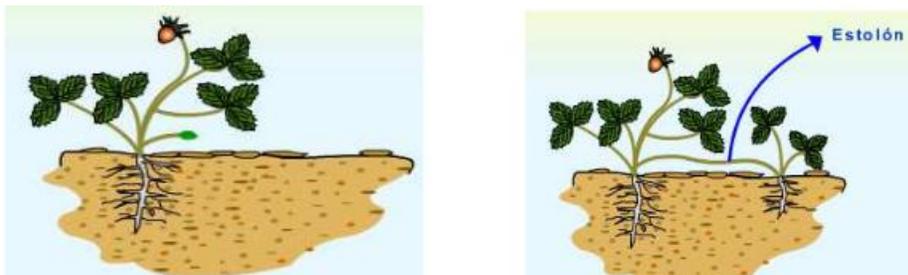
En los equinodermos, como en la estrella de mar, se produce un proceso de regeneración, donde se recuperan las partes que faltan en su cuerpo:



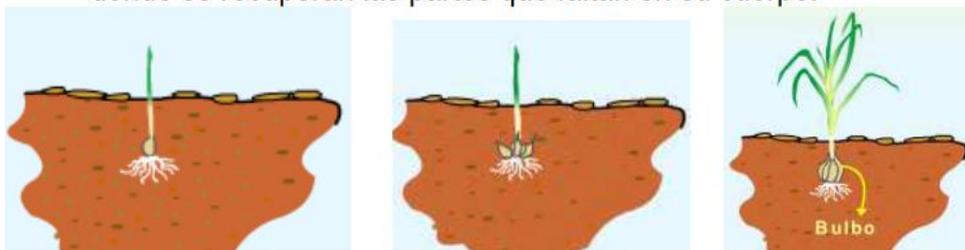
### Fragmentación

Se produce en vegetales, donde diversas partes de la planta actúan como origen de nuevos organismos y es semejante a la escisión animal.

- Los estolones, que son ramas laterales con yemas, pueden formar nuevas plantas a cierta distancia del progenitor:



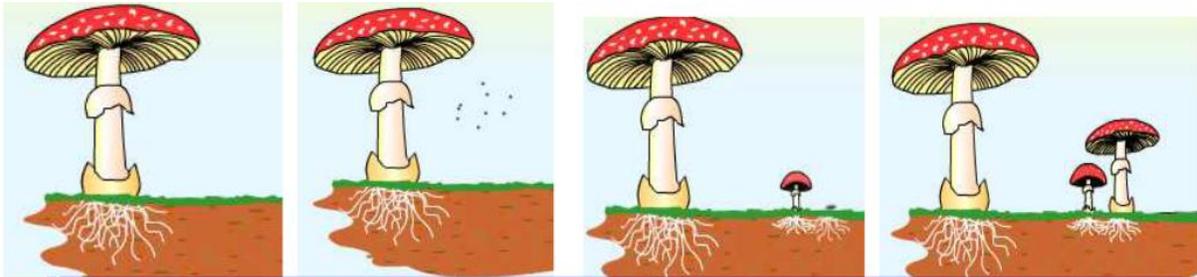
donde se recuperan las partes que faltan en su cuerpo.



### Esporulación

Diversos organismos forman esporas, que son células reproductoras con capas protectoras que hacen que sean resistentes a las condiciones adversas del medio ambiente para después, en condiciones favorables, desarrollar un nuevo organismo:

- Los hongos forman esporas en su fase de seta, estructura que presenta un sombrerillo que desarrolla en su parte inferior las esporas asexuales:



- Los musgos y helechos también forman esporas en unas estructuras llamadas esporangios, bolsas que se abren liberando al medio las esporas:



### Partenogénesis

Es un tipo especial de reproducción que se da en algunos tipos de insectos sociales, donde se pueden originar nuevos individuos adultos a partir de óvulos sin que ocurra fecundación; es decir el óvulo se desarrolla sin intervención de los espermatozoides.

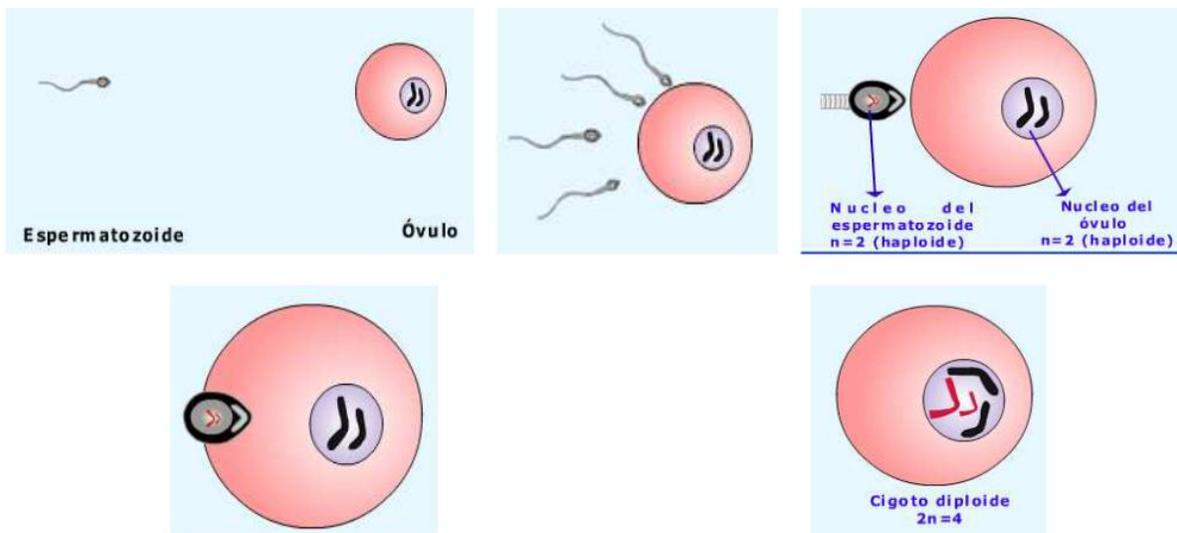
- En algunas especies de pulgones, las hembras se reproducen sexualmente a finales de verano y ponen los huevos para desarrollarse en la siguiente primavera.
- Las hembras que salen en primavera se reproducen por partenogénesis durante varias generaciones, para colonizar rápidamente el medio con un gran número de individuos, asegurando la supervivencia de la especie.

### 3.7 Reproducción Sexual

La reproducción sexual es aquella en la que intervienen células especializadas llamadas gametos, que se forman en órganos especiales denominados gónadas y cuya finalidad es formar una gran variedad de combinaciones genéticas en los nuevos organismos para mejorar las posibilidades de supervivencia. El proceso clave de la reproducción sexual es la meiosis, un tipo especial de división que conduce a una célula normal con un número determinado de cromosomas (diploide) a otras con la mitad de los mismos (haploide), a la vez que se generan múltiples combinaciones de genes y de organismos. La reproducción sexual es un proceso complejo que comprende tres etapas:

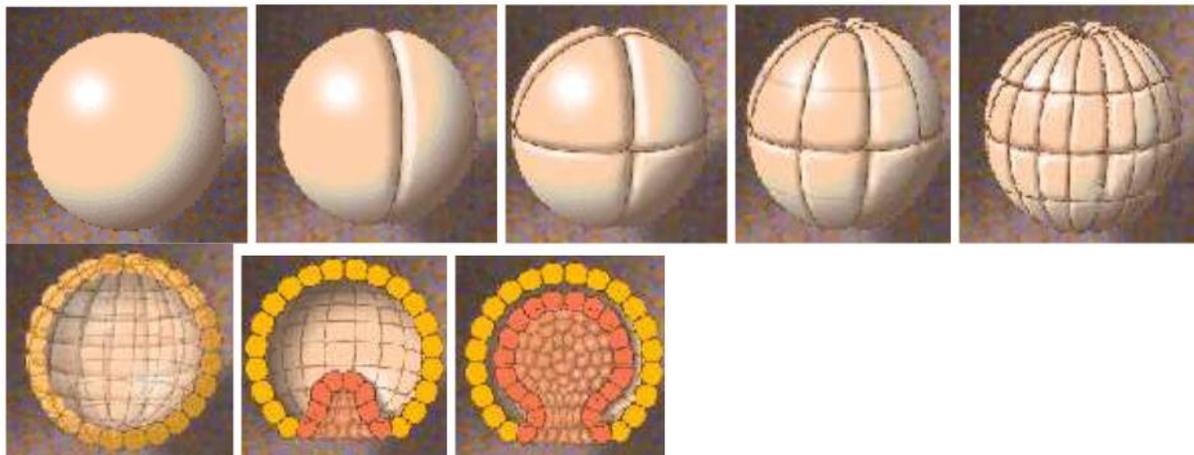
1.- Gametogénesis Es la formación de los gametos masculinos y femeninos haploides mediante meiosis. La meiosis se produce en células especiales, que tras dos divisiones consecutivas, da origen a cuatro células con la mitad de los cromosomas, los gametos. Los gametos formados en la meiosis son diferentes entre sí.

2.- Fecundación Es la fusión de dos gametos, el masculino llamado espermatozoide y el femenino llamado óvulo, para formar un cigoto diploide, recuperando así el número de cromosomas propio de la especie. La secuencia del proceso en imágenes de izquierda a derecha es:



La fecundación de los gametos puede ser externa si se realiza fuera de los organismos, o interna si ocurre en el interior de la hembra, en el caso de los animales.

3.- Desarrollo embrionario Es el proceso que conduce del cigoto a la formación de un nuevo organismo por sucesivas divisiones mitóticas hasta su forma definitiva según la especie. La secuencia del proceso en imágenes de izquierda a derecha es:



3. b La reproducción sexual en plantas La reproducción sexual en las plantas se caracteriza porque la mayoría de los vegetales producen tanto gametos como esporas, en ciclos de vida complejos, formando a veces dos organismos claramente diferentes que viven por separado. En general, los gametos se fusionan en la fecundación y dan origen a un organismo diploide, el esporofito, llamado así porque forma directamente esporas. Cuando una espora se desarrolla, dan origen a un organismo haploide, el gametofito, denominado así porque forma nuevos gametos. Vamos a ver la reproducción sexual en los grupos siguientes:

1. Musgos 2. Helechos 3. Gimnospermas 4. Angiospermas

1.- Musgos Los musgos son pequeñas plantas que colonizan los sitios húmedos y requieren para su reproducción la presencia de agua ya que los gametos masculinos han de nadar hasta el femenino.

2.- Helechos Los helechos viven en lugares húmedos y cálidos, habiendo formado en el pasado los grandes bosques de la Tierra.

Presenta una reproducción alternante, siendo el gametofito y el esporofito dos organismos independientes. El esporofito es la parte más desarrollada, está formado por un tallo subterráneo del que salen las hojas llamadas frondes.

3.- Gimnospermas son plantas con verdadera raíz, tallo y hojas y se caracterizan porque el cigoto da lugar semillas sin ningún tipo de envuelta carnosos, de ahí que se llamen semillas desnudas, siendo las más conocidas son las coníferas. El árbol desarrollado es el esporofito, que da lugar a conos masculinos y femeninos.

4.-Angiospermas las angiospermas son las plantas más comunes, desarrollan sus órganos reproductores en estructuras llamadas flores y las semillas están cubiertas por envolturas que forman el fruto

### 3. c La reproducción sexual en animales

Todos los organismos animales proceden del desarrollo de una célula llamada huevo o cigoto que procede de la unión de los gametos, un espermatozoide y un óvulo, células especiales que se forman en las gónadas, testículos y ovarios respectivamente.

En los animales existe una gran diversidad de formas de reproducción sexual, la mayoría son unisexuales pero algunos grupos son hermafroditas como determinados anélidos, moluscos o peces, realizando una fecundación cruzada entre dos organismos, ya que no se pueden fecundar a sí mismos.

## 3.8 Adaptación

Cualquier carácter, o conjunto de caracteres, que permite a los individuos que los poseen superar con éxito uno o más agentes de selección es lo que genéricamente se denomina adaptación.

Por tanto, una adaptación podría ser definida como un carácter de un organismo cuya forma es el resultado de procesos de selección en un contexto funcional particular. En consecuencia, el proceso adaptativo es la modificación evolutiva de un carácter bajo

selección y que implica una mayor eficiencia o ventajas funcionales (eficacia biológica) en un ambiente determinado con respecto a poblaciones ancestrales.

Las adaptaciones pueden ser aspectos morfológicos, fisiológicos o de comportamiento de un taxón, que aparecen en la mayoría de los individuos de la población como resultado de procesos de selección natural, debido al diferencial en eficacia biológica que estos caracteres confieren a los individuos que los poseen. Sin embargo, los procesos de selección natural no pueden explicar el origen o la aparición de caracteres adaptativos, sólo su expansión en las poblaciones. Es decir, la selección natural explica el cambio en la distribución de frecuencias de un carácter en una población, no su origen. Por tanto, no se puede decir que un carácter (adaptativo) aparece en una población debido a su funcionalidad, pero sí que se expande en dicha población debido a las ventajas selectivas que implica su función (proceso adaptativo).

En contra de esta idea, existe un resurgimiento de las ideas lamarckianas (Neolamarckismo) en las que se defiende una mayor influencia de la variación epigenética (variación en los procesos que complementan las instrucciones genéticas que contiene un huevo fertilizado, es decir, “la genética propone y la epigenética dispone”) en los procesos evolutivos (Jablonka y Lamb 1995).

Estos procesos epi-genéticos indudablemente influyen en el fenotipo y pueden ser moldeados por el ambiente durante la vida de un organismo.

Debido a que existen evidencias de que algunas de estas variantes pasan a la descendencia, la aparición de variaciones favorables debido a su funcionalidad en un ambiente determinado y que a su vez sean heredables (adaptaciones) es posible (ver Jablonka y Lamb 1995). Sin embargo, aún existen escasas pruebas a favor de esta hipótesis, ya que es un campo muy reciente y relativamente poco explorado en el que aún no se conocen bien los mecanismos hereditarios de estos caracteres adquiridos.

Desde el punto de vista histórico, es posible que las ventajas funcionales que proporciona un carácter hayan sido las mismas durante toda su historia evolutiva. Sin embargo, también es

posible que la función de un carácter cambie a lo largo de la historia evolutiva del grupo como es el caso de las plumas de las aves, que en principio tendrían una función termorreguladora pasando después a tener un papel primordial en el vuelo. Debido a la importancia de distinguir entre el origen, funcionalidad original y funcionalidad actual de cualquier carácter adaptativo, varios autores han sugerido una serie de términos muy relacionados con el de adaptación, pero que tienen en cuenta el valor original del carácter y sus posibles funcionalidades a lo largo de su historia evolutiva.

Éste es el caso de los conceptos de “preadaptación” (Simpson 1944, Simpson 1949), “protoadaptación” (Gans 1974) y el de “exaptación” (Gould y Vrba 1982).

Pre-adaptación y protoadaptación se refieren a caracteres que en su origen proporcionaron unas ventajas a los individuos del grupo y que, a su vez, implican un potencial adaptativo relacionado con otras posibles funcionalidades del carácter. Éste es el caso de la aparición del celoma en animales cuya primera expansión se relaciona con las ventajas que confiere al movimiento y como soporte muscular (esqueleto hidrostático), pero que significó un potencial adaptativo enorme como prueba la gran radiación adaptativa que han sufrido los animales celomados a lo largo de la historia evolutiva (Nielsen 2001). El término “exaptación” se refiere a la nueva funcionalidad del carácter. Un carácter que, en su origen, desempeñaba distinta funcionalidad a la actual sería una adaptación a la función original, pero una exaptación a la funcionalidad derivada (actual). En el caso de las plumas de las aves, se podrían considerar como una adaptación a la termorregulación y una exaptación al vuelo.

### 3.9 Evolución

La evolución biológica son cambios que se forman a través de mucho tiempo. La evolución fue comprobada al ver fósiles y compararlos con las especies existentes. Algunos principios de la evolución son: la evolución es más rápida en unos momentos que en otros, algunas especies evolucionan más rápido que otras, las especies que acaban de formarse no nacen evolucionadas sino nacen sencillas y débiles. La evolución puede ser para lo mejor pero también puede ser para lo peor. La evolución le ocurre a un grupo no a uno solo. Según

Charles Darwin la evolución se hace por algunas razones precisas. Por ejemplo la probabilidad de evolución es igual en los animales que en las plantas. De cualquier especie nacen más individuos de los que pueden obtener su alimento por lo cual luchan para ver quien sobrevive y solo los más aptos lo logran. Los más adaptados van a tener poder sobre los menos adaptados. Los que sobreviven o sea los más adaptados transmiten sus ventajas a la siguiente generación.

La evolución es el conjunto de transformaciones o cambios a través del tiempo. La palabra evolución fue aplicada por primera vez en el siglo XVIII por el biólogo suizo Charles Bonnet. El concepto de que la vida en la Tierra evolucionó ya había sido formulado por varios filósofos griegos. En 1859 Darwin sintetizó la evolución biológica en una verdadera teoría científica. En el siglo XIX Jean-Baptiste (caballero de Lamarck) mostró su teoría de la transmutación de las especies, que fue la primera teoría científica. En 1858 Charles Darwin y Alfred Russel publicaron una nueva teoría evolutiva.

Si bien es innegable la enorme importancia del azar en el proceso evolutivo, éste no es totalmente responsable de la evolución. A decir verdad, la evolución puede dividirse en dos procesos: i) las mutaciones y la recombinación genética; ii) la selección natural

## UNIDAD IV NIVEL GENÉTICO

### 4.1 Material genético

En 1953 y tras un largo periodo de diversas investigaciones sobre la estructura química y los patrones de difracción de la molécula, los investigadores James Watson y Francis Crick lograron integrar un modelo de estructura secundaria para el DNA el cual fue publicado en un artículo que se tituló “Estructura molecular de los ácidos nucleicos” en la revista Nature (Watson y Crick, 1953). Una de las anotaciones más significativas de este artículo dice: “el apareamiento específico que postulamos sugiere de inmediato un posible mecanismo de copia del material genético” (Jiménez y Merchant, 2003).

La publicación de este artículo marcó el nacimiento de la biología molecular ya que a partir de 1953 se inició el estudio intensivo de los mecanismos moleculares que permiten la duplicación, reparación, recombinación y transposición del DNA y del procesamiento celular de la información genética presente en esta molécula.

La estructura del DNA resulta relativamente simple sin embargo posee una belleza y funcionalidad muy peculiares, consiste en dos cadenas complementarias y antiparalelas (Se refiere a las orientaciones de las dos cadenas del DNA, las cuales se encuentran en sentidos opuestos) de nucleótidos que forman una doble hélice, la cual contiene la información genética, lo que permite a cada célula mantener las características de la especie, también se sabe que tiene la capacidad de replicarse, es decir de hacer copias de sí mismo (Jiménez, 2006).

Se va a considerar la estructura del DNA en tres niveles de complejidad creciente, conocidas como estructura primaria, secundaria y terciaria.

La estructura primaria está dada por la secuencia de nucleótidos y a la forma en que estos se unen entre sí.

La estructura secundaria se refiere a su configuración tridimensional, es decir la estructura helicoidal descrita por Watson y Crick en 1953, la cual se forma de acuerdo a la secuencia de bases y a las condiciones en las que se encuentre.

La estructura terciaria son los empaquetamientos complejos del DNA bicatenario en los cromosomas.

## 4.2 Ácidos nucleicos

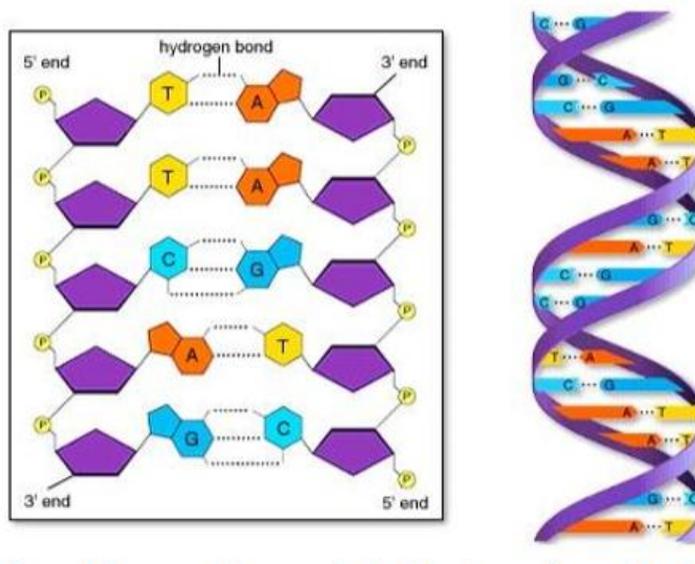
Características del DNA.

Estructura primaria.

La estructura primaria del DNA consiste en una cadena de nucleótidos unidos entre sí por enlaces fosfodiéster de una manera repetitiva en largos polímeros (En el caso de humanos puede llegar a medir alrededor de 1.8 metros. Los nucleótidos están constituidos por tres componentes: un azúcar, una base nitrogenada y un grupo fosfato.

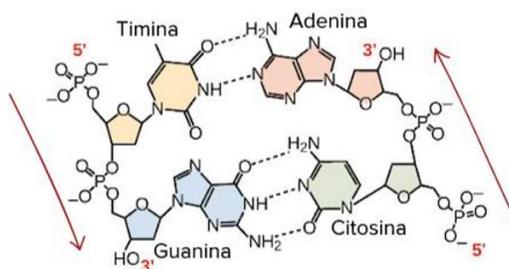
Los azúcares de ácidos nucleicos se llaman pentosas porque poseen cinco átomos de carbono numerados 1',2',3',4' y 5'. Los azúcares del DNA y del RNA son ligeramente diferentes, en el carbono 2', uno tiene un grupo hidroxilo mientras que el otro sólo posee un átomo de hidrógeno, de ahí el nombre de desoxirribosa, esta pequeña diferencia es reconocida por todas las enzimas que interactúan con ellos, lo que genera funciones específicas para cada uno. Así mismo, el átomo de oxígeno adicional del nucleótido del RNA lo vuelve más reactivo y menos estable, por esta razón el DNA está mejor dotado para guardar la información genética.

El segundo componente de los nucleótidos son las bases nitrogenadas, las cuales pueden ser purinas o pirimidinas. Cada purina consiste de un anillo de seis lados fusionado a un anillo de cinco lados, estas son la adenina (A) y la guanina (G). En el caso de las pirimidinas su estructura consta de un solo anillo de seis lados, estas son la timina (T) y la citosina (C). En los nucleótidos, la base nitrogenada siempre forma una unión covalente con el carbono 1. Las bases nitrogenadas se unen entre sí de una manera conocida como emparejamiento o apareamiento específico; este concepto describe la afinidad química entre las bases que se establece por los puentes de hidrógeno, así las adeninas se unen a las timinas y las guaninas a las citosinas (Klug, 2006).



El tercer componente es el grupo fosfato, el cual consiste en un átomo de fósforo unido a cuatro átomos de oxígeno, portan una carga negativa que convierte al DNA en una molécula ácida. El grupo fosfato siempre se une al carbono 5.

La estructura secundaria del DNA se refiere a su configuración tridimensional, es decir a su estructura de doble hélice que está formada por dos cadenas de nucleótidos enredadas entre sí. Los enlaces azúcar-fosfato se ubican en la parte externa de la hélice y las bases se apilan al interior de la molécula. Las dos cadenas se disponen en direcciones opuestas, es decir son antiparalelas, lo que significa que el extremo 5' de una cadena se ubica en oposición al extremo 3' de la otra.



Estructura Terciaria.

La forma de DNA que hemos descrito se denomina DNA-B, como hemos mencionado es una hélice dextrógira, esto quiere decir que gira en el sentido de las agujas del reloj cuando su eje se recorre en dirección descendente. Las bases nitrogenadas están apiladas perpendicularmente frente al eje principal con cerca de diez pares de bases (pb) por vuelta.

La estructura terciaria del DNA se refiere al plegamiento de orden superior que permite su empaquetamiento en el limitado espacio celular, este se conoce como superenrollamiento que tiene lugar cuando la hélice está sometida a tensión por estar demasiado enrollada. El estado de menor energía para el DNA-B es cuando tiene alrededor de 10 pares de base (pb) por giro de la hélice.

### **4.3 Síntesis de proteínas**

En términos generales la información genética almacenada en el DNA codifica la información responsable de la estructura y función del organismo. En particular, uno de los papeles de los fragmentos de DNA, denominados genes, es codificar RNA para la producción de proteínas. Las proteínas son polímeros de aminoácidos, las cuales realizan funciones esenciales en todos los procesos metabólicos, tanto anabólicos como catabólicos, incluyendo la síntesis de DNA, RNA y de las mismas proteínas.

La síntesis proteínica es un proceso en el cual la información genética codificada en los ácidos nucleicos se traduce en la forma de una molécula, que recibe el nombre de polipéptido, constituida por aminoácidos unidos entre sí. Estas cadenas se integran entre sí para formar las subunidades de una proteína o proteínas completas.

La producción de una proteína completamente funcional es un proceso complejo el cual incluye la conformación de una estructura tridimensional, mediante el plegamiento de las cadenas polipeptídicas, y las modificaciones postraduccionales tales como la modificación de los extremos C-terminal y N-terminal, la modificación de aminoácidos concretos, la adición de cadenas lateral de carbohidratos, entre otros; este procesamiento postraducciona

importante para el transporte y direccionamiento de la proteína sintetizada a una localización celular específica , ya sea intracelular o extracelular.

### Transcripción.

La transcripción del DNA es el primer paso para la síntesis de proteínas. Es el proceso de expresión génica mediante el cual se sintetiza una copia de RNA a partir de la información contenida en una secuencia de nucleótidos de DNA. La síntesis de RNA está catalizada por una enzima denominada RNA polimerasa; en la práctica, todas las formas de vida usan una versión de esta enzima. Además, la bioquímica básica de la síntesis de RNA es igual en procariontas y eucariontas, aunque la regulación es más compleja en las eucariontas (Berg et al, 2008).

La síntesis de RNA tiene lugar en tres etapas: iniciación, elongación y terminación. En este proceso la RNA polimerasa desempeña múltiples funciones.

#### Iniciación. Unión de RNA-polimerasa al promotor de un gen

La transcripción comienza en un triplete de iniciación o promotor del DNA. Los promotores son regiones de DNA que controlan a la RNA polimerasa hacia el lugar adecuado para la iniciación de la transcripción. El promotor se encuentra en una de las dos hebras del DNA, y la orientación y posición del promotor dictará cuál de las dos hélices del DNA servirá como molde para sintetizar el RNAm. Muchos promotores necesitan de proteínas activadoras antes de que puedan unirse eficazmente a su respectiva polimerasa (Figura 2). El enlace de la RNA polimerasa con el promotor facilita que la hélice de DNA se abra para permitir la transcripción a RNA.

Una vez que se ha reconocido el promotor y se ha unido el complejo enzimático formado por la RNA polimerasa se cataliza la inserción del primer ribonucleosido trifosfato 5', que es complementario al primer nucleótido en el lugar de inicio de la transcripción de la cadena de DNA (Klug y Cummings, 1999).

#### Elongación. Burbujas de transcripción.

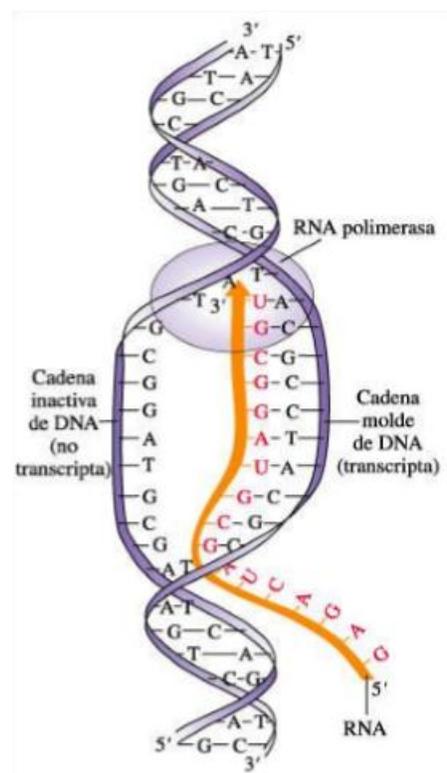
La fase de elongación comienza con la formación del primer enlace entre dos nucleótidos de RNA, es decir del enlace fosfodiéster. Durante esta fase se forma lo que se conoce como burbuja de transcripción. Una burbuja de transcripción es la región que contiene a la RNA polimerasa, el DNA y la cadena de RNA recién formada; en esta burbuja el DNA se encuentra localmente desnaturalizado (Berg et al, 2008). Durante la elongación ocurre la polimerización de RNA, los ribonucleotidos complementarios posteriores se insertan y se unen entre sí.

La burbuja de transcripción recorre una distancia de 17 nanómetros por segundo, lo que equivale a una velocidad de elongación de aproximadamente 50 nucleótidos por segundo. Las longitudes del híbrido RNA-DNA y de la región desarrolladas del DNA permanece prácticamente constantes a medida que la RNA polimerasa se desplaza a lo largo de la cadena molde de DNA.

La elongación prosigue en dirección 5'-3', formando un dúplex de DNA-RNA temporal.

#### Terminación. Señal de terminación

Con el tiempo la RNA polimerasa recorre toda una secuencia de DNA, es decir recorre todo el gen, hasta encontrar una secuencia de DNA específica que codifica la terminación. Estas secuencias tienen una longitud promedio de 40 pares de bases. La terminación es dependiente, en algunos casos, de una proteína llamada Factor de terminación; esta proteína interactúa físicamente con el transcrito de RNA en crecimiento para lograr la terminación. En el punto de terminación, el transcrito de RNA se libera del DNA y se disocia la burbuja de transcripción.



## 4.4 Réplica del ADN

Las principales funciones que debe cumplir un cromosoma son la de replicarse (producir copias de sí mismo), la de transmitirse de una célula a otra y de una generación a la siguiente y la de expresar la información que contiene.

El significado genético de la replicación es el de conservar la información genética, de manera que cuando una bacteria se divide, de lugar a una bacteria hija que contenga la misma información genética.

En organismos eucariontes el significado de la división celular es el mismo, una célula cuando se divide origina dos células hijas idénticas con la misma información genética.

### MODELOS DE REPLICACIÓN PROPUESTOS: SEMICONSERVATIVO, CONSERVATIVO Y DISPERSIVO

Modelo Semiconservativo: Cuando Watson y Crick (1953) propusieron el modelo de la Doble Hélice indicaron que dicho modelo sugería una forma sencilla de replicación.

El modelo de replicación propuesto por Watson y Crick suponía que el ADN doble hélice separa sus dos hebras y cada una sirve de molde para sintetizar una nueva hebra siguiendo las reglas de complementariedad de las bases nitrogenadas.

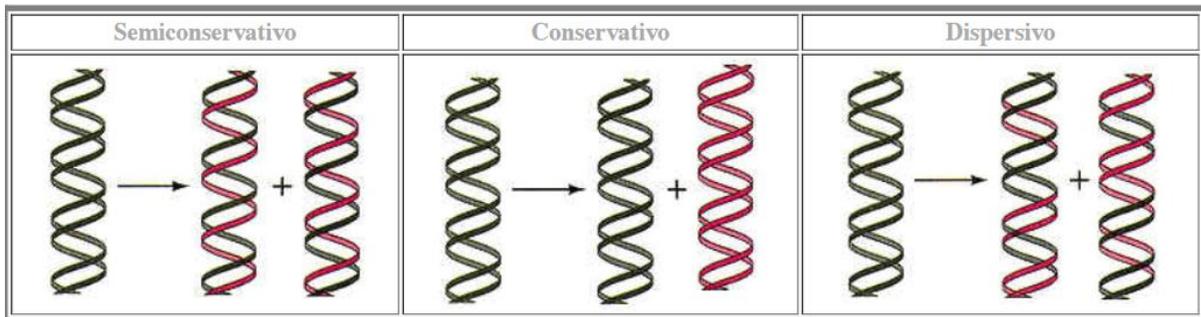
Dicho modelo recibió el nombre de Semiconservativo, ya que las dos dobles hélices recién sintetizadas poseen una hebra vieja (una mitad vieja) y otra hebra nueva (mitad nueva).

Frente al modelo Semiconservativo propuesto por Watson y Crick (1953) se postularon otros posibles modelos de replicación del ADN, uno de ellos se denominó Modelo Conservativo y otro Modelo Dispersivo.

Modelo Conservativo: cuando el ADN doble hélice se replica se producen dos dobles hélices, una de ellas tienen las deshebras viejas (está intacta, se conserva) y la otra doble hélice posee ambas hebras de nueva síntesis.

Modelo Dispersivo: Cuando el ADN doble hélice se replica se originan dos dobles hélices, cada una de ellas con hebras que poseen tramos viejos y tramos de nueva síntesis en diferentes proporciones.

Los siguientes esquemas representan los tres Modelos de Replicación:



## 4.5 Herencia

La genética es la rama de la biología que se encarga del estudio de los mecanismos o formas en que se transmiten los caracteres hereditarios<sup>2</sup> de generación en generación; los genes son las unidades básicas de la herencia, formados por segmentos de DNA con información codificada necesaria para sintetizar todas las proteínas de un organismo (Fig. 1). Estas proteínas son las que dan lugar a los caracteres observables de un individuo, lo que se conoce como el fenotipo.

Por su parte, el genotipo es el conjunto de genes que se encuentra en las células de cada individuo, por tanto, el fenotipo es la expresión de una parte del genotipo.

El genotipo o conjunto de la información genética de un individuo es proporcionada por los progenitores; en el caso de los organismos que presentan reproducción sexual, ambos progenitores aportan dicha información genética a través de sus gametos (óvulo o espermatozoide) y al unirse estos gametos se obtiene un juego completo de cromosomas<sup>3</sup> de un individuo.

Por esta razón, en una célula, los cromosomas se agrupan por pares, cada par posee un cromosoma de cada uno de los progenitores y a este tipo de cromosomas se les llama homólogos<sup>4</sup>. Los genes situados en estos cromosomas, en lugares homólogos, son llamados alelos y cada gen ocupa en el cromosoma una posición específica, denominada “locus”. Por tanto, los alelos son dos genes que ocupan el mismo lugar o “locus” en un par de cromosomas homólogos.

En un gen cuando el alelo aportado por uno de los progenitores es igual a su correspondiente (el del otro progenitor) se denomina homocigoto, mientras que en el caso en que los progenitores aportan alelos diferentes para un mismo gen, se llama heterocigoto.

Modelos o tipos de herencia.

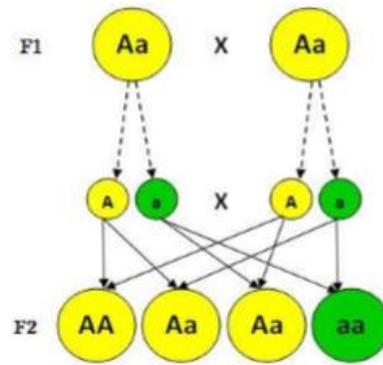
En la actualidad se ha demostrado que pueden intervenir varios genes situados incluso en diferentes locus, que intervienen en la expresión de un rasgo o carácter, a este tipo de interacciones se les conoce como interacciones no alélicas (genética no mendeliana) como es el caso de los alelos múltiples, la dominancia incompleta, codominancia y la herencia ligada al sexo, entre otros modelos de herencia, que se revisarán más adelante.

El modelo de los alelos múltiples es más frecuente que la herencia planteada por Mendel (genética mendeliana), en la que solamente interviene un par de genes para una sola característica, como el color de los guisantes o chícharos. En este sentido, hay genes que se comportan siguiendo una genética mendeliana, y otros que no.

#### Interacciones alélicas

Las interacciones alélicas, es decir, aquellas en las que intervienen genes o alelos que se encuentran en un mismo locus, pueden actuar bajo diferentes mecanismos de herencia: la herencia dominante o recesiva, la herencia intermedia, la codominancia, los alelos múltiples y la herencia poligénica.

La herencia dominante y recesiva (dominancia completa), se presenta cuando tenemos individuos heterocigotos (ej. Aa); los genes dominantes se observan en el fenotipo y se expresan sobre el otro gen, llamado recesivo. De tal forma que para los descendientes de F2 tenemos el 75% de los individuos con fenotipo dominante y el 25 % con recesivo.



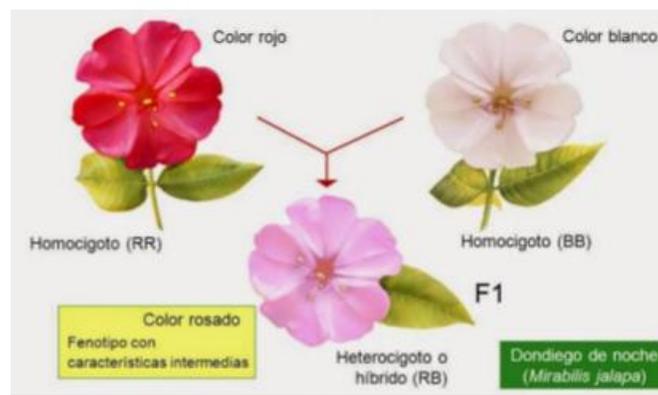
La codominancia se presenta cuando los alelos o formas alternativas de expresión de un gen se expresan al mismo tiempo.

Un ejemplo de este tipo de herencia es la expresión de los grupos sanguíneos en la especie humana. En este caso, existen tres alelos: A, B y O, y tanto A como B, son dominantes sobre O, y cuando los genes interactúan, es decir, cuando un progenitor es Tipo A y el otro Tipo B, el hijo será Tipo AB, debido a que ambos alelos se expresan sin dominar uno sobre el otro. Por su parte, si un progenitor es Tipo de sangre A (AA) y el otro O (OO), el hijo resultante de esta cruce será sangre tipo A (AO), pues el gen A se expresará sobre el O. Los grupos sanguíneos se deben a la presencia de proteínas en la membrana de los eritrocitos o glóbulos rojos, llamadas antígenos, por tanto, los antígenos al ser proteínas son resultado de la expresión de los genes (ver síntesis de proteínas). Asimismo, por su carácter antigénico son capaces de producir anticuerpos e inducir una reacción inmune.

	Grupo A	Grupo B	Grupo AB	Grupo O
Glóbulo rojo				
Antígeno	A	B	A y B	Ninguno
Anticuerpo	Anti B	Anti A	Ninguno	Los dos

Esto a su vez es un ejemplo, de alelos múltiples, debido a que para este carácter (tipo o grupo sanguíneo) se presentan más de dos alelos (A, B y O). Aunque en un organismo diploide sólo se presentan dos variantes de genes (ej. AB).

En el modelo de herencia intermedia o dominancia incompleta ninguno de los genes es dominante sobre el otro. Esto es la dominancia incompleta corresponde a aquellos rasgos en los que los caracteres dominante y recesivo se mezclan en el individuo heterocigoto resultante, expresando fenotípicamente la combinación de ambos, es decir, un carácter intermedio.



Por ejemplo, si tenemos un genotipo  $aabbcc$ , para la talla o estatura de una planta, y cada vez que se sustituye un par de alelos por dominantes, se incrementa la talla, en un genotipo  $AAbbcc$  tendríamos una planta de mayor talla, respecto al genotipo  $aabbcc$ , y de menor talla, respecto a la de un genotipo  $AABBcc$  o  $AABBCC$ , los cuales representarían a una planta de mayor tamaño. A este tipo de herencia de características cuantitativas que dependen de la expresión de varios genes se denomina, herencia poligénica.

progenitores (P)	 <b>Aa Bb</b>		x	<b>Aa Bb</b> 	
gametos	<b>AB Ab aB ab</b>			<b>AB Ab aB ab</b>	
descendencia (F <sub>1</sub> )	1 <b>AABB</b>	2 <b>AaBB</b> 2 <b>AABb</b>	4 <b>AaBb</b> 1 <b>AAbb</b> 1 <b>aaBB</b>	2 <b>Aabb</b> 2 <b>aaBb</b>	1 <b>aabb</b>
fenotipo					
n.º de alelos dominantes	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>

## 4.6 Biotecnología

La biotecnología moderna se apoya constantemente en la ingeniería genética, que incluye métodos directivos para modificar el material genético, suprimiendo, adicionando o alterando la información de éste, una de sus herramientas principales es el ADN recombinante.

La técnica del ADN recombinante es la modificación de la información original del ADN de los organismos, con genes completos o partes de ellos, provenientes de otros organismos. El ADN se selecciona y produce en laboratorios dentro de bacterias, levaduras o virus, y luego se transfiere a animales o plantas para desarrollar, entre otros, tratamientos para algunas enfermedades, vacunas, hormonas, plantas con mejor aporte nutricional y más resistencia a plagas, con mayor tolerancia la sequía y mejoras en animales para consumo humano.

Estos organismos con ADN modificado son los organismos transgénicos u organismos genéticamente modificados.

Algunas ramas de la biotecnología moderna son:

- Terapia génica, en esta se usa el ADN recombinante para la producción de fármacos.
- Biología genómica, que hace un estudio a nivel molecular de los organismos.

- Bioinformática, que aplica tecnología de punta, recopila datos y secuencias de ADN para su análisis molecular, entre otras actividades.

Ventajas y desventajas del uso de la Biotecnología.

Aunque la biotecnología se ha empleado en la fabricación de alimentos y bebidas desde la antigüedad, actualmente la elaboración de bebidas alcohólicas, pan, queso y yogur, aunque se puedan elaborar a nivel casero, su producción masiva se realiza a nivel industrial; sin embargo, su elaboración tiene su origen desde hace miles de años.

El término “biotecnología” es relativamente nuevo para el público amplio. Pero, la biotecnología está presente en la vida cotidiana más de lo que la gente se imagina. De hecho, la biotecnología es una actividad antigua, que comenzó hace miles de años cuando el hombre descubrió que al fermentar las uvas se obtenía un producto como el vino. También es biotecnología la fabricación de cerveza a partir de la fermentación de cereales que el hombre empezó a elaborar hace 4,000 años, y la fermentación de jugo de manzanas para la fabricación de sidra. En estos procesos intervienen microorganismos que transforman componentes del jugo de frutas o de cereales en alcohol. Inclusive la fabricación de pan mediante el uso de levaduras, la elaboración de quesos mediante el agregado de bacterias, y de salames. El yogur es un producto que se obtiene mediante procesos biotecnológicos desde la antigüedad.

Aunque en ese entonces los hombres no entendían cómo ocurrían estos procesos, ni conocían la existencia de microorganismos, podían utilizarlos para su beneficio. Estas aplicaciones constituyen lo que se conoce como biotecnología tradicional y se basa en la obtención y utilización de los productos del metabolismo de ciertos microorganismos. Se puede definir la biotecnología tradicional como “la utilización de organismos vivos para la obtención de un bien o servicio útil para el hombre”. Los procesos biotecnológicos han avanzado a través del tiempo y los campos de su aplicación se han extendido en el último siglo.

La reproducción selectiva de plantas y animales es otra de las áreas de la biotecnología que consiste en el entrecruzamiento de especies que poseían las características deseables y con la selección de los mejores descendientes para ser progenitores, lo que produjo nuevas variedades de plantas y animales, es decir, especies mejor adaptadas a las condiciones ambientales y con características más codiciadas por el ser humano.

La transferencia de genes se ha convertido en una herramienta común en el estudio de la regulación genética, por lo que se usa actualmente para mejorar las especies.

Por ejemplo, la biología tecnológica practicada desde la antigüedad ocurrió con los caballos, que se seleccionaban según la actividad a la cual se destinaban. Al principio buscaban que tuvieran características idóneas para cabalgar o cargar, pero más tarde fueron criados para desempeñar funciones de tracción (caballos de carretas o de tiro) y para la guerra.

La biotecnología puede ser subdividida en: biotecnología tradicional que utiliza organismos para la obtención de productos y biotecnología moderna que utiliza técnicas de la Ingeniería genética (metodologías que modifican los genes de un organismo y los transfieren a otro organismo para que se efectúe la acción deseada para la cual se modificó el gen). Las dos formas de biotecnologías contribuyen en diferentes aspectos de la vida del hombre, mejorando su calidad de vida. La biotecnología presenta muchos campos de aplicación.

El sector comercial e industrial encuentra una gran ventaja en la aplicación de las técnicas biotecnológicas podemos decir que el campo de utilidad para estos sectores es inmenso:

- Aplicaciones terapéuticas: productos farmacéuticos (antibióticos, vacunas), hormonas y terapias génicas.
- Diagnósticos: de enfermedades en humanos, agricultura y ganadería, calidad de alimentos y calidad ambiental.
- Alimentación: mejora de procesos tradicionales de obtención de alimentos y bebidas, nuevos alimentos, aditivos alimentarios conservadores, colorantes, etc.
- Producción de alimentos transgénicos: Se denominan alimentos transgénicos a los obtenidos por manipulación genética que contienen un aditivo derivado de un organismo

sometido a ingeniería genética; se llaman así a aquellos que son resultado de la utilización de un producto auxiliar para el procesamiento, creado gracias a las técnicas de la ingeniería genética.

## 4.7 Técnicas de manipulación genética

I.- La tecnología del ADN recombinante tuvo sus orígenes en la década de los 70's con el descubrimiento y caracterización de las endonucleasas de restricción y el desarrollo de métodos rápidos de secuenciación e hibridación de ADN, que aunado a la técnica de reacción en cadena de la polimerasa (PCR) y la clonación de genes en los 80's, sentaron las bases para el desarrollo de esta nueva biotecnología.

La ingeniería genética es una rama más o menos reciente de la biología y en específico de la biotecnología, en la actualidad ha logrado desarrollar importantes técnicas moleculares in vitro para la manipulación o modificación de la estructura normal de las moléculas de ADN que forman los genes, a los que prácticamente construye, reconstruye, edita y manipula.

Los trabajos que llevan a cabo la biología molecular y la ingeniería genética consisten, sobre todo, en la recombinación del ADN en el laboratorio, ensamblando genes o partes de genes que provienen de distintos organismos, ya sea de la misma o de distinta especie; incluso, en ciertos casos, hasta entre organismos bastante lejanos en su parentesco evolutivo, como entre el ser humano y ciertas bacterias.

Flores de rosal con pétalos color azul, Antes del 2007 el sueño de un florista era tener una rosa azul, sueño que parecía imposible hasta que científicos australianos lograron producir una rosa azul en ese mismo año.

Las técnicas de ADN recombinante, que popularmente se conocen como ingeniería genética, han favorecido el desarrollo de nuevas e interesantes áreas de la biología. Estas técnicas son básicamente: la transformación, las endonucleasas de restricción y los plásmidos.

Por ejemplo, en los farmacéuticos se usan para generar hormonas (como la insulina humana y la hormona de crecimiento) o medicamentos (como interferón, vacunas y antibióticos), se recurre a la técnica del ADN recombinante utilizando bacterias o levaduras. Esta técnica consiste en ensamblar genes, o partes de estos, provenientes de una especie, en organismos de la misma especie o de otra especie distinta.

## 2.- Transgénicos

Los transgénicos son seres vivos (plantas, animales o microorganismos) que han sido modificados en laboratorio mediante la introducción de genes de otras especies para proporcionarles características que nunca obtendrían de forma natural, por ejemplo, en una planta que es vulnerable a cierto tipo de plaga se le implanta el gen de otra que es resistente a la misma plaga obteniendo de esta manera una versión modificada de la planta original.

Mediante la ingeniería genética se clona, es decir, se duplica, modifica y se fragmenta el gen de un organismo, para insertarlo en otro y el producto es un “organismo genéticamente modificado” o transgénico.

La existencia de transgénicos ha ocasionado el surgimiento de ciertos grupos sociales que se oponen a ellos por considerarlos un riesgo para la salud de quienes los consumen. Otras instancias aseguran que los transgénicos podrían terminar con el problema del hambre en el mundo.

## 3.- Pruebas de ADN

La aplicación de la ingeniería genética ha tenido áreas muy diversas, por ejemplo, en la actualidad se hacen pruebas de ADN para la ciencia forense, en el que utiliza al ADN como una forma de identificación de los individuos implicados en un posible delito. Debido a que la constitución del genoma de cada ser humano es específica, se obtienen restos de cabello, piel, semen, sangre o cualquier otro tejido que pueda caracterizarse para la identificación de los posibles agresores o de las víctimas. Asimismo, en problemas del establecimiento de la paternidad, es posible aclarar quienes son los progenitores de un niño.

Las secuencias microsatélites son secuencias cortas repetitivas de ADN. Las secuencias microsatélites están compuestas de ADN no codificante y no son parte de ningún gen. Se utilizan como marcadores genéticos para estudiar la herencia de los genes en las familias.

Los microsatélites son pequeños trozos de ADN en nuestro genoma muy simples, en el sentido de que sólo constan de dos o tres combinaciones de letras, como CACACA o GATGATGAT. Y resulta que estas pequeñas secuencias repetitivas que están en nuestro genoma varían muy rápidamente entre diferentes personas. Así que es muy fácil usar estas secuencias repetitivas de ADN, o microsatélites, para trazar lo que se llama la huella digital de ADN de un ser humano en particular.

### Vacunas

Según la Organización mundial de la salud se entiende por vacuna “cualquier preparación destinada a generar inmunidad contra una enfermedad estimulando la producción de anticuerpos”. Puede tratarse, por ejemplo, de una suspensión de microorganismos muertos o atenuados, de productos o derivados de microorganismos. El método más habitual para administrar las vacunas es la inyección, aunque algunas se administran con un vaporizador nasal u oral.

Gracias a la ingeniería genética se podrían utilizar las plantas para producir antígenos que se encuentran en patógenos comunes, de tal manera que al ingerir estas plantas nos estaríamos vacunando, ya que las sustancias tóxicas estarían en su forma inocua.

En la actualidad existen diversos tipos de vacunas para controlar diferentes enfermedades, lo único que te recomendamos es que antes de aplicarte alguna, verifiques su procedencia, su fecha de caducidad y si su almacenamiento fue el correcto, ya que una vacuna mal elaborada, caduca o con una falta de medida específica de almacenaje podría ocasionar un problema mayor al ser aplicada o bien, no tener efecto para lo que fue administrada.

#### 4.- Medicina

Son muy variadas las aplicaciones de la ingeniería genética en la medicina, a continuación, te presentamos algunas.

##### Elaboración de hormonas

Cuando las personas escuchan la palabra transgénico, suelen pensar en agricultura o en alimentación, en soya, maíz o arroz; pero los transgénicos tocan muchos otros aspectos de la vida. La insulina humana, que algunas personas con diabetes utilizan como parte de su tratamiento, es un producto transgénico.

Ventajas de producir hormonas humanas mediante ingeniería genética, en lugar de obtenerlas de fuentes animales.

Antes, la insulina como medicamento se generaba a partir de sangre de animales, de cerdos principalmente, porque esa era la proteína más parecida a la insulina humana que se podía conseguir. Pero a algunas personas les provocaba una reacción inmunológica y además era muy difícil satisfacer la demanda del número creciente de personas que la necesitaban.

Pero en 1977, un equipo de investigación en Estados Unidos logró, por primera vez en el mundo, introducir el gen de la insulina humana en la bacteria *Escherichia coli*. Con esto lograron que la bacteria produjera, con su propia maquinaria celular, una molécula idéntica a la insulina humana. Esto permitió obtener mayores cantidades de la hormona y que se dejaran de utilizar animales para obtenerla. Este fue el inicio de la producción de proteínas humanas a través de organismos transgénicos.

Entre los medicamentos biotecnológicos se encuentran la insulina, los interferones, los anticoagulantes sanguíneos y algunas vacunas, como la influenza y la hepatitis B. De hecho, algunas de las patentes de estos medicamentos ya vencieron y existen algunas versiones genéricas en el mundo.

### Elaboración de antibióticos

Los antibióticos son sustancias producidas por el metabolismo microbiano en muy bajas concentraciones, como una estrategia entre bacterias para evitar el crecimiento de otros microorganismos y competir por alimento o espacio.

Con la misma tecnología descrita para la producción de insulina se han desarrollado nuevos antibióticos. Entre los principales antibióticos generados mediante este método están penicilinas, ampicilinas, cefalosporinas y estreptomicinas, así como los derivados generacionales de cada uno de ellos.

### Terapia celular

En la terapia celular se usan trasplantes de células vivas a otros organismos, con el fin de reparar tejidos o funciones de organismos dañados.

Estos tejidos pueden obtenerse de células madres, ya que tienen la ventaja de poder diferenciarse en células de casi cualquier tipo para la reparación de los tejidos.

### 5.- Reproducción asistida

La biotecnología también se usa en la reproducción asistida para aquellas parejas que no pueden concebir hijos. Se pueden formar embriones a partir de la extracción del genoma de un espermatozoide, que luego es insertado en uno de los óvulos de la paciente, con el fin de inducir la formación de un cigoto que pueda implantarse en la matriz. De este modo es posible lograr el desarrollo de un bebé sano.

### Genómica

La genómica es el estudio de la composición, estructura y función del genoma, es decir, de la secuencia de nucleótidos que constituyen el ADN de un individuo o de una especie. La genómica ha tenido grandes avances en los últimos años, sobre todo a partir de la conclusión del Proyecto Genoma Humano, mismo que se comentará a continuación.

## Proyecto Genoma Humano

El PGH dio comienzo en 1990 cuando institutos de salud de Estados Unidos se unieron a distintos colaboradores internacionales en un esfuerzo concertado para determinar la secuencia correcta de tres mil millones de bases de ADN que forman en su totalidad el genoma humano. Con esto se pretende tener lo necesario para el correcto funcionamiento del organismo, como la que genera enfermedades y así poder diagnosticar con exactitud un tratamiento adecuado. Incluso se tienen identificados genes que codifican otras características, como la predisposición a adicciones al alcohol, al tabaco y otras sustancias.

## Clonación reproductiva

Un campo polémico para el uso de biotecnología es la clonación reproductiva, la cual consiste en la reproducción no sexual de individuos genéticamente idénticos al progenitor. El ejemplo más conocido, aunque no el único, es el de la oveja Dolly, clonada a partir de una célula adulta diferenciada.

Dolly fue cruzada posteriormente y tuvo varios descendientes, pero fue sacrificada a los seis años por padecer una severa enfermedad pulmonar y artritis, aun cuando la expectativa de vida para los organismos de su especie es, en promedio, de 12 años. Sin embargo, no se ha determinado con precisión si dichas enfermedades fueron causadas como consecuencia del hecho de ser un clon, aunque posteriormente sus descendientes mostraron características similares al igual que otros organismos que han sido clonados y no han sobrevivido a la edad de su especie.

#### 4.7.1 Aplicación de estas técnicas

##### Pruebas de diagnóstico

Las enfermedades genéticas heredadas se pueden identificar en un diagnóstico prenatal, esto gracias a una más de las aplicaciones de la ingeniería genética. En la actualidad, se conocen alrededor de 3,000 trastornos genéticos en el ser humano, unos más comunes que otros. Gracias a los avances en esta área, se ha podido detectar algunos de estos trastornos en el feto a través de la identificación de proteínas y enzimas anormales en el líquido amniótico de la madre gestante.

Una de las técnicas utilizadas para estas pruebas es la amniocentesis, la cual consiste en tomar una muestra de líquido amniótico, además de tejido coriónico que es parte de la placenta. Estas células muestra, se cultivan por algunas semanas y posteriormente, se analizan con marcadores bioquímicos y cromosómicos. De esta manera se han detectado, por ejemplo, el síndrome de Down, la anemia falciforme y la fibrosis quística, entre otras.

No solo sirve para diagnosticar trastornos en el feto, también se han desarrollado diversas técnicas para el diagnóstico de enfermedades genéticas, tales como la del anti ADN nuclear. Por ejemplo, para el caso de enfermedades autoinmunes como el Lupus Eritematoso Sistémico (LES), Artritis Reumatoide o Psoriasis entre muchas otras más, comenzando del análisis de porciones de ADN trabajados por ingeniería genética.

##### Reacción en cadena de la polimerasa (PCR)

Si se integran determinados requerimientos moleculares (enzimas, nucleótidos, cebadores, sitio de restricción) y ciertos requisitos físicos -de pH y temperatura-, el ADN puede replicarse en un tubo de ensayo miles de veces en solo algunos minutos mediante la reacción en cadena de la polimerasa PCR. Este método fue desarrollado en 1993 por el genetista Kary Mullis, quien recibió el Premio Nobel de Química por haber logrado la síntesis in vitro de una gran cantidad de fragmentos de ADN.

<sup>TM</sup> Este proceso es cíclico y requiere:

- Dos cebadores. Secuencias cortas de ADN empleadas como molde para la síntesis de una nueva cadena.
- Una ADN polimerasa termoestable. La más utilizada es la Taq (aislada de la bacteria termófila *Thermus aquaticus*), ya que su hábitat natural son las aguas sulfurosas que alcanzan hasta 90 ° C sin que la enzima polimerasa se vea alterada en su funcionamiento.
- Nucleótidos de ADN. Son las cuatro bases nitrogenadas: Adenina, Guanina, Citosina o Timina unidas a un grupo fosfato y a la desoxirribosa; que en su conjunto conforman la molécula de ADN.
- Secuencia de ADN que queremos amplificar.

Cada ciclo comienza con los mismos pasos que la secuenciación del ADN:

1. Desnaturalización: El ADN dúplex es separado en cadenas simples cuando la temperatura a la que se somete es de 94 °C.
2. Hibridación: Cebadores cortos de ADN (de 15 a 20 pares de bases) se agregan a la mezcla para provocar que se unan mediante puentes de hidrógeno a las cadenas individuales de ADN a 54 °C.
3. Síntesis: Se agrega ADN polimerasa que cataliza la producción de cadenas nuevas complementarias en dirección 5' → 3'. La replicación ocurre cuando la temperatura desciende a 72 °C.

Esta reacción PCR tiene diversas aplicaciones en medicina forense, diagnóstico médico, biología evolutiva o en antropología por citar algunos ejemplos, ya que, partiendo de pequeñas muestras de ADN obtenidas de alguna parte del cuerpo del organismo, es posible replicar el ADN original tantas veces como sea necesario para hacer estudios posteriores.

Recientemente se ha utilizado esta prueba para detectar el virus SARSCoV-2, mejor conocido como nuevo Coronavirus o Covid-19, causante de la pandemia que dejó miles de muertos en todo el mundo y millones de contagiados, este virus fue detectado por primera vez en la ciudad de Wuhan en China y un par de meses más tarde ya se encontraba en todo el mundo, provocando no solo problemas de salud sino, económicos, políticos y sociales.

## Biorremediación

La biotecnología tiene un campo de estudio muy amplio, entre los que incluimos la biorremediación, que consiste en utilizar, microorganismos (como bacterias, hongos, etc.), para que mediante las enzimas que producen en su metabolismo, eliminen contaminantes del suelo, el agua o el ambiente en general.

La industrialización ha repercutido en los ecosistemas, por ejemplo, el uso de pesticidas químicos o los derrames de petróleo que ocasionan daños irreparablemente a la flora y fauna que trascienden a toda la cadena trófica. En respuesta a esto, la industria biotecnológica ha desarrollado biopesticidas que no agreden el ambiente y bacterias capaces de degradar las manchas de petróleo, que de otra forma serían casi imposibles de eliminar.

La biotecnología presenta muchos campos de aplicación

El sector comercial e industrial encuentra una gran ventaja en la aplicación de las técnicas biotecnológicas podemos decir que el campo de utilidad para estos sectores es inmenso:

- Aplicaciones terapéuticas: productos farmacéuticos (antibióticos, vacunas), hormonas y terapias génicas.
- Diagnósticos: de enfermedades en humanos, agricultura y ganadería, calidad de alimentos y calidad ambiental.
- Alimentación: mejora de procesos tradicionales de obtención de alimentos y bebidas, nuevos alimentos, aditivos alimentarios conservadores, colorantes, etc.
- Producción de alimentos transgénicos: Se denominan alimentos transgénicos a los obtenidos por manipulación genética que contienen un aditivo derivado de un organismo sometido a ingeniería genética; se llaman así a aquellos que son resultado de la utilización de un producto auxiliar para el procesamiento, creado gracias a las técnicas de la ingeniería genética.

## 4.7.2 Bioética

Es prácticamente imposible hablar de biotecnología sin tener que hablar de la bioética, que se encarga del estudio de los problemas éticos en la investigación biológica como en este caso la biotecnología y sus distintas aplicaciones. Al parecer el desarrollo biotecnológico no conoce límites, cada día son más los descubrimientos que pretenden darle solución a diversos problemas. A pesar de los grandes beneficios que nos ha traído todos los descubrimientos han surgido voces que cuestionan si dichas aplicaciones están bioéticamente reguladas. Ello dependerá de que los avances de la biotecnología se dirijan a un rumbo en el que sus aplicaciones tengan un beneficio real, no solo para el ser humano, sino también para la naturaleza.

Por ello, en México se creó la Comisión Nacional de Bioética en 1992, con el propósito de resaltar los principios éticos que deben regular las investigaciones con seres humanos y con animales. Además, en México existe el Código Ético para la Investigación Biomédica, elaborado por los propios investigadores.

El nacimiento de Dolly, la oveja clonada (1996-2003) abrió la puerta a la discusión pública sobre los límites éticos de la manipulación genética.

Ventajas y desventajas del uso de la Biotecnología.

Aunque la biotecnología se ha empleado en la fabricación de alimentos y bebidas desde la antigüedad, actualmente la elaboración de bebidas alcohólicas, pan, queso y yogur, aunque se puedan elaborar a nivel casero, su producción masiva se realiza a nivel industrial; sin embargo, su elaboración tiene su origen desde hace miles de años.

El término “biotecnología” es relativamente nuevo para el público amplio. Pero, la biotecnología está presente en la vida cotidiana más de lo que la gente se imagina. De hecho, la biotecnología es una actividad antigua, que comenzó hace miles de años cuando el hombre descubrió que al fermentar las uvas se obtenía un producto como el vino. También es biotecnología la fabricación de cerveza a partir de la fermentación de cereales que el hombre

empezó a elaborar hace 4,000 años, y la fermentación de jugo de manzanas para la fabricación de sidra. En estos procesos intervienen microorganismos que transforman componentes del jugo de frutas o de cereales en alcohol. Inclusive la fabricación de pan mediante el uso de levaduras, la elaboración de quesos mediante el agregado de bacterias, y de salames. El yogur es un producto que se obtiene mediante procesos biotecnológicos desde la antigüedad.

Aunque en ese entonces los hombres no entendían cómo ocurrían estos procesos, ni conocían la existencia de microorganismos, podían utilizarlos para su beneficio. Estas aplicaciones constituyen lo que se conoce como biotecnología tradicional y se basa en la obtención y utilización de los productos del metabolismo de ciertos microorganismos. Se puede definir la biotecnología tradicional como “la utilización de organismos vivos para la obtención de un bien o servicio útil para el hombre”. Los procesos biotecnológicos han avanzado a través del tiempo y los campos de su aplicación se han extendido en el último siglo.

La reproducción selectiva de plantas y animales es otra de las áreas de la biotecnología que consiste en el entrecruzamiento de especies que poseían las características deseables y con la selección de los mejores descendientes para ser progenitores, lo que produjo nuevas variedades de plantas y animales, es decir, especies mejor adaptadas a las condiciones ambientales y con características más codiciadas por el ser humano.

La transferencia de genes se ha convertido en una herramienta común en el estudio de la regulación genética, por lo que se usa actualmente para mejorar las especies.

Por ejemplo, la biología tecnológica practicada desde la antigüedad ocurrió con los caballos, que se seleccionaban según la actividad a la cual se destinaban. Al principio buscaban que tuvieran características idóneas para cabalgar o cargar, pero más tarde fueron criados para desempeñar funciones de tracción (caballos de carretas o de tiro) y para la guerra.

La biotecnología puede ser subdividida en: biotecnología tradicional que utiliza organismos para la obtención de productos y biotecnología moderna que utiliza técnicas de la Ingeniería genética (metodologías que modifican los genes de un organismo y los transfieren a otro organismo para que se efectúe la acción deseada para la cual se modificó el gen). Las dos formas de biotecnologías contribuyen en diferentes aspectos de la vida del hombre, mejorando su calidad de vida

## Bibliografía básica y complementaria

- Ángulo, A., Galindo, A., Avendaño, R. & Pérez c. (2012). Biología Celular. Culiacán, Sinaloa, México: Servicios Editoriales Once Ríos.
- Bermúdez, G. (Enero-abril, 2015). Los orígenes de la Biología como ciencia. El impacto de las teorías de evolución y las problemáticas asociadas a su enseñanza y aprendizaje. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 12(1), 66-90.
- Fernández Gama, Diana / Gama Fuertes, María De los Ángeles. "Biología I". Editorial: Pearson. Edición: 4, 2018
- Jiménez, L. (2006). Conocimientos Fundamentales de Biología. Vol. I.
- María De los Ángeles Gama Fuertes. "Biología I Competencias, Mas Aprendizaje, Mas Vida" Editorial: Pearson Educación. Edición: 2, 2013
- Pérez Tamayo, R. (2009). Ciencia, conocimiento e identidad nacional. Reencuentro, núm. 56. Reencuentro
- Recuperado de [http://www.unl.edu.ar/ingreso/cursos/biologia/wp-content/uploads/sites/9/2016/11/BIO\\_01.pdf.pdf](http://www.unl.edu.ar/ingreso/cursos/biologia/wp-content/uploads/sites/9/2016/11/BIO_01.pdf.pdf)
- Recuperado de [http://www.conductitlan.org.mx/04\\_Investigacion/Materiales/L\\_bunge\\_ciencia.pdf](http://www.conductitlan.org.mx/04_Investigacion/Materiales/L_bunge_ciencia.pdf)
- Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=34011860003>
- Recuperado de <http://www.uaeh.edu.mx/virtual>
- Recuperado de <http://www.conocimientosfundamentales.unam.mx/vol1/biologia/pdfs/interior.pdf>
- Recuperado de [https://es.slideshare.net/david\\_huerta/biologa-sinttica-genoma-espacibtfguam](https://es.slideshare.net/david_huerta/biologa-sinttica-genoma-espacibtfguam)