

**INGRESO 2016  
CARRERA DE MEDICINA  
MÓDULO: BIOLOGÍA**



**Facultad de  
Ciencias Médicas**



**UNSE**  
Universidad Nacional  
de Santiago del Estero

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SANTIAGO DEL ESTERO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS**

**AUTORIDADES**

Rectora UNSE

**Lic. Natividad NASSIF**

Decano Organizador Facultad de Ciencias Médicas

**Dr. Humberto A. HERRERA**

Secretario Académico Facultad de Ciencias Médicas

**Dr. Pedro CARRANZA**

Coordinador de Actividades de Ingreso Facultad de Ciencias Médicas

**Dr. José GALIANO**

**MÓDULOS DE ESTUDIO PARA INGRESO A MEDICINA**

**Equipo de autores de material de estudio**

**Módulos de Curso de Nivelación**

**Biología:** Dr. Diego MELONI

**Física:** Ing. Claudia ANRIQUEZ

**Química:** Dra. Evangelina GONZÁLEZ

Lic. Héctor TÉVEZ

**Alfabetización Académica:** Lic. Elsa DANNA

Meloni, Diego Ariel

Módulos de estudio para ingreso a medicina: biología. - 1a ed. -  
Santiago del Estero: Universidad Nacional de Santiago del Estero -  
UNSE, 2015.

E-Book.

ISBN 978-987-1676-57-6

1. Medicina. 2. Biología. 3. Enseñanza Universitaria. I. Título  
CDD 570.711

**MÓDULO 3: BIOLOGÍA**

La biología como ciencia que estudia el origen, evolución y propiedades de los seres vivos, así como las relaciones entre ellos y con el ambiente, y se vincula directamente con la medicina, a través del conocimiento del hombre como ser vivo y en múltiples procesos para el sostenimiento de la vida humana.

***Propósito***

Proporcionar a los aspirantes conocimientos de Biología, en las interacciones con los seres vivos entre sí y con el ambiente y en el proceso evolutivo a fin de brindar los fundamentos biológicos que le permitan comprender la complejidad de la salud, de la medicina y del hombre como unidad biopsicosocial.

***Objetivos***

- Comprender la importancia de la célula como la mínima unidad vital de los seres vivos, como componente esencial del hombre y su estado de salud.
- Interpretar y relacionar a la salud humana con las interacciones entre los seres vivos y su ambiente como fenómenos estáticos, dinámicos y evolutivos.
- Analizar los seres vivos, considerando el hombre como parte de un sistema viviente con propiedades particulares que permiten su caracterización.
- Interpretar la ecología como ciencia reconociendo los componentes de un ecosistema, sus interrelaciones y relacionando con el comportamiento biológico y social del hombre en hechos que alteran la salud humana.
- Analizar, integrar y comprender la estructura, los procesos y mecanismos de la biología celular y sus posibles aplicaciones médicas.
- Analizar e interpretar los diferentes mecanismos y teorías relacionadas con la evolución y adaptación de los seres vivos y en particular en el ser humano.
- Integrar los niveles de organización de la biología celular con la anatomía y fisiología del aparato digestivo.

***Propuesta de Contenidos***

**Niveles de organización.** Características y clasificación de los seres vivos. Diferentes niveles de organización.

**Biología celular.** Teoría celular. Métodos de estudio de las células. Organización y función de las células procariontas y eucariotas. Diferencias entre los tipos celulares. Excepciones a la teoría celular. Virus.

Organización estructural y funcional de la célula animal.

Membranas celulares. Estructura y funciones. Mecanismos de transporte. Transporte activo y pasivo. Intercambio a través de vesículas. Endocitosis, exocitosis.

Funciones e importancia de Retículo Endoplasmático Liso, Retículo Endoplasmático Rugoso, complejo de Golgi mitocondria, lisosomas, peroxisomas, núcleo, nucleolo, citoesqueleto.

División celular en eucariotas. Ciclo celular. Mitosis. Descripción general del proceso e importancia en la biología humana. Citocinesis. Meiosis. Descripción general del proceso. Comparación entre mitosis y meiosis.

**Herencia y genética.** Leyes de Mendel. Gen, alelos, genotipo, fenotipo. Caracteres dominantes y recesivos. Homocigosis, heterocigosis. Excepciones a las leyes de Mendel: codominancia, alelos múltiples, herencia ligada al sexo, herencia poligénica. Ejemplos en la especie humana.

Teoría génica. Estructura de los ácidos nucleicos. El dogma central de la biología. Réplica del ADN, generalidades. Bases moleculares de la réplica del ADN. Reparación del ADN. Transcripción. Síntesis proteica.

Enfermedades de origen genético en el ser humano. Alteraciones en el número de cromosomas. Monosomías y trisomías. Alteraciones en la estructura de los cromosomas: conceptos de: deleciones, duplicaciones, inversiones y traslocaciones.

**Biología de la nutrición.** El sistema digestivo. Enfoque evolutivo: ejemplos en vertebrados e invertebrados. Etapas del proceso digestivo.

**Evolución.** Concepto. Evidencias en que se basa la teoría de la evolución. Teorías sobre la evolución de las especies.

**Interacción entre organismos vivos y ambiente.** Ecología. Individuo. Especie. Población. Comunidad. Ecosistema. Biosfera. Factores bióticos y abióticos. Hábitat y nicho ecológico. Relaciones Impacto ecológico de la interacción de la especie humana. Importancia médica de dicho impacto.

## **Bienvenidos al Módulo de Biología**

Los docentes del Módulo de Biología, te damos la bienvenida al Curso de Ingreso de la Carrera de Medicina. Hemos elaborado esta cartilla con los contenidos básicos que has estudiado en la escuela secundaria, y que son fundamentales para la comprensión de los conceptos que se desarrollarán en los Espacios Curriculares específicos de Medicina.

La cartilla cuenta con los temas teóricos establecidos en los contenidos mínimos del módulo de Biología. El desarrollo de los conceptos cuenta con figuras que facilitarán su comprensión. También se han incorporado algunas situaciones problemáticas, y temas que podrán ser discutidos con tus compañeros, realizándose una puesta en común en clase.

Durante el desarrollo de las clases se complementará este material con preguntas de opción múltiple, para que puedas familiarizarte con este sistema de evaluación, que será utilizado en el examen de ingreso.

Los docentes estamos a tu disposición para evacuar las dudas que puedan surgir. Como ha dicho el compositor brasileño L. Gonzaga do Nascimento: “cantar, y cantar, y cantar, la belleza de ser un eterno aprendiz...”. No tengas vergüenza de desconocer algunos temas, no sientas temor de no entender; somos eternos aprendices, las dudas te acompañarán hasta el último día de tu vida. Entonces disfruta de este maravilloso proceso de enseñanza-aprendizaje, donde docentes y estudiantes nos enriquecemos con conocimientos y experiencias de vida.

¡Muchos Éxitos!

Dr. Diego Ariel Meloni  
Coordinador Módulo de Biología

**ÍNDICE**

<b>NIVELES DE ORGANIZACIÓN .....</b>	<b>9</b>
<b>CARACTERÍSTICAS DE LOS SERES VIVOS .....</b>	<b>9</b>
1. ORGANIZACIÓN ESPECÍFICA .....	9
2. METABOLISMO.....	10
3. HOMEOSTASIS.....	10
4. MOVIMIENTO .....	11
5. SENSIBILIDAD .....	11
6. CRECIMIENTO.....	12
7. REPRODUCCIÓN .....	12
8. HERENCIA.....	13
9. ADAPTACIÓN .....	14
<b>LA ORGANIZACIÓN DE LA VIDA.....</b>	<b>15</b>
CLASIFICACIÓN DE LOS SERES VIVOS.....	15
SISTEMÁTICA MOLECULAR.....	16
<b>NIVELES DE ORGANIZACIÓN.....</b>	<b>18</b>
<b>BIOLOGÍA CELULAR.....</b>	<b>20</b>
<b>MÉTODOS DE ESTUDIO DE LA CÉLULA.....</b>	<b>20</b>
MICROSCOPIO ÓPTICO.....	20
MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE TRANSMISIÓN .....	22
MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE BARRIDO .....	24
VIRUS.....	28
EL VIRUS DE LA INMUNODEFICIENCIA HUMANA (HIV) .....	29
<b>MEMBRANAS CELULARES .....</b>	<b>30</b>
<b>COMPOSICIÓN QUÍMICA Y ESTRUCTURA.....</b>	<b>31</b>
<b>TRANSPORTE A TRAVÉS DE VESÍCULAS.....</b>	<b>33</b>
ESTRUCTURA DE LA CÉLULA ANIMAL .....	33
CITOESQUELETO .....	36
<b>DIVISIÓN CELULAR EN EUCARIOTAS .....</b>	<b>37</b>
<b>FASES DE LA MITOSIS.....</b>	<b>38</b>
<b>CITOCINESIS .....</b>	<b>39</b>
<b>MEIOSIS .....</b>	<b>41</b>
PARA PENSAR... ..	45
<b>HERENCIA Y GENÉTICA .....</b>	<b>45</b>
<b>LEYES DE MENDEL.....</b>	<b>45</b>
SEGUNDA LEY DE MENDEL, O PRINCIPIO DE SEGREGACIÓN INDEPENDIENTE.....	49

<b>EXCEPCIONES A LAS LEYES DE MENDEL .....</b>	<b>50</b>
CODOMINANCIA.....	50
ALELOS MÚLTIPLES .....	51
HERENCIA LIGADA AL SEXO .....	51
HERENCIA POLIGÉNICA .....	52
<b>ENFERMEDADES DE ORIGEN GENÉTICO EN LA ESPECIE HUMANA.....</b>	<b>54</b>
ALTERACIONES EN LA ESTRUCTURA DE LOS CROMOSOMAS .....	54
ALTERACIONES EN EL NÚMERO DE CROMOSOMAS .....	55
<b>TEORÍA GÉNICA.....</b>	<b>58</b>
<b>ESTRUCTURA DE LOS ÁCIDOS NUCLEICOS.....</b>	<b>58</b>
CONSTRUCCIÓN DEL MODELO .....	59
<b>REPLICACIÓN DEL ADN.....</b>	<b>61</b>
CORRECCIÓN DE ERRORES.....	63
TRANSCRIPCIÓN.....	63
EL CÓDIGO GENÉTICO.....	65
BIOSÍNTESIS DE PROTEÍNAS .....	66
<b>BIOLOGÍA DE LA NUTRICIÓN .....</b>	<b>68</b>
<b>SISTEMA DIGESTIVO .....</b>	<b>68</b>
EL SISTEMA DIGESTIVO DE LOS VERTEBRADOS .....	69
<b>EVOLUCIÓN.....</b>	<b>72</b>
IDEAS EVOLUTIVAS EN LA ANTIGUA GRECIA .....	72
IDEAS EVOLUTIVAS EN LA MODERNIDAD.....	72
LA TEORÍA DE DARWIN: MUCHAS PREGUNTAS ENCUENTRAN SUS RESPUESTAS .....	74
<b>INTERACCIÓN ENTRE ORGANISMOS VIVOS Y AMBIENTE .....</b>	<b>77</b>
LOS ORGANISMOS Y EL AMBIENTE.....	78
PIRÁMIDES POBLACIONALES.....	79
<b>IMPACTO ECOLÓGICO DE LA INTERACCIÓN DE LA ESPECIE HUMANA .....</b>	<b>81</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA SUGERIDA.....</b>	<b>82</b>

## NIVELES DE ORGANIZACIÓN

### CARACTERÍSTICAS DE LOS SERES VIVOS

Hasta la fecha sigue siendo muy difícil hacer una definición formal de lo que es la **vida**. Por este motivo, recurrimos a una nómina de las características que los seres vivos tienen en común. Al hacerlo descubrimos que las características distintivas de **casi todos los seres vivos** respecto de los no vivos incluyen los siguientes aspectos:

- 1) una **organización** precisa,
- 2) una variedad de reacciones químicas que denominamos **metabolismo**,
- 3) una capacidad de mantener un medio interno apropiado a pesar de los cambios que tienen lugar en el medio externo (proceso denominado **homeostasis**),
- 4) **movimiento**,
- 5) **capacidad de respuesta**,
- 6) **crecimiento**,
- 7) **reproducción**
- 8) **herencia** y
- 9) **adaptación** a los cambios del ambiente.

#### 1. Organización específica

La **teoría celular**, una de las piedras basales de la Biología, establece que todos los seres vivos están compuestos por unidades básicas llamadas **células** y por **productos celulares**, que resultan de la propia actividad celular. Aunque los organismos varían en gran medida en tamaño y apariencia, todos ellos (con excepción de los virus <sup>1\*</sup>) están formados por células. *La célula puede definirse como la parte más simple de la materia viva capaz de realizar todas las actividades necesarias para la vida.*

Algunos de los organismos más simples, como las bacterias, son **unicelulares**; es decir, constan de una sola célula. Por el contrario, el cuerpo de un hombre, de una rana o de un roble está formado por millones de células; en estos organismos **pluricelulares** complejos, los procesos del organismo entero dependen del funcionamiento coordinado de las células que lo constituyen.

En los organismos unicelulares la única célula debe realizar todas las funciones (es polifuncional). En cambio en los organismos pluricelulares, a medida que la complejidad aumenta las células se diferencian unas de otras, adquiriendo funciones específicas, como ocurre en los humanos con las células epidérmicas, musculares, nerviosas, etc.

---

<sup>1</sup> Los virus sólo pueden llevar a cabo su metabolismo y reproducción empleando los mecanismos metabólicos de las células a las que parasitan, razón por la cual se dice que los virus constituyen el límite entre lo vivo y lo no vivo.

## 2. Metabolismo

En todos los seres vivos ocurren **reacciones químicas esenciales para la nutrición, el crecimiento y la reparación de las células, así como para la conversión de la energía en formas utilizables (transducción)**. La suma de todas estas actividades químicas del organismo recibe el nombre de **metabolismo**. Las reacciones metabólicas ocurren de manera **continua** en todo ser vivo; en el momento en que se suspenden se considera que el organismo ha muerto.

Cada célula específica del organismo toma en forma continua nuevas sustancias que modifica químicamente de diversas maneras, para integrar con ellas nuevos componentes celulares. Algunos nutrientes se usan como "combustible" en la respiración celular, proceso durante el cual una parte de la energía almacenada en ellos es tomada por la célula para su propio uso. Esta energía es necesaria en la síntesis y en otras actividades celulares. En la mayoría de los organismos la respiración celular también requiere oxígeno, que es proporcionado por el proceso de intercambio de gases. Los desperdicios celulares como el dióxido de carbono y el agua deben eliminarse del organismo. *Cada reacción química está regulada por una enzima específica, es decir, un catalizador biológico.* La vida en la Tierra implica un incesante flujo de energía dentro de la célula, entre células del mismo organismo y entre diferentes organismos.

## 3. Homeostasis (del griego *homo* = parecido, *estasis* = fijar)

En todos los organismos, **los diversos procesos metabólicos deben ser cuidadosamente y constantemente regulados** para mantener un estado de equilibrio. Cuando ya se sintetizó una cantidad suficiente de un componente celular, es necesario reducir su producción o suspenderla por completo. Cuando declina la cantidad de energía disponible en una célula es necesario que entren en funcionamiento los procesos adecuados para poner a disposición de la célula nueva energía. Estos mecanismos autorregulados de control son notablemente sensibles y eficientes. **La tendencia de los organismos a mantener un medio interno constante se denomina *homeostasis*, y los mecanismos que realizan esa tarea se llaman *mecanismos homeostáticos*.**

La regulación de la temperatura corporal en el ser humano (homeotermia) es un ejemplo de la operación de tales mecanismos. Cuando la temperatura del cuerpo se eleva por arriba de su nivel normal (36,5 – 37°C), ese aumento en la temperatura de la sangre es detectada por células especializadas del hipotálamo que funcionan como un termostato. Dichas células envían impulsos nerviosos hacia las glándulas sudoríparas e incrementan la secreción de sudor. La evaporación del sudor que humedece la superficie del cuerpo reduce

la temperatura corporal. Otros impulsos nerviosos provocan la dilatación de los capilares sanguíneos de la piel, haciendo que ésta se sonroje. El aumento del flujo sanguíneo en la piel lleva más calor hasta la superficie corporal para que desde ahí se disipe por radiación. Por el contrario, cuando la temperatura del cuerpo desciende por debajo de su nivel normal, el sensor del cerebro inicia una serie de impulsos que constriñen los vasos sanguíneos de la piel, reduciendo así la pérdida de calor a través de la superficie. Si la temperatura corporal desciende aún más, el cerebro empieza a enviar impulsos nerviosos hasta los músculos, estimulando las rápidas contracciones musculares conocidas como *escalofríos*, un proceso que tiene como resultado la generación de calor.

#### 4. Movimiento

El movimiento, *aunque no necesariamente la locomoción* (el desplazamiento de un lugar a otro) es una característica de los seres vivos. El movimiento de casi todos los animales es muy obvio: se agitan, reptan, nadan, corren o vuelan. Los movimientos de las plantas son mucho más lentos y menos obvios, pero no por ello dejan de existir<sup>2</sup>. El movimiento de flujo de material vivo en el interior de las células de las hojas de las plantas se conoce como *ciclosis*.

La locomoción puede ser el resultado de la contracción de los músculos (en los organismos pluricelulares complejos), de la actividad de diminutas extensiones piliformes llamadas cilios o flagelos (en algunos individuos unicelulares), o del lento flujo de una masa de sustancias celulares (movimiento amiboideo) como ocurre en las amebas y algunas células de organismos superiores. Unos cuantos animales como esponjas, corales, ostras y ciertos parásitos, no se desplazan de un lugar a otro cuando son adultos. Sin embargo, la mayoría de ellos tienen fases larvarias (juveniles) que nadan libremente. Incluso en el caso de los adultos sésiles (firmemente fijos, de modo que no están libres para deambular) puede, no obstante, haber cilios o flagelos que se agitan rítmicamente, moviendo el agua que rodea al organismo; de esta manera obtienen alimento y otros recursos indispensables para la vida.

#### 5. Sensibilidad

Los seres vivos reaccionan a los estímulos, que son cambios físicos o químicos en su ambiente interno o externo: Los estímulos que provocan una reacción en la mayoría de los organismos son: cambios en la intensidad o dirección de la luz o en el tipo de radiación recibida, cambios en la temperatura, presión o sonido, y cambios en la composición química de suelo, aire o agua circundantes. En los animales complejos, como el ser humano, ciertas

---

<sup>2</sup> El giro de las inflorescencias de girasol hacia el sol, el cierre de las hojas de las plantas insectívoras ("atrapamoscas") o los movimientos (tropismos) de tallos y raíces (fototropismo y geotropismo) son seguramente los casos más conocidos de movimiento en vegetales.

células del cuerpo están altamente especializadas para reaccionar a ciertos tipos de estímulos: por ejemplo, las células de la retina del ojo reaccionan a la luz. En los organismos más simples esas células pueden estar ausentes, pero el organismo entero reacciona al estímulo. Ciertos organismos unicelulares reaccionan a la luz intensa huyendo de ella.

La sensibilidad de las plantas no es tan obvia como la de los animales, pero también los vegetales reaccionan a la luz, la gravedad, el agua y otros estímulos, principalmente por crecimiento de las diversas partes de su cuerpo. El movimiento de flujo del citoplasma de las células vegetales se acelera o detiene a causa de las variaciones en la intensidad de la luz. Algunas plantas insectívoras, como la atrapamoscas, son particularmente sensibles a los estímulos táctiles y pueden capturar insectos; sus hojas están insertadas a lo largo del eje principal y poseen una esencia que atrae a los insectos. La presencia de un insecto sobre la hoja, que es detectada por ciertas vellosidades de la superficie de la hoja, estimula el cierre de ésta. Los bordes se aproximan entre sí y las vellosidades se entrelazan para impedir el escape de la presa. Entonces la hoja secreta enzimas que matan y digieren al insecto. Estas plantas suelen vivir en suelos deficientes en nitrógeno, por lo que la captura de insectos les permite obtener, de las presas que "devoran", parte del nitrógeno que necesitan para su propio crecimiento.

## 6. Crecimiento

Algunas cosas no vivas parecen crecer. Por ejemplo, se forman cristales en una solución sobresaturada de una sal; a medida que la solución va perdiendo más sal disuelta, los cristales crecen más y más. No obstante, ese proceso no es crecimiento en el sentido biológico. Los biólogos restringen el término crecimiento a los procesos que incrementan la cantidad de sustancia viva del organismo. El **crecimiento**, por lo tanto, es un **aumento en la masa celular, como resultado de un incremento del tamaño de las células individuales, del número de células, o de ambas cosas**. El crecimiento puede ser uniforme en las diversas partes de un organismo, o mayor en unas partes que en otras, de modo que las proporciones corporales cambian conforme ocurre el crecimiento.

La mayoría de los vegetales superiores siguen creciendo en forma indefinida, hecho que constituye una diferencia sustancial entre plantas y animales. Por el contrario, casi todos los animales tienen un período de crecimiento, el cual termina cuando se alcanza el tamaño característico del estado adulto. Uno de los aspectos más notables del proceso es que cada parte del organismo sigue funcionando conforme éste crece.

## 7. Reproducción

Uno de los principios fundamentales de la Biología es que ***toda forma de vida proviene exclusivamente de otro ser vivo***. Si existe alguna característica que pueda considerarse la esencia misma de la vida, ésta es la capacidad que tiene los organismos de reproducirse.

En los organismos menos evolucionados (procariotas) como las bacterias, la reproducción sexual es desconocida. Cada célula se divide por constricción (fisión binaria), dando lugar a dos células hijas, mediante un proceso de reproducción asexual. Este procedimiento es el que ocurre habitualmente en los organismos más simples, como las amebas. Cuando una ameba alcanza cierto tamaño, se reproduce partiéndose en dos y se forman dos amebas nuevas. Antes de dividirse, cada ameba produce un duplicado de su material genético (genes), de modo que cada célula hija recibe un juego completo de ese material. Con la salvedad del tamaño, cada ameba hija es idéntica a la célula progenitora. A menos que sea devorada por otro organismo o que la destruyan condiciones ambientales adversas, como la contaminación, una ameba no morirá. En los vegetales inferiores la reproducción puede ser asexual o sexual y habitualmente se produce una alternancia de generaciones sexuales y asexuales.

En casi todas las plantas y animales, la reproducción sexual se realiza mediante la producción de células especializadas llamadas *gametas*, las cuales se unen y forman el óvulo fecundado, o *cigota*, del que nace el nuevo organismo. Cuando la reproducción es sexual, cada descendiente es el producto de la interacción de diversos genes aportados de manera equivalente por la madre y el padre, por lo cual presenta características distintivas, en lugar de ser idéntico a alguno de sus progenitores. **La variación genética es la materia prima sobre la cual actúan los procesos vitales de la evolución y la adaptación.**

## 8. Herencia

Para que un ser vivo organizado lleve a cabo un metabolismo autorregulado, crezca, se desarrolle, se mueva, responda a estímulos y se reproduzca, debe tener instrucciones precisas. La información para efectuar estos procesos está codificada en las células y se va a expresar en la forma de sustancias químicas e impulsos eléctricos, pero también se debe transmitir dentro de cada individuo y entre individuos, de una generación a la siguiente; es decir se debe heredar. Por lo tanto, *la herencia provee la base para la gran división entre lo viviente y lo no viviente.*

Todos los organismos sobre la Tierra poseen un sistema genético que se basa en una molécula larga y compleja llamada **ADN, ácido desoxirribonucleico**. Este compone los **genes** o unidades de material hereditario. El orden en que se disponen las subunidades o monómeros del ADN, los **nucleótidos**, codifica la información que determina las características individuales de los organismos. El código genético es el mismo en todos los seres vivos, lo que constituye un ejemplo impresionante de la unidad de la vida. Pero cada

especie de organismo posee un ADN que le es característico; de modo que cada especie genera únicamente individuos de la misma y no de otras especies.

Los genes transmiten la información de una generación a la siguiente, pero también regulan el desarrollo y funcionamiento de cada organismo. El ADN puede **transcribir** su información parcialmente a otro tipo de ácido nucleico, **el ARN o ácido ribonucleico**, del cual existen distintos tipos: uno de ellos –el ARN mensajero– puede traducir ese mensaje para que se sintetice una determinada **proteína**. De este modo, el ADN contiene toda la información para sintetizar todas las proteínas que necesita un ser vivo. Éstas son moléculas grandes y muy diversas, que pueden diferir en cada tipo de organismo; sus monómeros son los **aminoácidos**, que son de 20 tipos distintos pero son los mismos en todos los organismos vivos. Dentro de un mismo individuo, los diversos tipos de células pueden sintetizar proteínas diferentes; así los glóbulos rojos de la sangre tienen hemoglobina y los músculos mioglobina. Cada tipo de célula regula la velocidad de sus reacciones metabólicas mediante **enzimas**, que son proteínas. De este modo puede afirmarse que *la identidad de cada organismo queda preservada por la posesión de un conjunto distintivo de ácidos nucleicos y proteínas*”.

## 9. Adaptación

La capacidad que muestra una especie para adaptarse a su ambiente es la característica que le permite sobrevivir en un mundo en constante cambio. Las adaptaciones son rasgos que incrementan la capacidad de sobrevivir en un ambiente determinado. Dichas adaptaciones pueden ser estructurales, fisiológicas o conductuales, o una combinación de ellas. Todo organismo biológicamente apto es, de hecho, una compleja colección de adaptaciones coordinadas.

La larga y flexible lengua de los batracios es una *adaptación estructural* para atrapar insectos y el grueso pelaje de los osos polares lo es para sobrevivir en las temperaturas congelantes.

La adaptación de una plaga frente a los efectos letales de un plaguicida es una *adaptación fisiológica*. El plaguicida interfiere una reacción metabólica vital; si algunos individuos de la especie plaga hubieran sufrido una mutación previa que les permita sintetizar una sustancia que bloquee la acción del plaguicida, los descendientes de los individuos mutados serán insensibles a éste.

La polinización de plantas por insectos es un ejemplo de *adaptación conductual*. El insecto aprende a reconocer un aroma que lo atrae hacia una flor que tiene néctar (jugo azucarado) y se hace visitante casi exclusivo de esa flor, que contiene alimento. La adopción de este nuevo comportamiento le asegura al insecto la fuente de alimentación (y a la planta la eficiencia reproductiva, ya que el insecto transportará polen entre distintos individuos de la misma especie).

La **adaptación** trae consigo *cambios en la especie, más que en el individuo*. Si todo organismo de una especie fuera exactamente idéntico a los demás, cualquier cambio en el ambiente sería desastroso para todos ellos, de modo que la especie se extinguiría. La mayor parte de las adaptaciones se producen durante períodos muy prolongados de tiempo, y en ellas intervienen varias generaciones. Las adaptaciones son el *resultado* de los *procesos evolutivos* (que se explicarán más adelante en este mismo capítulo).

## LA ORGANIZACIÓN DE LA VIDA

Una de las características más sorprendentes de la vida es la organización. Ya se mencionó el nivel de organización celular, pero dentro de cada organismo específico pueden identificarse algunos otros niveles: químico, celular, orgánico y ecológico.

### Clasificación de los seres vivos

Durante siglos, los naturalistas han intentado describir la diversidad del mundo natural. La Sistemática, se dedica al estudio de la diversidad de los organismos y sus relaciones de parentesco.

Para clasificar a los seres vivos, la Sistemática utiliza a la Taxonomía, que es el área del conocimiento encargada de establecer las reglas de clasificación.

Cuando se aplican ciertas reglas de clasificación a los seres vivos, se genera un sistema jerárquico, es decir un sistema de grupos dentro de grupos, o de grupos inclusivos.

En el sistema jerárquico de clasificación biológica, cada grupo o “taxón” tiene asociado un conjunto de características, que determina la pertenencia de ciertos organismos a ese grupo. Ese sistema de clasificación jerárquica se compone de:

Categoría taxonómica	Ejemplo
Reino	<i>Animalia</i>
<i>Phylum</i> (plural: <i>Phyla</i> )	<i>Chordata</i>
Clase	<i>Mamalia</i>
Orden	<i>Carnivora</i>
Familia	<i>Felidae</i>
Género	<i>Panthera</i>
Especie	<i>Panthera pardus</i> (leopardo)

Dentro del Género *Panthera*, se incluye al león africano (*Panthera leo*) y al tigre (*Panthera tigris*).

Como puede apreciarse, se utiliza un sistema “binomial” de nomenclatura, ideado por el naturalista sueco Linné (*Linneo*) en el siglo XVIII. El nombre científico de un organismo está formado por dos partes: un nombre genérico y un epíteto específico (adjetivo o modificador),

ambos en latín. Un epíteto específico carece de sentido cuando se escribe solo, ya que muchas especies pueden tener el mismo epíteto específico. Por ejemplo: *Drosophyla melanogaster* (mosca de la fruta) y *Tamnophis melanogaster* (una culebra semiacuática). De esta manera, el término “*melanogaster*”, que significa “estómago negro”, por sí solo no identifica a ningún organismo. Las especies también se denominan por nombres vulgares, que es aquella denominación que le damos comúnmente. El nombre vulgar puede variar según la región, pero el nombre científico es único para cada especie. Por ejemplo, a la especie *Prosopis alba*, se la denomina vulgarmente “algarrobo blanco”, o “el árbol”.

Linne había distinguido dos reinos: el animal y el vegetal. Aún con el descubrimiento del mundo microbiano, este sistema subsistió. Las bacterias fueron ubicadas en el reino vegetal; la presencia de una pared celular rígida lo justificó. Los hongos también, por carecer de locomoción, aunque desde el punto de vista estructural, tenían poco en común con las plantas superiores. Algunos organismos, como *Euglena* se mueven y fotosintetizan, de modo que fueron reclamados por zoólogos y botánicos, y aparecían en ambos reinos.

En 1959 Robert Whittaker propuso la clasificación en 5 reinos:

*Monera*: procariotas

*Plantae*: autótrofos fotosintéticos

*Fungi*: hongos

*Animalia*: animales

*Protista*: son organismos eucariotas que por sus características no pueden ser incluidos en los otros reinos.

### **Sistemática molecular**

La clasificación sistemática dependió durante muchos años de la experiencia, sabiduría de los especialistas dedicados al estudio de los distintos grupos. Así, por ejemplo, las características morfológicas que utiliza un entomólogo para estudiar insectos, no ayudan a resolver un problema de clasificación de un grupo de hongos.

A partir de la década de 1960, distintas técnicas moleculares fueron empleadas en la sistemática. La electroforesis y la secuenciación de proteínas, se plantearon como las primeras soluciones. Una de las primeras proteínas analizadas en los estudios de sistemática molecular, fue el citocromo c, una proteína de la cadena transportadora de electrones. Esta molécula, reconocida en una gran variedad de organismos, permitió determinar el número de aminoácidos en el que diferían cualquier par de especies. Cuanto mayor es el número de aminoácidos distintos, mayor debe haber sido el tiempo de evolución a partir de su ancestro común.

Con el advenimiento de la técnica de secuenciación de ácidos nucleicos, el uso de la secuenciación de proteínas, para estimar relaciones evolutivas, fue abandonado, ya que la

técnica de secuenciación de ácidos nucleicos es mucho más fácil (se compone sólo de 4 nucleótidos, mientras que las proteínas se constituyen de 20 aminoácidos).

Las tasas de cambio en las secuencias de ADN varían de una parte del genoma a otra. El ADN que codifica para el ARN ribosómico varía lentamente. De este modo, comparando la secuencia de nucleótidos de estos genes (o sus productos, los ARN<sub>r</sub>) podemos estudiar relaciones entre grupos que divergieron hace cientos de millones de años. En contraste, el ADN mitocondrial, evoluciona rápidamente. De este modo, algunos sistemáticos comparan secuencias de ADN mitocondrial para estudiar especies relacionadas.

La secuenciación de ARN<sub>r</sub> llevó a Woese a proponer una categoría taxonómica superior al Reino, que denominó Dominio. Esto se debe a que observó que según los ARN<sub>r</sub> los organismos podían agruparse en 3 linajes: *Eubacteria*, *Archaea* y *Eukarya*. Los dos primeros son procariotas, y el segundo eucariota.

De esta manera, las categorías taxonómicas serían las siguientes:

Categoría taxonómica	Ejemplo
Dominio	<i>Eukarya</i>
Reino	<i>Animalia</i>
<i>Phylum</i> (plural: <i>Phyla</i> )	<i>Chordata</i>
Clase	<i>Mamalia</i>
Orden	<i>Carnivora</i>
Familia	<i>Felidae</i>
Género	<i>Panthera</i>
Especie	<i>Panthera pardus</i> (leopardo)

El cambio propuesto resalta la existencia de diferencias, hasta ahora ocultas, dentro de los organismos procariotas. De este modo, *Monera* es un grupo que debería descartarse de la clasificación biológica.

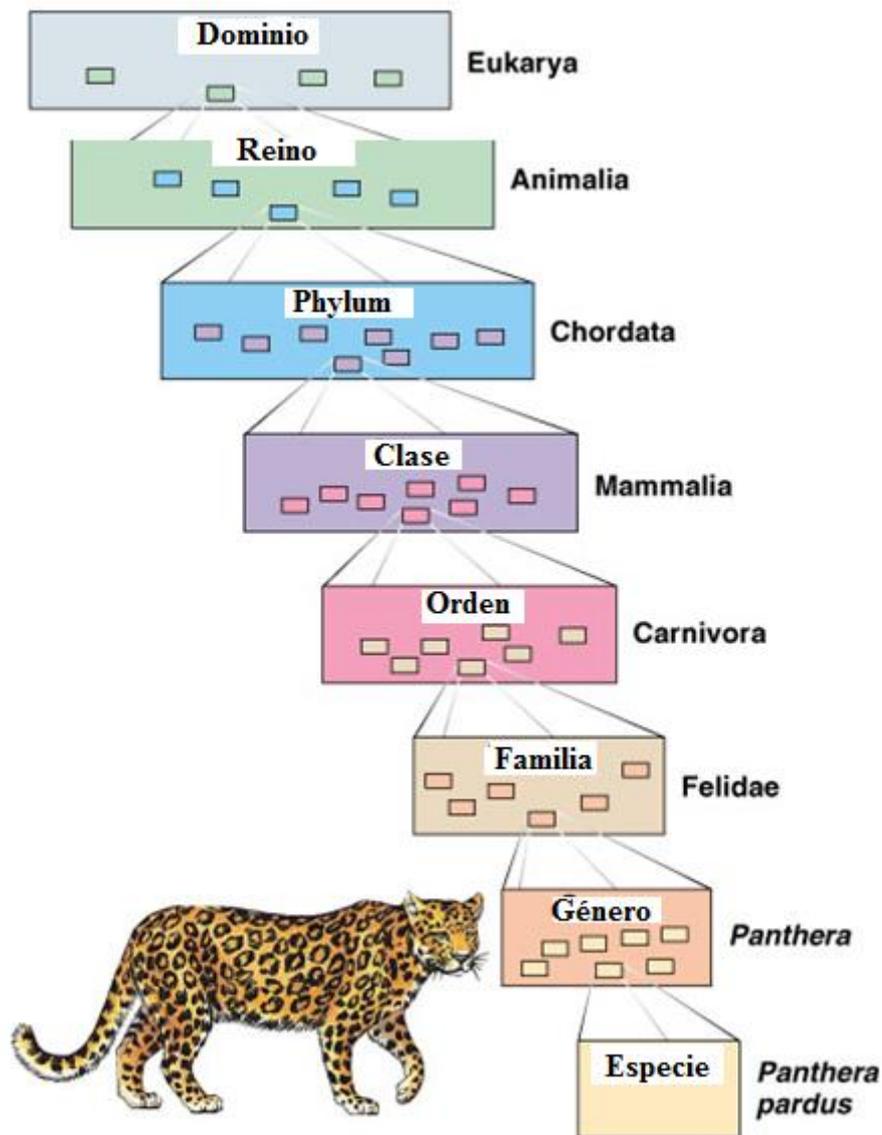


Figura 1. Clasificación de los seres vivos; esquema mostrando las distintas categorías taxonómicas, citándose como ejemplo la pantera (Adaptado de Purves *et al.*, 2001).

### Niveles de organización

El **nivel químico** es el nivel de organización más simple. Este nivel abarca las partículas básicas de toda la materia, los átomos, y sus combinaciones, llamadas moléculas. La asociación de moléculas pequeñas en estructuras más grandes da lugar a *macromoléculas*, tales como las proteínas (formadas por la asociación de aminoácidos), los polisacáridos (que resultan de la unión de muchas moléculas de monosacáridos o azúcares) y los ácidos nucleicos (que se forman por condensación de nucleótidos, que a su vez están constituidos por una base nitrogenada, un azúcar y ácido fosfórico). En algunos casos macromoléculas iguales o distintas se asocian en estructuras denominadas *supramacromoleculares*, como

ocurre en la pared celular de los vegetales, donde predomina la celulosa, pero además hay hemicelulosas y pectinas.

Al **nivel celular** se observa que hay muchas moléculas diversas que pueden asociarse entre sí hasta obtenerse estructuras complejas, y altamente especializadas, a las que se denomina *organelos* u *orgánulos*. La membrana celular que rodea a la célula y el núcleo que contiene el material hereditario son ejemplos de organelos. La célula en sí es la unidad básica estructural y funcional de la vida. Cada célula está formada por una cantidad discreta de citoplasma gelatinoso, rodeado por una membrana celular. Los organelos están aparentemente suspendidos en el citoplasma, pero como veremos su posición depende de la actividad de una complicada malla de diferentes tipos de proteínas que constituyen el *citoesqueleto*.

El siguiente nivel de organización, a menudo llamado **nivel orgánico**, se evidencia en los **organismos pluricelulares complejos**, donde las células de igual o distinto tipo se agrupan para formar tejidos, como el tejido muscular y el nervioso en los animales, o el tejido de transporte o de secreción en las plantas. Los tejidos, a su vez, están organizados en estructuras funcionales llamadas *órganos*, como el corazón y el estómago en los animales, o la hoja, el tallo o la raíz, en las plantas. En los animales, cada grupo de funciones biológicas es realizado por un conjunto coordinado de tejidos y órganos llamado aparato o sistema orgánico. El sistema circulatorio y el aparato digestivo son ejemplo de este nivel de organización. Al funcionar juntos, con gran precisión, los sistemas y aparatos orgánicos integran el organismo pluricelular complejo, que definen al individuo. El conjunto de individuos semejantes entre sí, parecidos en sus caracteres estructurales y funcionales, que en la naturaleza pueden entrecruzarse libremente y producir descendientes fértiles, definen a una **especie**.

Finalmente, los organismos interactúan entre sí y originan niveles de organización biológica aún más complejos, como el **nivel ecológico**. Todos los miembros de una especie que ocupan la misma área geográfica al mismo tiempo forman una **población**. El ambiente ocupado por un organismo o población es su **hábitat**. La manera en la que un organismo establece interacciones con todos los factores bióticos y abióticos de su ambiente, recibe el nombre de **nicho ecológico**. Las poblaciones de organismos que viven en una región determinada y que interactúan entre sí al mismo tiempo, constituyen una **comunidad**. Así, en una comunidad pueden reunirse centenares de tipos diferentes de formas de vida. La ciencia que estudia la manera en que los organismos de una comunidad se relacionan entre sí y con su medio abiótico recibe el nombre de **Ecología**. Una comunidad, junto con su medio abiótico, se denomina **ecosistema**.

La sumatoria de todos los ecosistemas del planeta, se denomina **Biósfera**.

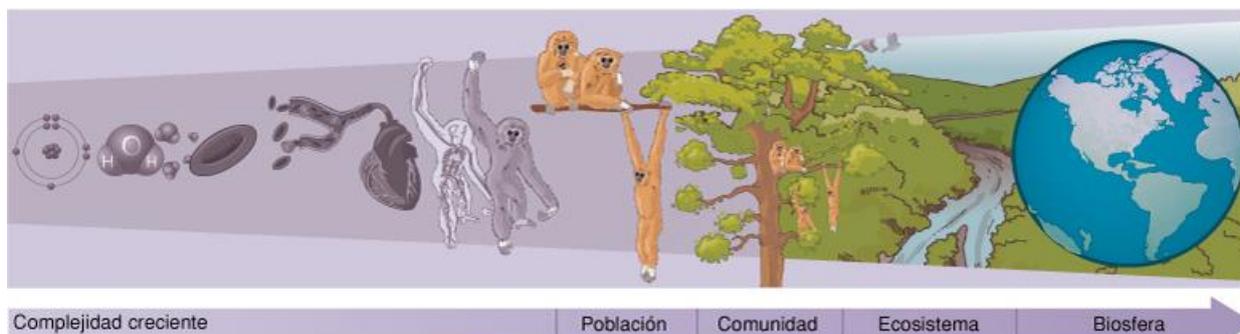


Figura 2. Niveles de organización de la materia viva. (Fuente: Curtis et al., 2008)

## BIOLOGÍA CELULAR

### MÉTODOS DE ESTUDIO DE LA CÉLULA

#### Microscopio óptico

El microscopio es un instrumento que permite observar objetos no perceptibles a simple vista. Esto se logra mediante un sistema óptico compuesto por lentes, que al ser atravesadas por la imagen del objeto, la amplifican. El término, surge en el siglo XVII y deriva de las palabras griegas *mikrós* (pequeño) y *skopéoo* (observar).

Según el número y la posición de las lentes se distinguen dos tipos de microscopios:

- *Microscopio simple*: comúnmente llamado lupa. Está constituido por una lente, o un sistema de lentes que actúan como si fuera una lente simple.

- *Microscopio compuesto* (Figura 3): está constituido por la combinación de dos sistemas de lentes convergentes: uno, próximo al ojo del observador, el ocular, y otro próximo al objeto, denominado objetivo. Se distinguen las siguientes partes:

**1. Parte mecánica:** tiene la finalidad de sostener la preparación a examinar y soportar todo el sistema óptico del microscopio. Consta de:

1.1. *Pie*: soporta al resto del microscopio, en los microscopios antiguos posee forma de herradura y está constituido por una estructura metálica, pesada.

1.2. *Platina*: es la estructura que sostiene al preparado que se desea observar. Posee en el centro un orificio circular que permite el pasaje de los rayos que van a iluminar al preparado. Puede ser fija o móvil; en este último caso el movimiento horizontal es producido por un par de tornillos laterales. Esto posibilita recorrer al preparado en todas direcciones.

1.3. *Tubo*: en él está instalado el sistema óptico. Actualmente son corrientes los aparatos binoculares (dos oculares) que facilitan la visión con los dos ojos y los revólveres

portaobjetivos, con los cuales se pueden cambiar los objetivos instantáneamente, sin desenfocar la preparación. El enfoque se hace mediante unos tornillos llamados macrométricos y micrométricos, que permiten desplazamientos verticales.

**2. Parte óptica:** está formada por dos sistemas centrados de lentes convergentes: el objetivo y el ocular, y por el sistema de iluminación, que facilita y mejora la observación microscópica.

2.1. *Objetivos:* Se insertan en el revólver del microscopio y se distinguen dos tipos:

2.1.1. **Objetivos en seco:** En éstos, el aire se interpone entre la lente y el preparado.

Los objetivos más comúnmente utilizados son de 4, 10, y 40 x.

2.1.2. **Objetivos de inmersión:** Se distinguen de los anteriores porque entre la lente y el preparado se debe interponer un medio transparente con un índice de refracción ( $n$ ) superior al del aire ( $n = 1$ ), y semejante al del vidrio ( $n = 1,5$ ). El medio utilizado es un aceite de inmersión, como por ejemplo el aceite de cedro. Son aptos para la observación de bacterias.

2.2. *Ocular:* Permite observar la imagen del objeto formada por el objetivo, actuando como una lupa. Está compuesta por dos lentes: la *inferior* o colectora, y la *superior*, o lente ocular.

2.3. *Sistema de iluminación:*

Situado debajo de la platina, está formado por:

2.3.1. Lámpara ó espejo de iluminación.

2.3.2. Condensador: Posee la función de concentrar sobre el preparado los rayos luminosos procedentes de la fuente de luz.

2.3.3. Diafragma: Situado debajo del condensador, sirve para graduar la cantidad de luz que llega al objeto.

2.3.4. Filtros de luz: Son placas de vidrios, coloreadas, que dejan pasar las radiaciones de longitud de onda deseadas, absorbiendo las restantes.

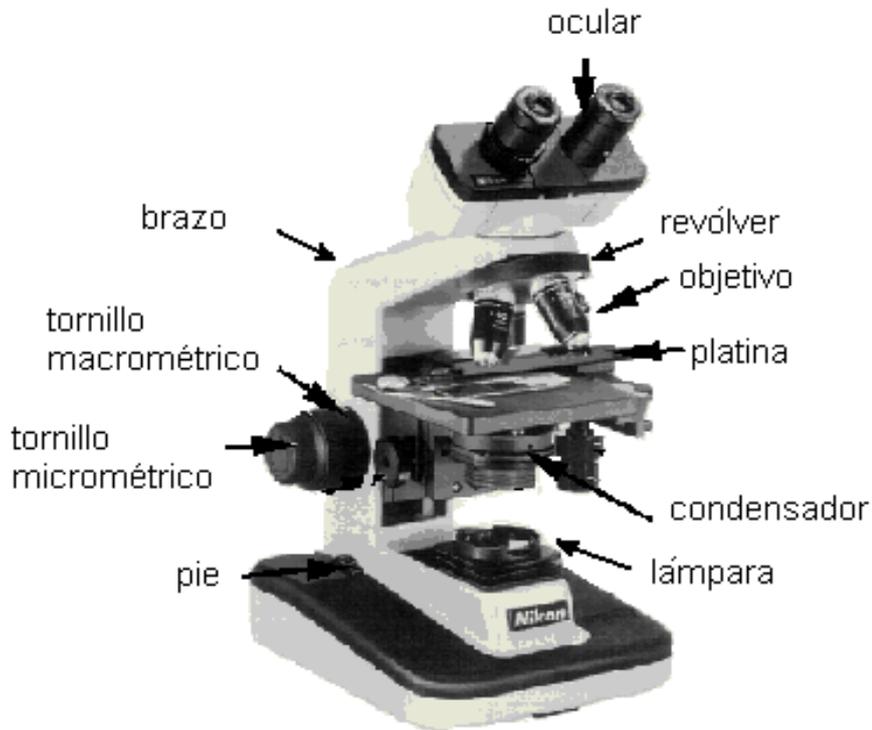


Figura 3: Partes del microscopio óptico.

### Microscopio electrónico de transmisión

Las células y sus componentes son tan pequeños que los microscopios ópticos comunes sólo pueden distinguir los detalles gruesos de las estructuras celulares. En la mayor parte de los casos todo lo que puede observarse es el contorno de las estructuras y su capacidad de teñirse por alguna sustancia y no por otra. No fue sino hasta que se desarrolló el microscopio electrónico, en la década de los '30 y cuyo empleo se difundió más ampliamente en los años '50, que los investigadores estuvieron en condiciones de estudiar los detalles finos o ultraestructura de las células.

Con el microscopio electrónico de transmisión, el poder de resolución aumentó cerca de 1000 veces respecto del microscopio óptico. Esto se logra empleando "iluminación" de una longitud de onda mucho más corta, que consiste de haces de electrones, en lugar de rayos de luz. Los electrones son emitidos por un cátodo de tungsteno, cuyo potencial eléctrico se mantiene en 50.000 – 100.000 volt, mientras que el del ánodo, cerca del extremo del tubo, es cero. Esa caída de voltaje produce la aceleración de los electrones a medida que se desplazan hacia el ánodo. Una lente condensadora enfoca el haz de electrones sobre la muestra; las lentes objetivo y proyector enfocan los electrones que atraviesan la muestra y los proyectan

sobre una pantalla de observación o una película fotográfica (debe entenderse que aquí las “lentes” son sistemas electromagnéticos).

La microscopía electrónica de transmisión, suministra en la actualidad un poder de resolución de aproximadamente 0,2 nm, unas 500 mil veces mayor que el ojo humano. Esa medida equivale más o menos al doble del diámetro de un átomo de hidrógeno.



Figura 4: Fotografía de un microscopio electrónico de trasmisión.

Tanto en el microscopio óptico, como en el microscopio electrónico de transmisión, la formación de una imagen con contraste perceptible exigen que diferentes partes de la célula difieran en su transparencia al haz de iluminación, ya sean rayos de luz, o electrones. Las partes del espécimen que permiten el paso de la luz o los electrones aparecen brillantes, mientras que las partes que bloquean el paso del haz de iluminación, aparecen oscuras.

Las células vivas, son casi completamente transparentes a la luz y a los electrones, porque casi el 70% de su peso está constituido por agua. Para crear suficiente contraste cuando se usa el microscopio óptico, las células deben ser tratadas con colorantes, u otras sustancias que se adhieran diferencialmente a componentes subcelulares específicos, o reaccionen con ellos, produciendo regiones de opacidad diferente. Para el microscopio electrónico, los especímenes se tratan por lo general con compuestos de metales pesados.

Después que el espécimen ha sido teñido, todo el colorante que no se haya adherido a las superficies, debe ser lavado. Sin embargo las células son bastante frágiles y cualquier tratamiento enérgico, disociaría su estructura. Para resolver este problema, los especímenes biológicos se “fijan” antes de teñirlos. Este procedimiento implica un tratamiento con compuestos que “amarran” las estructuras a su lugar, habitualmente por formación de enlaces covalentes adicionales entre las moléculas. Por ejemplo, los aldehídos (como el

glutaraldehído) reaccionan con los grupos amino de las moléculas proteicas, enlazando las moléculas de proteínas contiguas en una estructura bastante rígida. El tetróxido de osmio se usa a menudo para la preparación de especímenes para microscopía electrónica, y actúa uniéndose entre sí las moléculas de lípidos.

Los procedimientos de fijación y tinción suelen realizarse sobre grupos de células, como por ejemplo, un trozo de tejido. Estos especímenes son demasiado gruesos para permitir el paso de los rayos lumínicos o de los electrones. Para poder examinarlos con el microscopio óptico, o con el microscopio electrónico de transmisión, deben ser cortados en secciones tan finas que las regiones sin teñir resulten transparentes.

### Microscopio electrónico de barrido

Este microscopio permite que el investigador observe la superficie de muestras no cortadas, que no se pueden ver con el equipo de transmisión, porque los electrones atraviesan toda la muestra. El espécimen se fija, se seca, y se recubre con una capa delgada de metal pesado, por ejemplo, platino, por evaporación al vacío. Un haz de electrones intenso, dentro del microscopio, barre la muestra con rapidez. Las moléculas de la muestra se excitan y liberan electrones secundarios (Figura 5) que se enfocan hacia un detector de centelleo. La señal resultante se muestra en un tubo de rayos catódicos. Dado que la cantidad de electrones secundarios producidos por cualquier punto de la muestra depende del ángulo del haz incidente, respecto de la superficie, las microfotografías electrónicas de barrido tienen aspecto tridimensional.

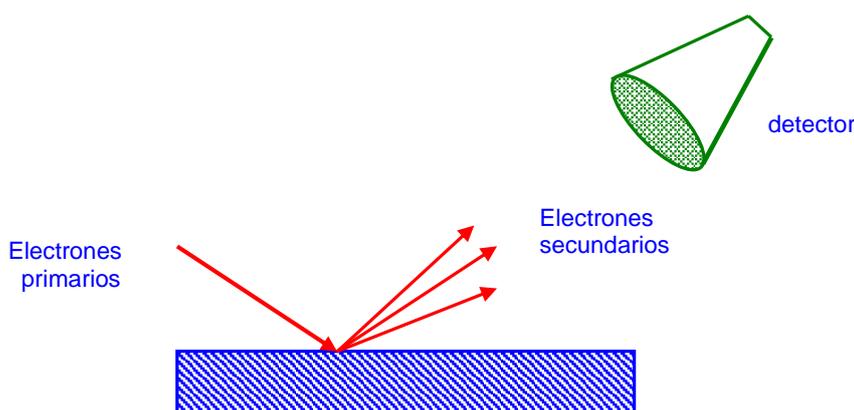


Figura 5: Esquema representativo del funcionamiento del microscopio electrónico de barrido.

En resumen, mientras que en el microscopio electrónico de transmisión los electrones atraviesan el preparado, en el de barrido un haz de electrones “barre” la superficie. De este modo el primero permite estudiar la ultraestructura de las células, mientras que el segundo es

ideal para obtener y reconocer la topografía de la misma, ya que produce imágenes tridimensionales (Figura 6).

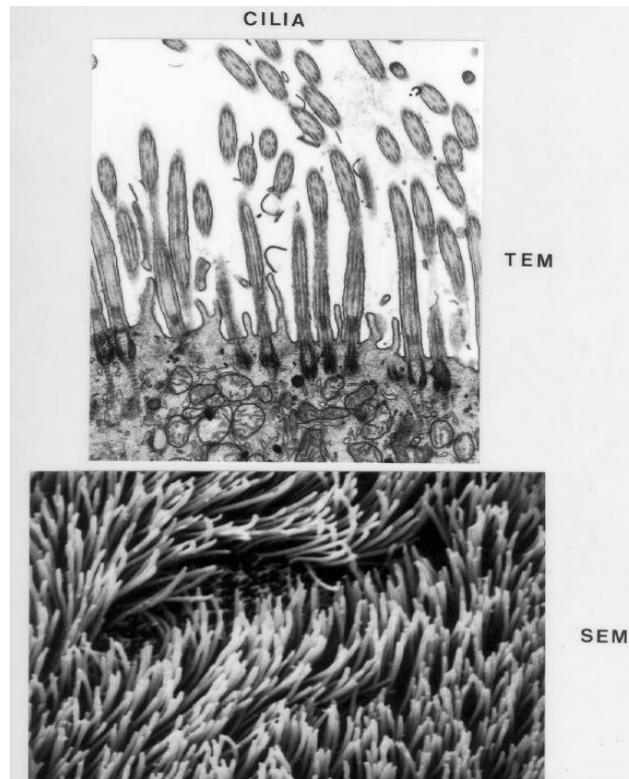


Figura 6: Microfotografías de un corte de tráquea, tomada con microscopio electrónico de transmisión (arriba) y de barrido (abajo). Note que la microfotografía obtenida con TEM revela la ultraestructura, mientras que aquella proveniente del SEM permite estudiar la “topografía” del tejido, ya que provee imágenes tridimensionales.

Por último, en la Figura 7, se presenta una comparación entre la microscopía óptica y la electrónica de transmisión y de barrido.

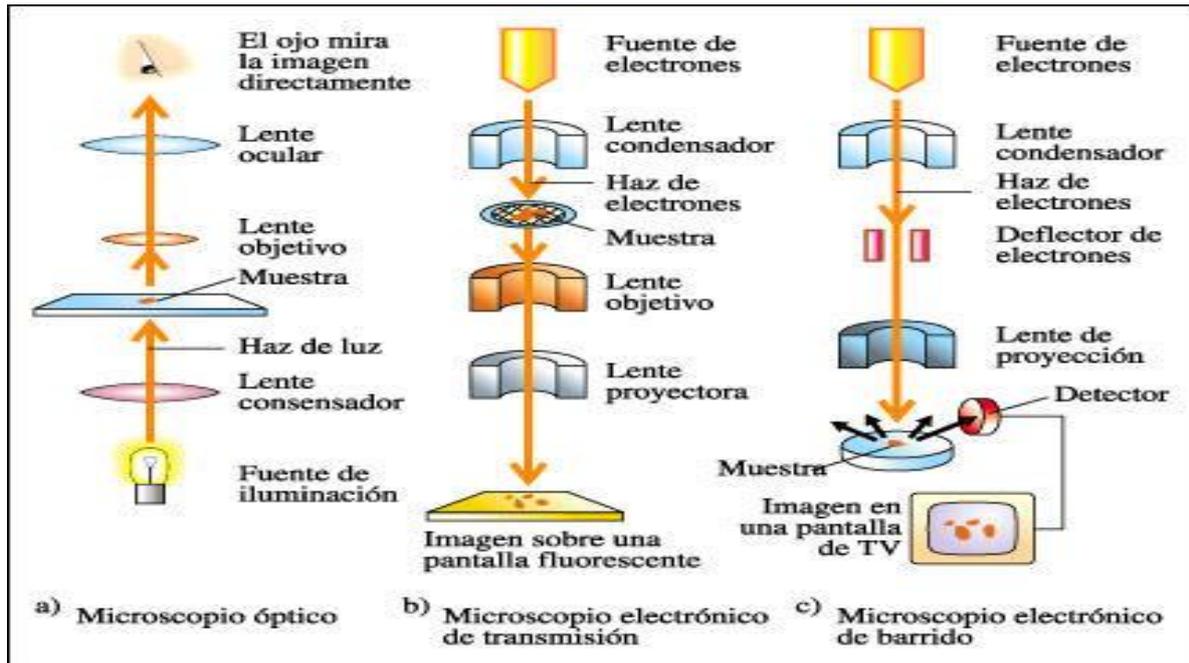
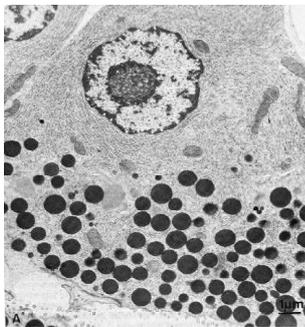


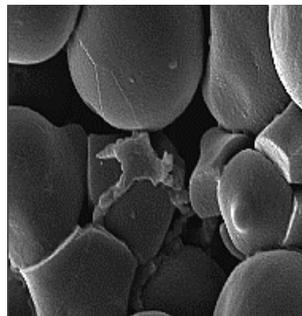
Figura 7: Comparación entre microscopios. a) Óptico. b) Electrónico de transmisión. c) Electrónico de barrido. Según Curtis *et al.* 2008.

**Para interpretar imágenes:**

Las siguientes fotografías fueron tomadas a partir de imágenes obtenidas con microscopio electrónico de transmisión y barrido. Obsérvelas cuidadosamente, y en cada caso indique que tipo de microscopio electrónico corresponde.



Célula pancreática



Gránulos de almidón

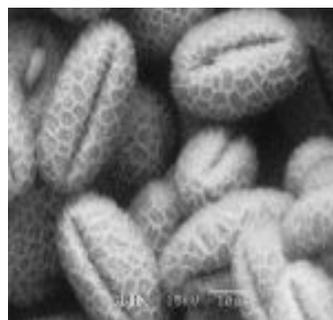


*Escherichia coli* (bacteria)

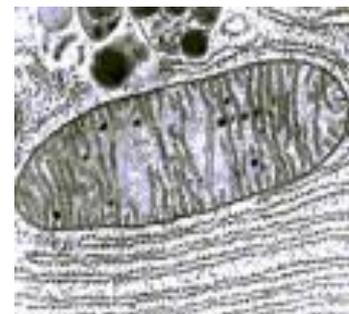


**Celulas procariotas y eucariotas**

Meloidogyne sasserii



Granos de polen



Mitocondria

Nuestro planeta presenta una gran biodiversidad, que comprende desde organismos primitivos como las bacterias, hasta los organismos más complejos como los animales y vegetales superiores. Todos estos seres vivos, aparentemente tan diferentes presentan una característica en común: están constituidos por células.

Se distinguen dos tipos celulares. El primer tipo, que incluye a las eubacterias y arqueobacterias, es denominado **Procariota** (del griego “antes del núcleo”) y su etimología hace referencia a la ausencia de núcleo. El segundo tipo de células está presente en protistas, hongos, animales y vegetales, y es denominado **Eucariota** (del griego “núcleo verdadero”) ya que el genoma está compartimentalizado en el núcleo, rodeado por una envoltura nuclear.

En la siguiente tabla se resumen las principales diferencias entre células eucariotas y procariotas.

Tabla 1: Diferencias entre células procariotas y eucariotas.

Característica	Célula procariota	Célula eucariota
Núcleo	Ausente	Presente
Tamaño (valores medios)	1-10 $\mu\text{m}$	10-100 $\mu\text{m}$
Genoma	Compuesto por ADN “desnudo” (no está asociado a proteínas).	Compuesto por ADN asociado a proteínas histónicas y no histónicas.
Compartimentalización	Ausente	Presente (cada proceso metabólico se produce en un organoide determinado)
Citoesqueleto	Ausente	Presente
División celular	Fisión binaria ó gemación.	Mitosis en células somáticas y meiosis en células sexuales.

La estructura y los procesos metabólicos que tienen lugar en la célula eucariota se detallarán más adelante.

## Virus

Los virus están formados por una región central de ácido nucleico (ADN, o ARN), rodeado por una cubierta proteica o cápside, y en algunos casos por una envoltura lipoproteica.

Se reproducen solamente dentro de las células vivas, apoderándose de la maquinaria biosintética de los hospedantes. Sin esta maquinaria serían tan inertes como cualquier otra macromolécula.

El tamaño de un virus oscila entre los 17 nm (el diámetro de una molécula de hemoglobina es de 6,4 nm), hasta los 300 nm. En la Figura 9, se comparan las dimensiones de una célula eucariota, una procariota, y un virus.

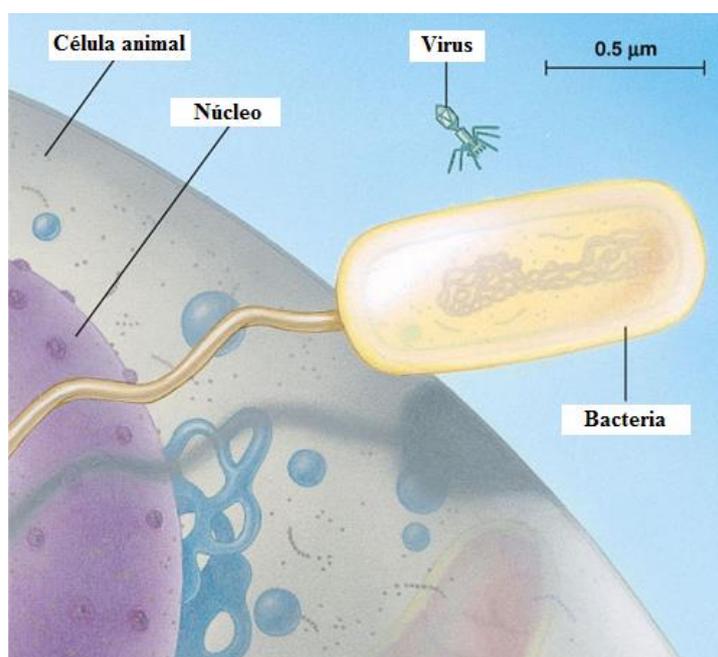


Figura 9. Comparación las dimensiones de una célula eucariota, una procariota, y un virus (Adaptado de Campbell *et al.*, 2008).

El genoma viral puede estar constituido por ADN o ARN, de cadena simple o doble. Las proteínas de la cápside pueden tomar forma de hélice, o formas de placas triangulares dispuestas en poliedro. La cápside puede estar rodeada por capas adicionales, y/o una envoltura lipídica, proveniente de la célula infectada, en las que están insertas proteínas virales.

Las proteínas de la cápside, o proteínas de envoltura, determinan la especificidad de un virus por una célula. Una célula puede ser infectada por un virus, si la proteína viral puede ligarse a uno de los receptores específicos de la membrana celular.

### El virus de la inmunodeficiencia humana (HIV)

Es un retrovirus; posee dos moléculas de ARN y copias de la enzima transcriptasa inversa, proteasas e integrasas. Rodeando esa zona central hay dos envolturas proteicas distintas, que a su vez están rodeadas por una bicapa lipídica, en las que se encuentran insertas las glucoproteínas gp120 y gp41 (Ver detalles en la Figura 10).

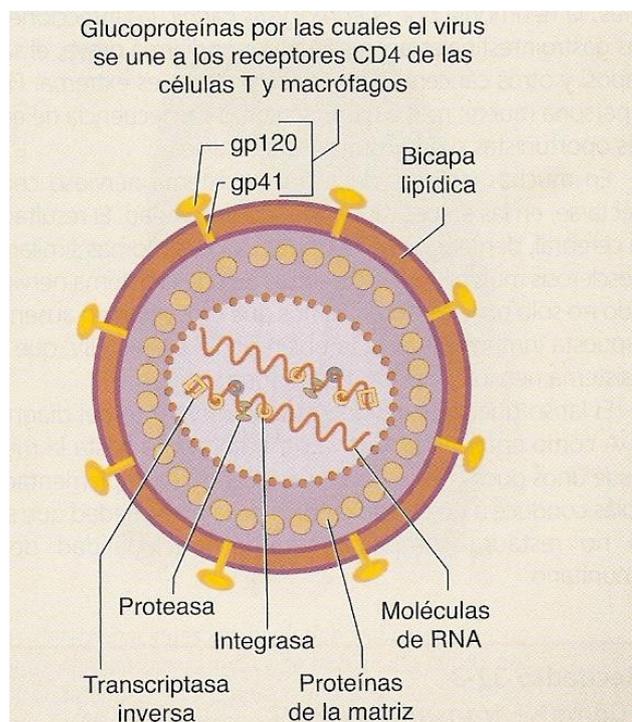


Figura 10. Esquema de la estructura del HIV. (Según Curtis et al., 2008)

Estas glucoproteínas externas forman un par tridimensional que encajan con las moléculas CD4 que caracterizan a las células T colaboradoras y a los macrófagos de nuestro sistema inmunológico. Cuando el HIV se encuentra con una célula que porta dicha molécula CD4, ésta funciona como receptor, permitiéndole al virus ingresar a los linfocitos T o a las macrófagos, por endocitosis mediada por receptor. Una vez dentro de la célula, se libera el ADN viral, y su transcriptasa inversa cataliza la síntesis de ADN viral, y su incorporación a un cromosoma de la célula hospedante.

En el cromosoma el ADN puede permanecer latente durante un cierto tiempo, como PROVIRUS. Sin embargo, en algún momento comienza la replicación de nuevas partículas virales. Cuando esto ocurre, una gran cantidad de nuevos virus emerge del linfocito T, que con frecuencia es destruido en el proceso. Como consecuencia el sistema inmunológico se ve alterado, y la víctima se vuelve crecientemente vulnerable a otras enfermedades. Entre las más frecuentes se destacan la neumonía, infecciones parasitarias gastrointestinales, etc.

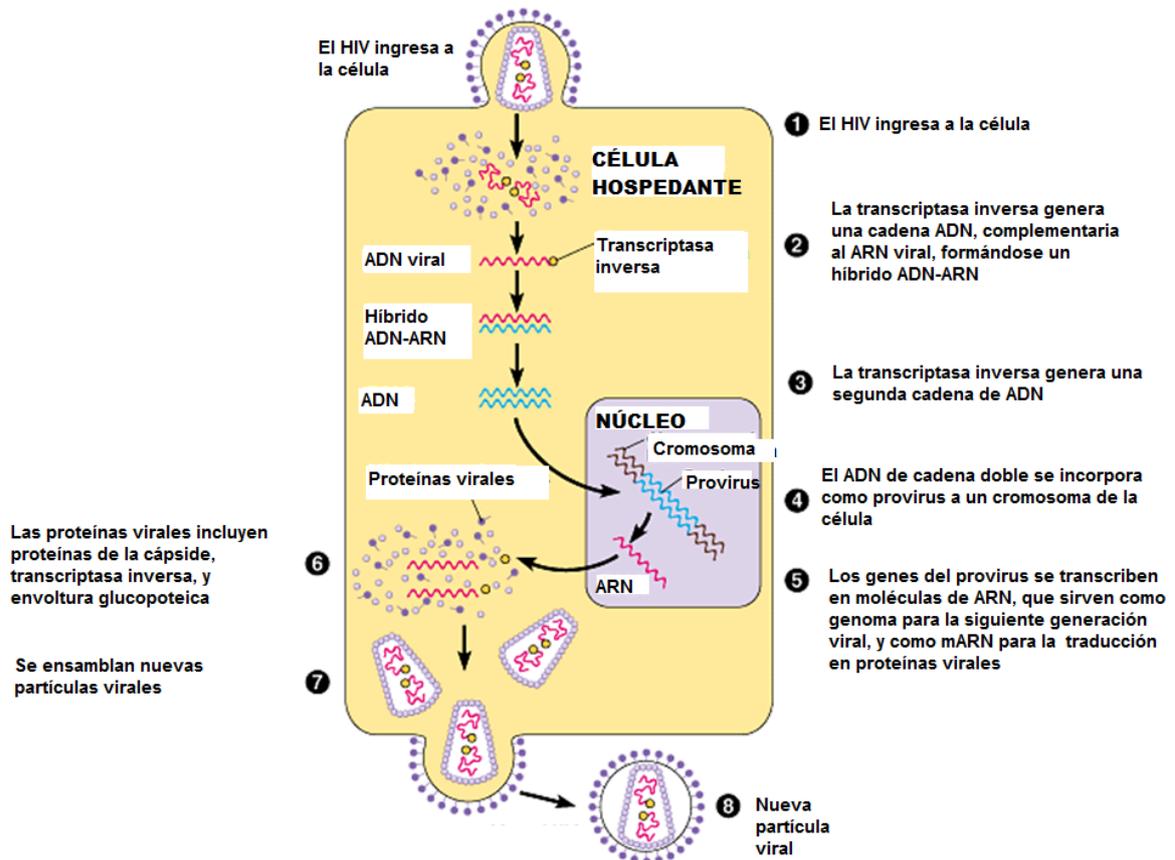


Figura 11. Ciclo reproductivo del HIV (Adaptado de Campbell, 2008).

Para investigar...

- 1) ¿Cómo se originó el HIV, y en qué región geográfica?
- 2) ¿Cuáles son las drogas utilizadas en el tratamiento del HIV?

## MEMBRANAS CELULARES

Las membranas delimitan la célula, y cumplen las siguientes funciones:

- En células eucariotas contribuyen a la compartimentalización, delimitando orgánulos con características físicoquímicas apropiadas para la realización de determinados procesos metabólicos.
- Participan del metabolismo energético, puesto que parte de la fotosíntesis y respiración tienen lugar en membranas.
- Están involucradas en la señalización celular, por ejemplo las hormonas se ligan a receptores que suelen encontrarse en membranas.
- Poseen permeabilidad selectiva, ya que regulan el transporte de sustancias hacia adentro y hacia afuera de la célula.

### Composición química y estructura

Están compuestas por lípidos y proteínas; ambos anfipáticos (poseen una porción polar, y otra apolar o hidrofóbica).

Debido a que en el microscopio electrónico se observan como dos capas electrodenudas, separadas por otra electrotransparente (Figura 12), se han propuesto diferentes modelos para tratar de comprender su estructura. Entre los modelos más destacados se encuentran:

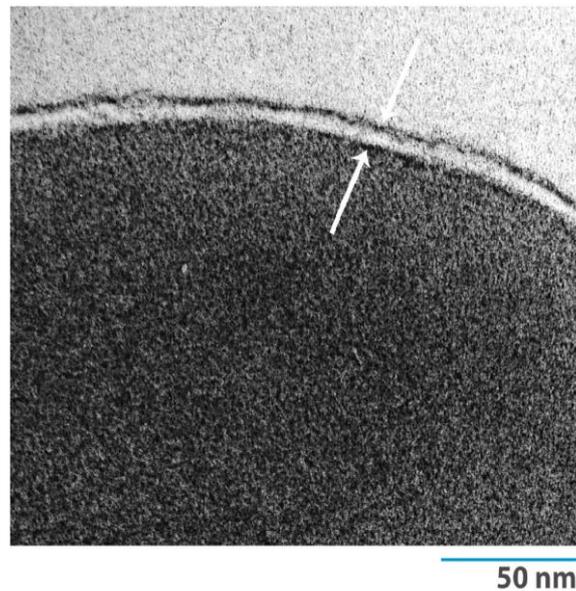


Figura 12. Fotografía de microscopio electrónico de transmisión en la que se parecía la membrana plasmática (Según Curtis *et al.* 2008).

- Danielli y Davson. Ampliamente aceptado hasta comienzos de la década de 1970. Proponía una estructura simétrica, formada por una bicapa lipídica, y dos capas de proteínas, una por fuera y otra por dentro.
- Modelo del mosaico fluido. Aceptado en la actualidad, propone una estructura asimétrica, con una bicapa lipídica, dos tipos de proteínas: integrales (atraviesan la bicapa), y periféricas (en la superficie), tal como se esquematiza en la figura 13.

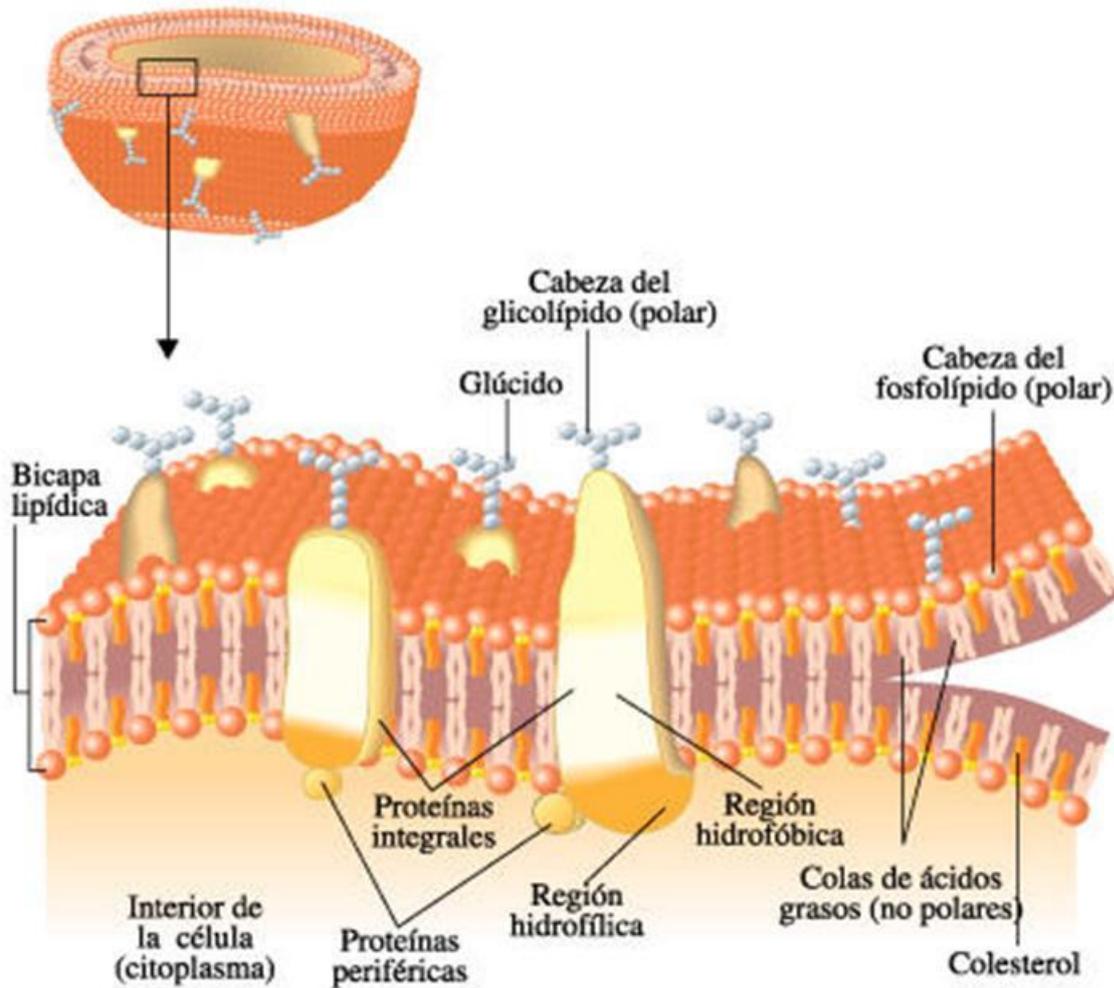


Figura 13. Esquema de una membrana celular, según el modelo del mosaico fluido (Fuente: Curtis et al., 2008).

En lo que respecta al transporte a través de membranas, distinguimos dos tipos:

- **Transporte pasivo:** se produce a favor de un gradiente de potencial electroquímico, por lo que no requiere energía. Como ejemplo podemos citar:

a) *Difusión simple:* es el caso de sustancias de bajo peso molecular y apolares, como el  $\text{CO}_2$  y  $\text{O}_2$ , que no encuentran una barrera en la bicapa lipídica, por lo tanto se mueven libremente a través de la membrana, siguiendo gradientes de concentración.

b) *Difusión facilitada:* mediante este mecanismo son transportadas las sustancias polares de alto peso molecular, como la glucosa y los aminoácidos. Por ser polares, no pueden atravesar libremente la bicapa lipídica, por lo que requieren de proteínas llamadas permeasas.

c) *Canales iónicos:* Mediante este mecanismo son transportados algunos iones como el  $\text{K}^+$ , son proteínas integrales que forman poros hidrofílicos en la membrana, permitiendo el transporte de los iones. Poseen alta selectividad, por ejemplo un canal de potasio no puede transportar otro ion, ya que estos canales presentan una región llamada filtro de selectividad, que reconoce al ion en cuestión.

- **Transporte activo:** Se produce en contra de un gradiente de potencial electroquímico, por lo que requiere del aporte de energía. Este tipo de transporte es realizado por proteínas llamadas bombas. Un típico ejemplo en células animales es la bomba de  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$ .

### Transporte a través de vesículas

El transporte a través de membranas, mediado por proteínas transportadoras, o sin ellas, es uno de los principales modos en que las sustancias entran y salen de las células, pero no es el único. Hay otro tipo de transporte que involucra vesículas, que se forman a partir de la membrana celular, o se fusionan con ella. Por ejemplo, las células exportan sustancias en vesículas; cuando una vesícula alcanza la superficie celular, su membrana se fusiona con la membrana plasmática y expulsa su contenido al exterior. Este proceso se denomina exocitosis.

El transporte de vesículas también puede operar en sentido contrario. En la endocitosis, el material que se incorporará a la célula, induce una invaginación de la membrana, produciéndose una vesícula que encierra a la sustancia. Esta vesícula es liberada en el citoplasma. Se conocen tres formas distintas de endocitosis: fagocitosis (“células comiendo”), pinocitosis (“células bebiendo”), y endocitosis mediadas por receptor.

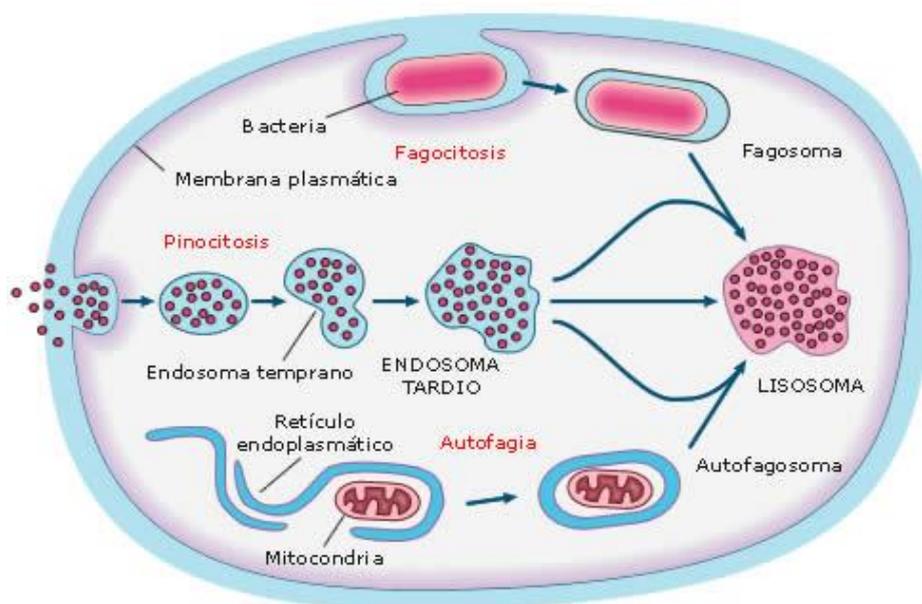


Figura 14. Ejemplos de endocitosis. Adaptado de Alberts *et al.*, 2011.

### Estructura de la célula animal

La célula animal es del tipo eucariota, por lo que posee núcleo y está compartimentalizada (Figura 15).

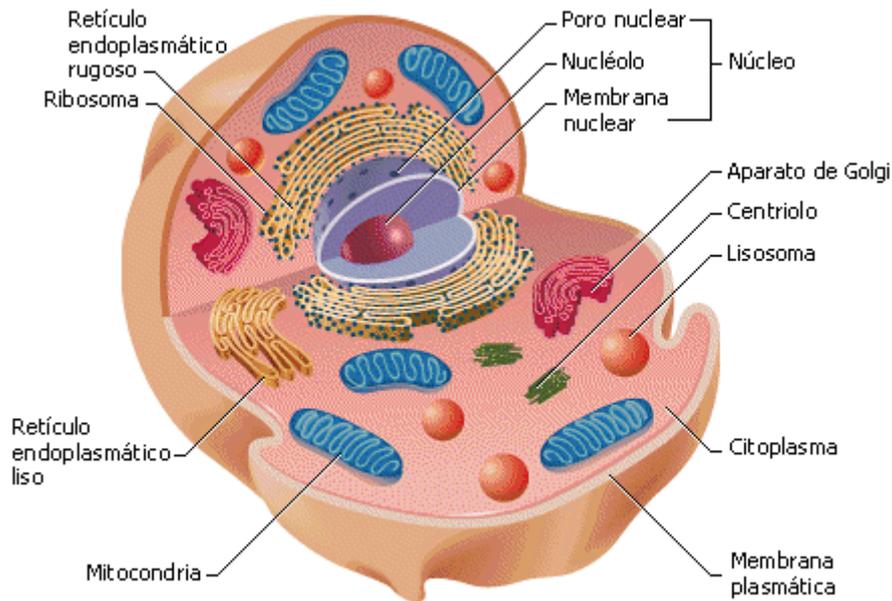


Figura 15. Esquema representativo de la estructura de una célula animal. Fuente:

[https://www.google.com.ar/search?q=celula+animal&biw=1093&bih=514&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ei=L8qPVdCZCozEggSFp4DwBQ&sqi=2&ved=0CAYQ\\_AUoAQ&dpr=1.25#imgrc=MFdxXKRq4SUFMR%3A](https://www.google.com.ar/search?q=celula+animal&biw=1093&bih=514&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ei=L8qPVdCZCozEggSFp4DwBQ&sqi=2&ved=0CAYQ_AUoAQ&dpr=1.25#imgrc=MFdxXKRq4SUFMR%3A)

En la célula animal distinguimos las siguientes estructuras o compartimentos:

- **Núcleo.** Es la estructura más conspicua de la célula. Almacena la información genética, contenida en la molécula de ADN; esta molécula a su vez se encuentra asociada a proteínas del grupo de las histonas, constituyendo los cromosomas. El núcleo se encuentra separado del citoplasma por una doble membrana llamada envoltura nuclear. Esta envoltura no es continua, sino que, que no que en algunos puntos ambas membranas se fusionan formando estructuras llamadas complejo de poro. A través del complejo de poro se produce el intercambio de sustancias entre el núcleo y el citoplasma. En la parte interior de la envoltura nuclear, se aprecia un sistema de proteínas estructurales, que sostienen la estructura, llamada lámina nuclear.

En el interior del núcleo existe una región más densa, que no está separada por membranas, el nucléolo. Su función es la síntesis de ribosomas, los que a su vez participan en la síntesis de proteínas. Este proceso tiene lugar fuera del núcleo, por lo que los ribosomas (que constan de dos subunidades) son transportados hacia el citoplasma a través del complejo de poro.

- *Retículo endoplasmático rugoso*. Recibe ese nombre debido al aspecto que presentan cuando se lo observa en el microscopio electrónico de transmisión. Está formado por una membrana, a la cual se adhieren ribosomas, dándole un aspecto rugoso. Su función es la síntesis de proteínas.

- *Retículo endoplasmático liso*. A diferencia del Retículo endoplasmático rugoso, no posee ribosomas adheridos a su membrana. Su principal función es la síntesis de lípidos, y hormonas esteroides.

- *Complejo de Golgi*. Es una estructura formada por sacos aplanados, llamados cisternas, que actúa como un centro de recepción y procesamiento de proteínas. Las proteínas que se sintetizan en el retículo endoplasmático rugoso, son enviadas hacia el complejo de Golgi a través de vesículas. En su interior son procesadas, y luego transportadas hacia su destino final.

- *Lisosomas*. Son estructuras delimitadas por una membrana, que almacenan en su interior enzimas hidrolíticas. Estas enzimas presentan un pH óptimo ácido, a diferencia de las enzimas citosólicas, que poseen un pH óptimo ligeramente alcalino. Esto permite que si un lisosoma se rompe, no digiera a las macromoléculas del citoplasma. Una excepción ocurre cuando se rompe una gran cantidad de lisosomas; en ese caso la célula se digiere, y muere; proceso que recibe el nombre de apoptosis. En la especie humana, la apoptosis (muerte programada de las células), tiene una gran importancia durante el desarrollo del feto. Por ejemplo este mecanismo permite la digestión de las membranas interdigitales.

- *Peroxisomas*. Otro tipo de vesículas relativamente grande, presente en la mayoría de las células eucariotas son los peroxisomas. Reciben este nombre, ya que poseen enzimas que catalizan reacciones en las que se forma peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ), un compuesto altamente tóxico para las células. Otra enzima, la catalasa, escinde el  $H_2O_2$  en  $H_2O$  y  $O_2$ .

- *Mitocondrias*. Son las usinas de la célula eucariota, ya que su función es la producción de energía. Están formadas por dos membranas: membrana externa y membrana interna. El espacio delimitado por ambas membranas se denomina espacio intermembrana. La membrana interna delimita una superficie gelatinosa llamada matriz mitocondrial, en la cual tiene lugar el ciclo de Krebs (una de las etapas del proceso respiratorio). En la Figura 16, se presenta un esquema de su estructura.



Figura 16. Esquema de una mitocondria, indicando sus partes. Adaptado de:

[https://www.google.com.ar/search?q=mitocondria&biw=1093&bih=514&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ei=LcyPVbfvDcnR-QGympco&sqi=2&ved=0CAYQ\\_AUoAQ&dpr=1.25#imgrc=YA0M6y6z94e00M%3A](https://www.google.com.ar/search?q=mitocondria&biw=1093&bih=514&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ei=LcyPVbfvDcnR-QGympco&sqi=2&ved=0CAYQ_AUoAQ&dpr=1.25#imgrc=YA0M6y6z94e00M%3A)

## Citoesqueleto

La célula eucariota presenta un sistema de proteínas estructurales, que funcionan como vigas, dándole forma (Figura 17). Se las clasifica según el diámetro de las mismas en:

- *Microtúbulos*: son las de mayor diámetro (22 nm), están constituidos por tubulina. Constituyen las fibras del huso mitótico, y en el transporte de vesículas; también constituyen las estructuras internas de cilios y flagelos.
- *Microfilamentos*: son los de menor diámetro (6 nm), y están constituidos por actina. Participan en la citocinesis (división del citoplasma) de células animales.
- *Filamentos intermedios*: poseen un diámetro de 7 a 11 nm. A diferencia de los microtúbulos y microfilamentos, su constitución química es variable. La lámina nuclear está formada por filamentos intermedios.

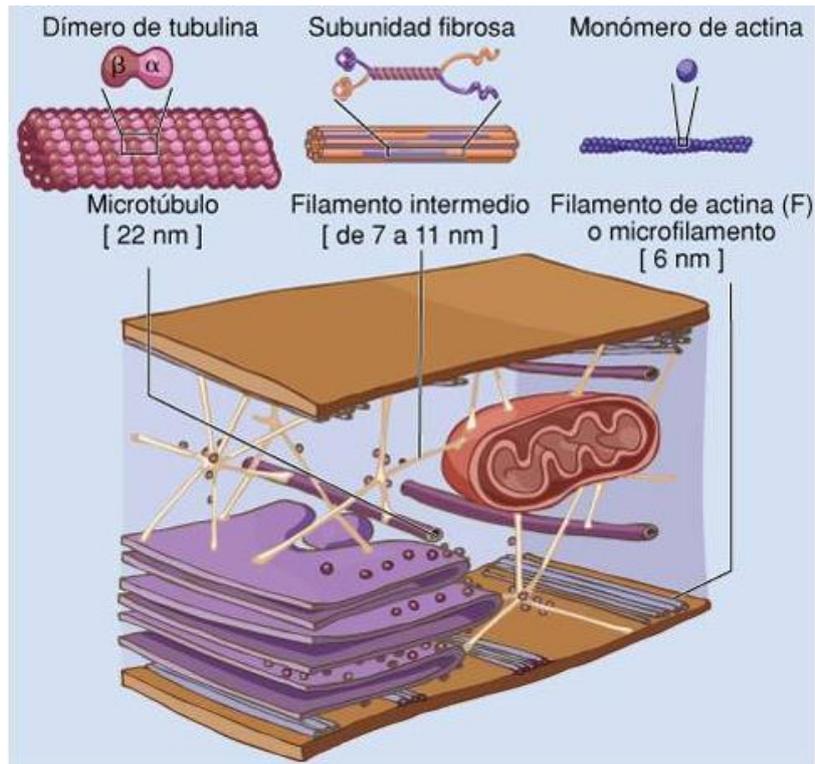


Figura 17. Esquema representativo de los componentes del citoesqueleto, y su interacción con organelos celulares (Según Curtis et al. 2008).

### DIVISIÓN CELULAR EN EUCARIOTAS

La mayoría de las células atraviesa una secuencia regular y repetitiva de crecimiento y división que constituye el ciclo celular. Este ciclo consta de tres fases: interfase, mitosis y citocinesis (Figura 18). En la interfase a su vez se distinguen las siguientes fases:  $G_1$ , S y  $G_2$ . Durante  $G_1$  las moléculas y estructuras citoplasmáticas aumentan en número, en S los cromosomas se replican, y en  $G_2$  comienza la condensación de los cromosomas y el ensamblado de las estructuras especiales requeridas para la mitosis y la citocinesis. Durante la mitosis, los cromosomas replicados se distribuyen entre los dos núcleos hijos, y en la citocinesis, el citoplasma se divide, separando a la célula materna en dos células hijas.

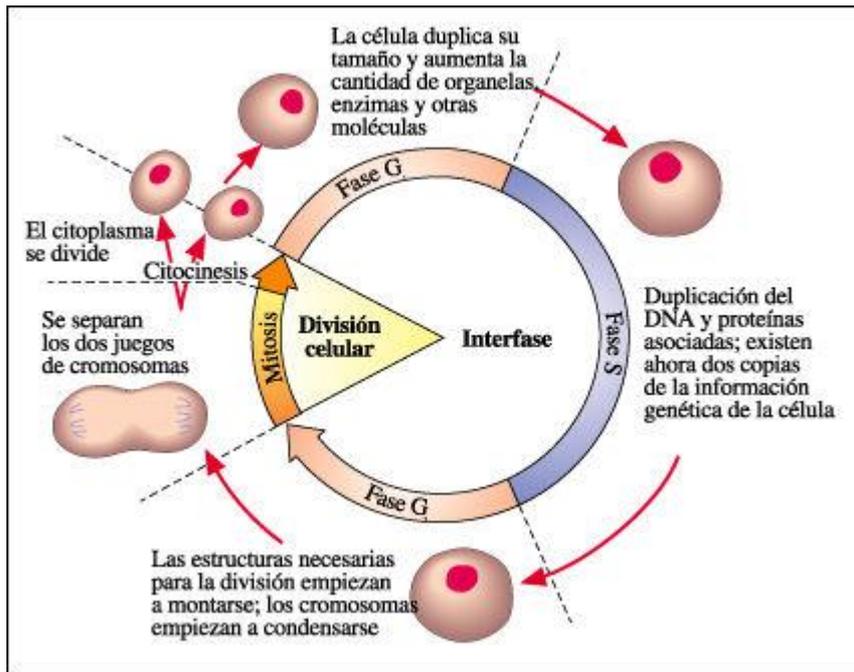


Figura 18. Fases del ciclo celular (Según Curtis *et al.*, 2000).

### Fases de la mitosis

Los cromosomas comienzan a condensarse, pasando de la cromatina relajada, a las estructuras extremadamente plegadas y compactas, que son propias de la mitosis. Esta condensación es muy importante, ya que las fibras de la cromatina son muy largas y están entremezcladas durante la interfase, que de permanecer así se enredarían durante la mitosis.

**Profase:** los cromosomas individuales se han condensado a tal punto que se hacen visible en el microscopio óptico. Dado que el ADN se ha replicado durante la etapa S de la interfase, cada cromosoma está formado por dos cromátidas hermanas, unidas a nivel del centrómero. En esta etapa adquiere un rol importante el centrosoma (una zona de material denso que se localiza junto al núcleo). El centrosoma es el centro organizador de microtúbulos más importante para el ensamblaje de éstos. Se duplica durante la interfase, y al comenzar la profase se dirigen hacia los polos. A medida que se mueve, cada centrosoma actúa como centro de nucleación para el ensamblaje de los microtúbulos, formándose el huso mitótico. Durante este proceso los microtúbulos del citoesqueleto se despolimerizan, y las unidades de tubulina se incorporan al huso mitótico. En el centrosoma de células animales se encuentran inmersas un par de estructuras pequeñas llamadas centríolos, que normalmente se encuentran formando un ángulo recto. Estos no son esenciales para la formación del huso mitótico, ya que no están presentes en células vegetales, pero participan en la formación de cilias y flagelos.

Hay tres tipos de fibras del huso:

- Cinetocóricas
- Polares
- Del haster.

Prometáfase: el inicio está dado por la ruptura de la envoltura nuclear. Esto permite que los microtúbulos ingresen a la zona del núcleo y se pongan en contacto con los cromosomas. Esto se produce a nivel del centrómero, en el complejo cinetocórico.

Metáfase: los cromosomas se encuentran ahora en su máximo estado de condensación, y se alinean en el plano ecuatorial de la célula. Aquí la célula hace una pausa de unos 20 minutos, de los aprox. 60 minutos que dura la mitosis. Los fármacos que intervienen con la función del huso mitótico, como la colchicina, pueden usarse para bloquear las células en la metafase. El examen detallado de estas células permite la identificación y clasificación de los cromosomas individuales, según su forma y tamaño. Este análisis se conoce como cariotipo.

Anafase: habitualmente es la fase más corta. Las cromátidas se separan, migrando hacia los polos. Se distinguen 2 tipos de movimientos:

- *Anafase a*: las cromátidas migran hacia los polos, a medida que las fibras cinetocóricas se hacen progresivamente más pequeñas.
- *Anafase b*: Los polos se separan uno de otro a medida que las fibras polares se alargan.

Dependiendo del tipo celular, ambos movimientos pueden ocurrir simultáneamente, o primero el a y luego el b.

Telofase: Al comienzo de la telofase, las cromátidas hijas han llegado a los polos del huso. En este punto la cromatina se descondensa, se desensambla el huso mitótico y se vuelve a formar la envoltura nuclear, alrededor de los dos grupos de cromosomas hijos.

### **Citocinesis**

Comienza habitualmente durante la anafase tardía o telofase, aunque no necesariamente ambos procesos están ligados. En algunos casos las células experimentan varias divisiones nucleares, sin que haya citocinesis, formándose así células polinucleadas. Tal es el caso de la mitosis de célula del endosperma en cereales. Las células polinucleadas luego experimentan varias citocinesis sin mitosis. Algo similar ocurre en insectos, luego de la fecundación del huevo. Primero ocurren varias mitosis, formándose células polinucleadas, luego la mitosis se pone al día.

En animales: se produce mediante la formación de un “anillo contráctil” de actina, que va formando un “surco de segmentación”. El surco se forma en la línea ecuatorial del huso mitótico. Si mediante centrifugación o agujas de cristal se modificaba la ubicación del huso mitótico, durante la metafase, la orientación del plano de segmentación cambiaba según la nueva ubicación del huso. El tensado del anillo contráctil se logra mediante la interacción de los filamentos de actina con la proteína miosina.

En vegetales: se inicia durante la anafase tardía o telofase temprana, cuando un grupo de vesículas provenientes del c. de Golgi se alinean en el plano ecuatorial del huso. Estas vesículas que contienen los polisacáridos y las glicoproteínas necesarias para la formación de la pared son guiadas por el fragmoplasto, un grupo de microtúbulos paralelos, derivados de los microtúbulos polar, y perpendiculares a la dirección en la que va formándose la nueva pared. Luego las vesículas se fusionan para formar un gran saco aplastado denominado placa celular, que representa la pared celular en proceso de formación. La nueva pared celular luego se completa mediante la deposición de nuevas microfibrillas de celulosa.

Dado que el plano de división tanto en animales como en plantas pasa por el ecuador del huso mitótico, tanto en animales como en plantas, los 2 juegos de cromosomas situados en los polos del huso se separan en dos células hijas en el momento de la división. Si el huso se forma simétricamente, como ocurre habitualmente, la citocinesis será también simétrica, y los orgánulos más pequeños se repartirán equitativamente entre las dos células hijas. Los orgánulos más grande, como el r. endoplásmico o e complejo de Golgi, tienden a fragmentarse en pequeñas vesículas en el inicio de la mitosis y luego se reúnen nuevamente en las células hijas.

Existen casos en los que la citocinesis no es simétrica. Por ejemplo en la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, la célula interfásica produce una pequeña yema, donde se forma el huso mitótico, y la citocinesis divide al citoplasma en una manera muy asimétrica, formando una célula grande y otra muy pequeña. También se observan divisiones asimétricas en las hembras de algunos animales durante el desarrollo de óvulos a partir de células precursoras, conocidas como oocitos. En este caso la citocinesis divide al citoplasma desigualmente, de modo que la célula que se convertirá en óvulo recibe todo el citoplasma del oocito original. De este modo el citoplasma se concentra en un solo gameto, maximizando la cantidad de nutrientes almacenados.

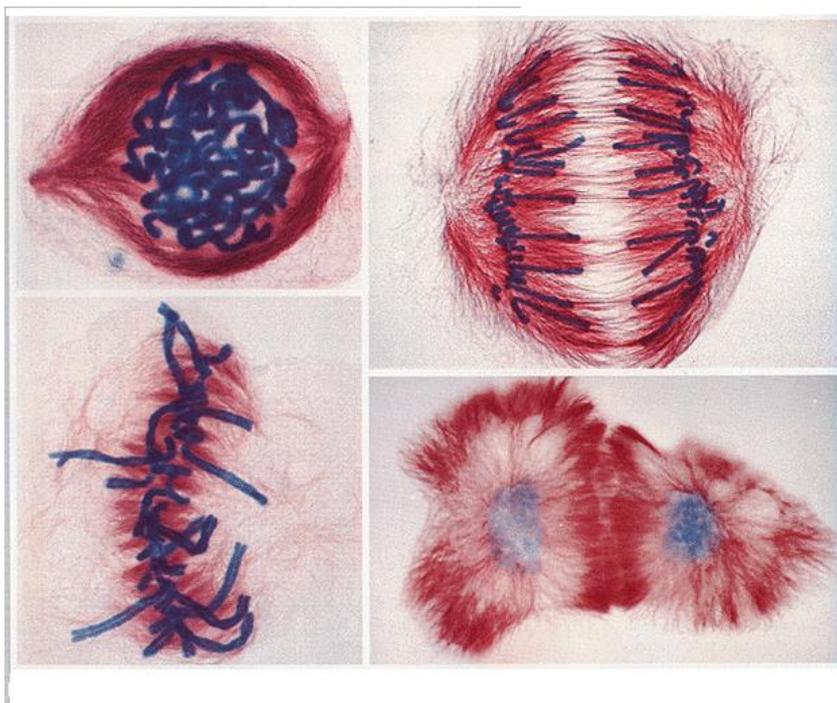


Figura 19: Fases de la mitosis: (A) profase, (B) metafase, (C) anafase, (D) telofase, x 2.700.

## Meiosis

La reproducción sexual implica un tipo especial de división nuclear, llamada MEIOSIS, proceso por el cual se redistribuyen y recombinan los cromosomas, y se producen células haploides.

La meiosis muestra como característica especial dos divisiones celulares sucesivas con sólo una duplicación de ADN, designadas convencionalmente como meiosis I y meiosis II. Durante la interfase, los cromosomas se han duplicado, de modo que al comienzo de la meiosis, cada cromosoma consta de dos cromátidas hermanas idénticas. En forma general, en la meiosis I los cromosomas homólogos se aparean y luego separan, y en la meiosis II se separan las cromátidas de cada homólogo (Figura 20).

Al comienzo de la meiosis I, en la profase I, la cromatina se condensa y los cromosomas se hacen visibles con el microscopio óptico. Durante esta fase se desintegra la envoltura nuclear y se produce el apareamiento y entrecruzamiento de los cromosomas homólogos (“crossing over”).

A medida que avanza la profase, los homólogos de cada par comienzan a separarse entre sí, excepto en las regiones de entrecruzamiento. Luego, en la metafase I los pares de homólogos se alinean en el plano ecuatorial de la célula y posteriormente, en la anafase I, se separan.

Al final de la primera división meiótica, en la telofase I, los cromosomas homólogos se han movido hacia los polos. Cada grupo de cromosomas contiene ahora sólo la mitad del número de cromosomas del núcleo original.

La meiosis II se parece a una mitosis, excepto en que no está precedida por la duplicación del material cromosómico. Puede haber una interfase corta, durante la cual los cromosomas se desenrollan parcialmente, pero en muchas especies la meiosis pasa de la telofase I directamente a la profase II.

Al comienzo de la segunda división meiótica, si los cromosomas están dispersos, se condensan nuevamente. Durante la profase II, las envolturas nucleares se desintegran; en la metafase II, las cromátidas de cada núcleo se ordenan en el plano ecuatorial, y en la anafase II cada cromátida se separa de su hermana y se mueve hacia los polos.

Durante la telofase II se forma una envoltura nuclear alrededor de cada conjunto de cromosomas.

En consecuencia, encontramos ahora cuatro células con núcleos haploides.

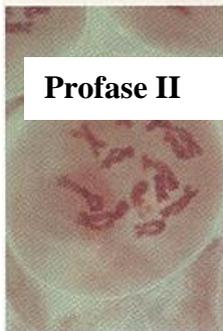
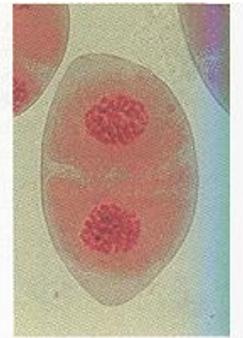
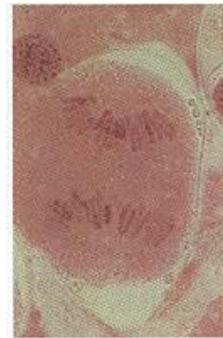
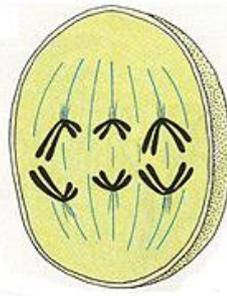
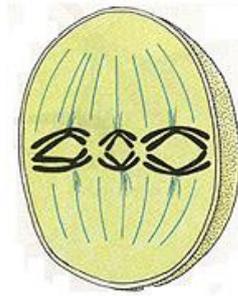
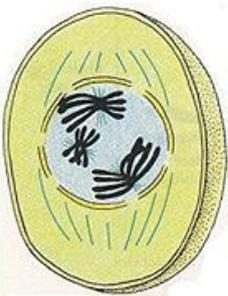
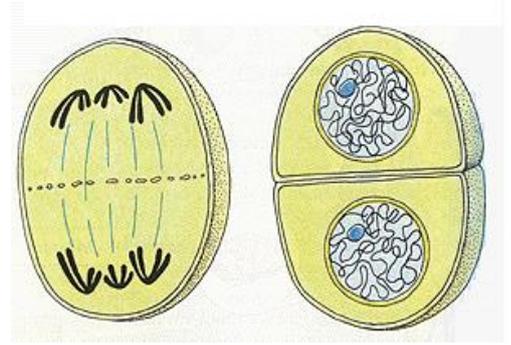
**Profase I**

**Metafase I**

**Anafase I**

**Telofase I**

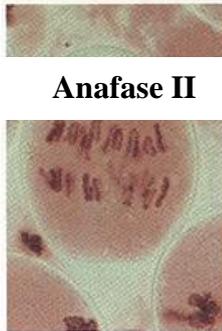
**Interfase II**



**Profase II**



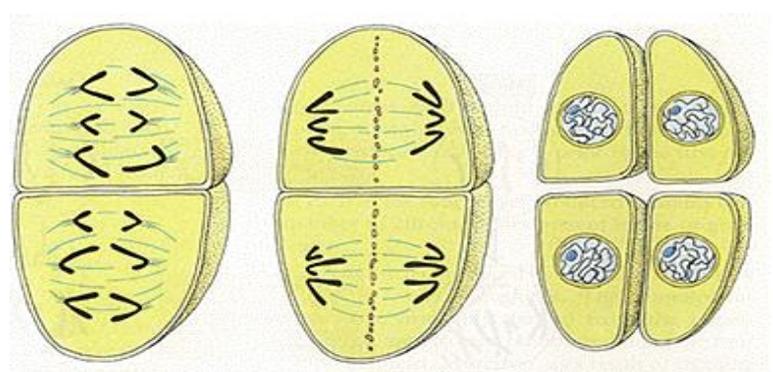
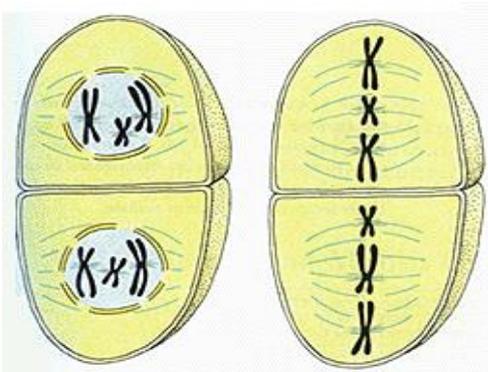
**Metafase II**



**Anafase II**

**Telofase II**

**Citocinesis**



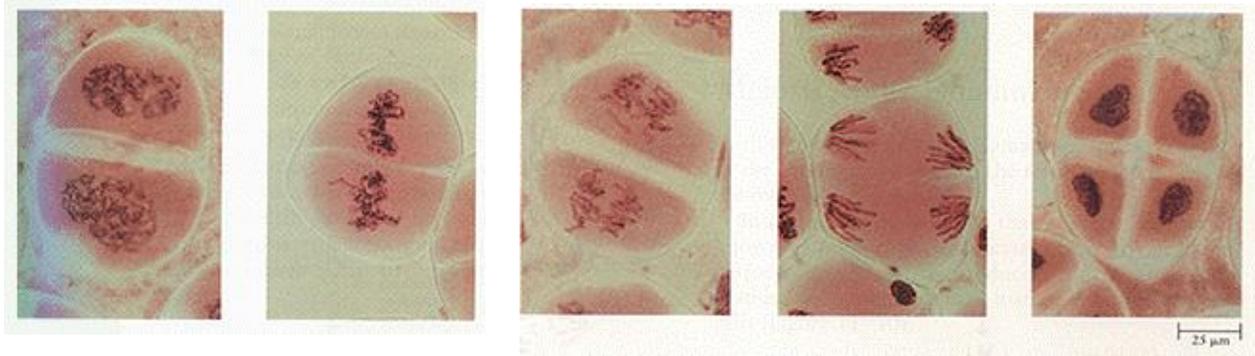
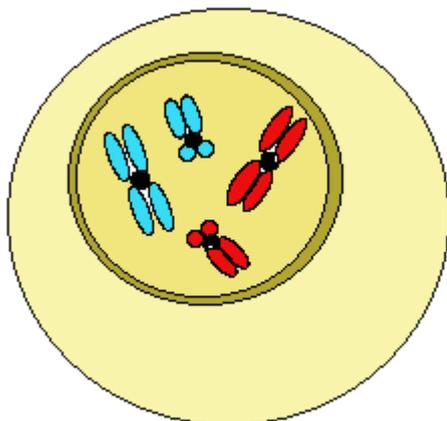


Figura 20: Esquema y microfotografías de la meiosis en una célula vegetal. Las microfotografías muestran la meiosis en anteras (órganos productores de polen) de un lirio. Adaptado de Curtis y colaboradores.

**Para pensar...**

La figura siguiente representa el esquema de una célula que va a dividirse por meiosis:



a) ¿Cuál es el número diploide de cromosomas de la célula representada? ¿Cuántos pares de cromosomas homólogos y cuántas cromátidas contiene?

b) ¿Cuál es el número haploide? ¿En qué tipo de células encontrará sólo un juego de información genética?

b) Represente esta célula luego del "crossing-over". ¿Cuál es la importancia de este proceso?

Para relacionar contenidos...

Discuta con sus compañeros las diferencias entre mitosis y meiosis.

**HERENCIA Y GENÉTICA**

**LEYES DE MENDEL**

Para sus experimentos sobre herencia, Mendel escogió el guisante común (*Pisum sativum*). Las distintas variedades de esta especie tenían características contrastantes. Así por ejemplo algunas producían flores púrpuras, y otras blancas, pero nunca distintos tonos de púrpura (ese es el concepto de característica contrastante, y fue fundamental para dar un enfoque matemático a los estudios realizados por Mendel).

Otra característica de la especie, es que puede constituir líneas puras, o sea que se mantienen sin cambios de generación en generación. Por ejemplo una variedad de plantas altas, puede producir descendencia con esa característica en todas las generaciones.

Por otra parte las estructuras reproductivas de la flor se encuentran completamente encerradas por los pétalos, por lo que se autopoliniza, de este modo no podía ocurrir un cruzamiento accidental, que confundiera los resultados experimentales.

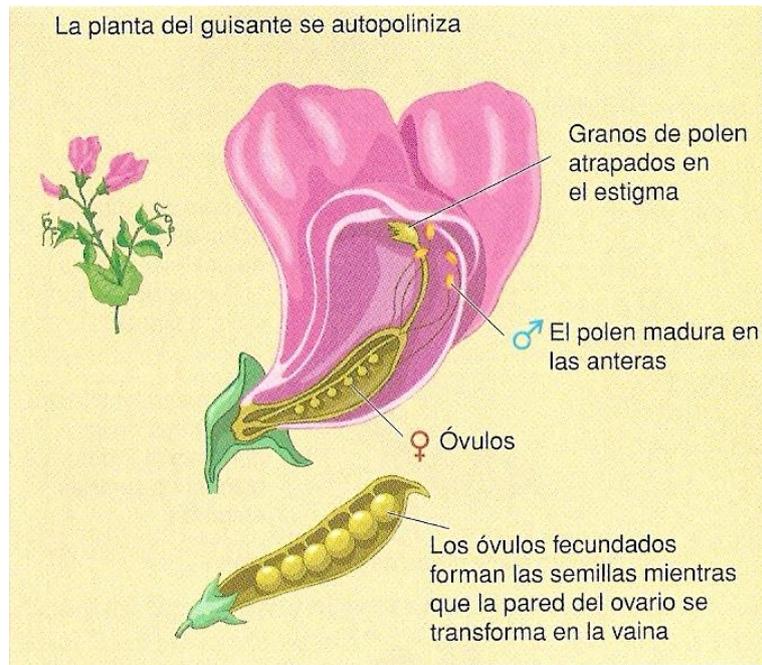


Figura 21. Flor de guisante; nótese que su estructura garantiza que la misma se autopolinice (o sea que su propio polen fecunde a sus óvulos). Según Curtis *et al.*, 2008.

Mendel seleccionó 7 características, cada uno de los cuales aparecía en dos formas distintas:

- 1) Forma de la semilla: lisa o rugosa
- 2) Color de la semilla: amarilla o verde
- 3) Posición de la flor: axial o terminal
- 4) Color de la flor: púrpura o blanco
- 5) Forma de la vaina: hinchada o comprimida
- 6) Color de la vaina: verde o amarillo
- 7) Largo del tallo: alto o enano

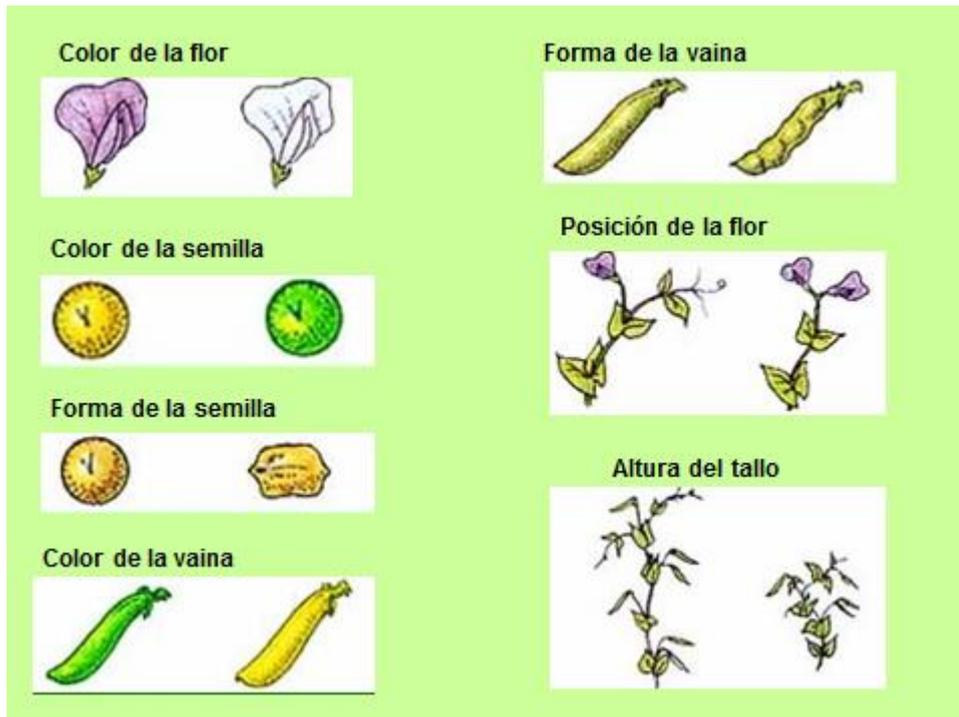


Figura 22. Las 7 características estudiadas por Mendel.

Mendel llevó a cabo cruzamientos experimentales, eliminando las anteras de las flores, y espolvoreando sus estigmas con el polen de la flor de la otra variedad. Encontró que en la primera generación (primera generación filial, o  $F_1$ ), todos los miembros de la progenie mostraban sólo 1 de las 2 variantes alternativas. Por ejemplo, todas las plantas producidas por el cruzamiento entre plantas puras de flores púrpuras, y plantas puras con flores blancas, tenían flores púrpuras. A las variantes que aparecían en la generación  $F_1$  las llamó dominantes, y a las que desaparecían recesivas.

Luego dejó que las plantas  $F_1$  se autofecunden, y observó que la variante que había desaparecido en  $F_1$  reaparecía en la siguiente generación ( $F_2$ ). A estas variantes las llamó recesivas. Observó además que las variantes dominantes y recesivas, aparecían en la  $F_2$  en la proporción 3:1. (Figura 23).

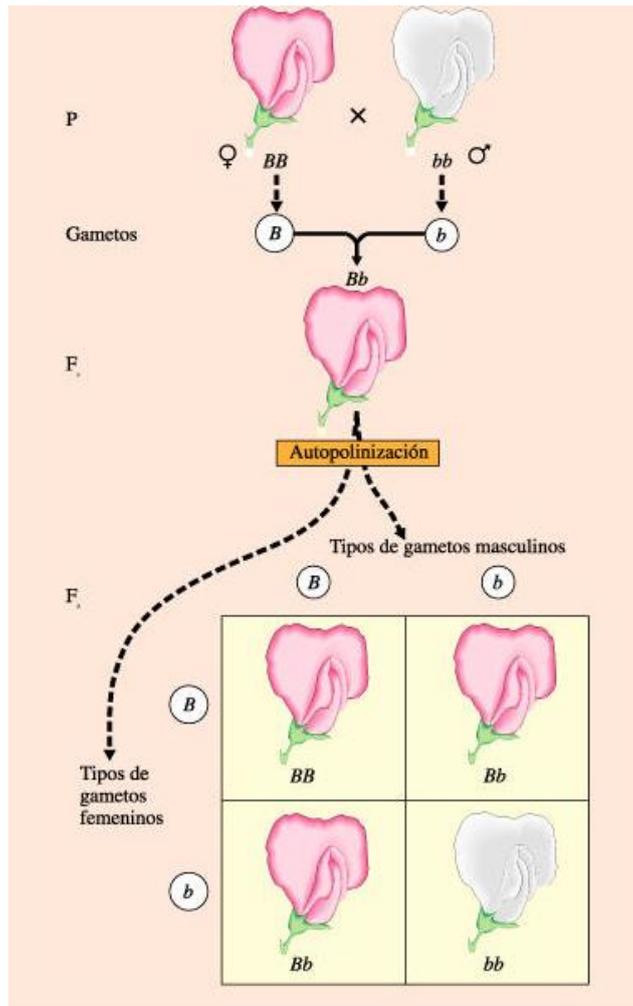


Figura 23. Resultados obtenidos en las generaciones filiales 1 y 2 (F<sub>1</sub> y F<sub>2</sub>). Nótese que en la F<sub>2</sub> se obtienen flores púrpuras y blancas en las proporciones 3:1. Adaptado de Curtis *et al.*, 2008.

¿Por qué desaparecen las variantes recesivas, y luego reaparecen en proporciones constantes?

Esto podía ser explicado si cada característica estuviese determinada por una pareja de factores (un miembro de cada par heredado de un progenitor masculino, y el otro del femenino). Estos factores se separaban (segregaban) al formar los gametos. Esta es la primera Ley de Mendel, o principio de segregación.

Ahora sabemos que esos factores son los genes; cada gen existe en formas alternativas llamadas alelos. Por ejemplo, el color verde o amarillo de las semillas, están determinados por distintos alelos. Los alelos se representan por medio de letras: mayúsculas para los dominantes, y minúsculas para los recesivos. Por ejemplo para el color de las semillas:

A: amarillo; a: verde (nótese que el recesivo se representa con la letra del dominante, pero en minúscula).

La forma en que una característica se manifiesta en un organismo está determinada por la combinación de los dos alelos, para esa característica. Si los dos alelos son iguales (AA o aa), se dice que el organismo es homocigota para esa característica. Si los dos alelos son distintos (Aa), se dice que es heterocigota.

Un alelo dominante se manifiesta tanto en homocigosis, como en heterocigosis, mientras que un alelo recesivo se manifiesta sólo en organismos homocigotas.

La constitución genética de un organismo se llama genotipo (puede ser homocigota o heterocigota), y la manifestación del genotipo se denomina fenotipo (ej.: verde, amarillo).

### Segunda Ley de Mendel, o principio de segregación independiente

En una segunda línea de experimentos, Mendel estudió los cruzamientos entre plantas que diferían en dos características. Por ejemplo, una planta producía semillas lisas y amarillas, y otra rugosas y verdes (ambas líneas puras).



Como era de esperar, en la F<sub>1</sub>, obtuvo un 100% de plantas con semillas lisas y amarillas (LIAa).

En la F<sub>2</sub>, cabían dos posibilidades:

1) Si la segregación hubiese sido dependiente (los alelos dominante segregaban en un gamito, y los recesivos en otro, los resultados hubiesen sido:

	LA	la
LA	 LLAA	 LaAa
la	 LIAa	 llaa

Se hubiesen producido dos fenotipos, semillas lisas- amarillas, y rugosas- verdes, en las proporciones 3:1.

2) Si la segregación hubiese sido independiente, la situación sería la siguiente:

	LA	La	IA	la
LA	 LLAA	 LLAa	 LIAA	 LIAa
La	 LLAa	 LLaa	 LIAa	 Llaa
IA	 LIAA	 LIAa	 IIAA	 IIAa
la	 LIAa	 Llaa	 IIAa	 IIaa

Obteniéndose 4 fenotipos:

Semillas lisas y amarillas: 9

Semillas lisas y verdes: 3

Semillas rugosas y amarillas: 3

Semillas rugosas y verdes: 1

Los resultados experimentales obtenidos por Mendel correspondieron a la opción 2, obteniéndose 4 fenotipos, en las proporciones 9:3:3:1.

Estos resultados no se contradicen con los obtenidos en los primeros experimentos (primera Ley de Mendel), ya que si los dos rasgos se consideran independientemente, las variantes aparecen en proporciones 3:1.

La segunda Ley de Mendel se puede enunciar de la siguiente manera: cuando se forman los gametos, los alelos de un gen para una característica dada, segregan independientemente de los alelos del gen para otra característica

## EXCEPCIONES A LAS LEYES DE MENDEL

### Codominancia

En el caso de codominancia, los individuos heterocigotas, expresan ambos alelos, por lo que su fenotipo es la expresión aditiva de los genes de sus progenitores homocigotas. Un ejemplo lo constituyen los grupos sanguíneos. Los primeros intentos de realizar transfusiones sanguíneas, muchas veces conducían a la muerte del paciente. Hacia 1900 el austríaco Karl Landsteiner, mezcló sangre y suero (sangre a la que se le removieron las células), de diferentes individuos. Encontró que sólo ciertas combinaciones de sangre eran compatibles; en otras combinaciones los glóbulos rojos formaban coágulos, debido a la presencia de

proteínas específicas en el suero del otro individuo, llamadas anticuerpos. Proteínas extrañas llamadas antígenos, promueven las síntesis de anticuerpos.

El grupo sanguíneo es determinado por tres alelos ( $I^A$ ,  $I^B$ ,  $I^0$ ), que determinan ciertas proteínas sobre la superficie de los glóbulos rojos (antígenos). Diferentes combinaciones de estos alelos producen diferentes tipos de sangre: A, B, AB, 0.

Grupo sanguíneo	Genotipo	Anticuerpo
A	$I^A I^A$ , o $I^A I^0$	Anti B
B	$I^B I^B$ o $I^B I^0$	Anti a
AB	$I^A I^B$	Ninguno
0	$I^0 I^0$	Anti A, Anti B

De este modo los grupos sanguíneos constituyen un ejemplo de codominancia en la especie humana.

### Alelos múltiples

Aunque cualquier organismo diploide tiene sólo dos alelos de un gen dado, es frecuente que para ciertos genes, existan más de dos formas alélicas en una población. Estos alelos múltiples, resultan de mutaciones diferentes en un solo gen, y pueden tener diferentes relaciones de dominancia entre sí. Por ejemplo en la especie humana los 3 alelos de los grupos sanguíneos, A, B, y 0 constituyen ejemplo de alelos múltiples.

### Herencia ligada al sexo

Los cromosomas de un organismo diploide se hallan de a pares, y todos los pares, excepto uno, son iguales en hembras y en machos. Estos cromosomas se llaman autosomas. Hay un par de cromosomas, denominados sexuales, cuya estructura suele diferir en hembras y en machos. En muchas especies (como en la humana), las hembras poseen dos cromosomas iguales, llamados X, mientras que los hombres tienen un cromosoma X, y otro más pequeño llamado Y. De este modo, los machos son XY, y las hembras XX.

Llamamos herencia ligada al sexo, aquellas características que están asociadas al cromosoma sexual X.

En la especie humana encontramos varios ejemplos de herencia ligada al sexo, como el daltonismo, y la hemofilia.

#### - Daltonismo:

Entre los genes que porta el cromosoma X de la especie humana, y que no se encuentran en el Y, están los genes que afectan la discriminación de los colores.

La capacidad para percibir colores, depende de tres genes, que codifican tres pigmentos visuales diferentes. Uno de ellos reacciona a la longitud de onda roja, otro a la verde, y el tercero a la azul. El gen que responde a la luz azul está en un autosoma, pero los otros dos se localizan en el cromosoma X. Los hombres cuyo gen para el pigmento sensible al verde es defectuoso, no pueden distinguir el color verde del rojo. Inversamente, un defecto en el gen para el pigmento sensible al rojo, dan como resultado que vean el rojo como verde. El primer caso es tres veces más común que el segundo.

En mujeres heterocigotas, los alelos defectuosos son recesivos con respecto a los normales, situados en el otro cromosoma X, de modo tal que la visión suele ser normal. Por este motivo la mayoría de los daltónicos son hombres; las mujeres sólo lo serán si el gen mutado se encuentra en ambos cromosomas X

#### - Hemofilia

Es un grupo de enfermedades, en las que la sangre no coagula normalmente. La incapacidad para producir una proteína esencial del plasma sanguíneo, conocida como factor VIII, da como resultado la forma más común de hemofilia, la hemofilia A, que está asociado a un alelo recesivo de un gen que se encuentra en el cromosoma X. En este tipo de hemofilia, aun las heridas más leves, conllevan al riesgo de una hemorragia letal.

### **Herencia poligénica**

Algunas características, como altura, peso, tasa metabólica, y comportamiento, son el resultado de la interacción de muchos genes. Esto se conoce como herencia poligénica. En este caso no se observan clases discretas de individuos, como los descritos por Mendel. En su lugar, se aprecia una gradación de pequeñas diferencias, que se denomina variación continua.

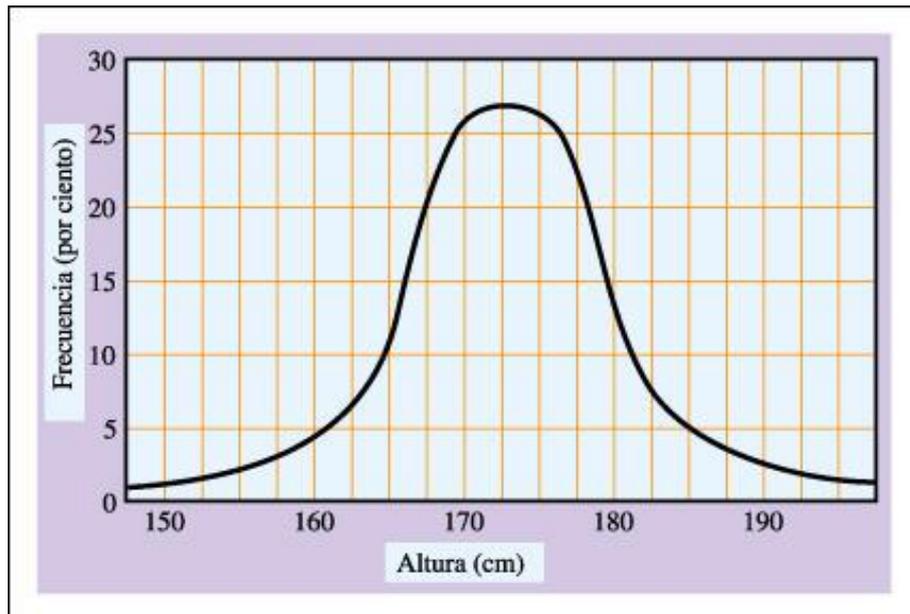


Figura 24. Distribución de alturas en la especie humana. Adaptado de Curtis *et al.*, 2008.

### Algunos problemas de genética

- 1) El pelo negro de los cobayos, es un carácter dominante, con respecto al blanco. Cuando un cobayo puro, negro, se cruza con uno blanco, ¿qué fracción de  $F_2$  negra, se espera que sea heterocigota?
  
- 2) El albinismo es causado por un alelo recesivo  $a$ . Del matrimonio entre una persona con pigmentación normal, pero portadora del alelo y un albino ¿qué proporción de niños serán albinos?
  
- 3) En el guisante de jardín, Mendel encontró que el color amarillo de la semilla, fue dominante sobre el verde, y la forma de la semilla lisa, fue dominante sobre la rugosa.
  - a) ¿Qué proporción fenotípica podría esperarse en la  $F_2$  de la cruce de una planta de semilla amarilla lisa (homocigota), con una verde, rugosa?
  
  - b) ¿Cuál es la proporción de amarilla: verde y lisa: rugosa en  $F_2$ ?
  
- 4) Un matrimonio observa que su hijo recién nacido no presenta ningún rasgo físico característico de sus familias; por lo que sospechan que en el hospital se produjo algún error, de modo que les entregaron otro niño. Para corroborarlo, determinan el grupo sanguíneo del pequeño que resulta ser del tipo 0. Si la madre posee grupo A, y el padre B, ¿pueden concluir que el hijo no es hijo suyo?

5) La hija de un hombre con hemofilia (un carácter recesivo, ligado al sexo) contrae matrimonio con un hombre normal para este carácter. ¿Cuál es la probabilidad de que una hija sea hemofílica? ¿Y un hijo? Si el matrimonio tiene cuatro hijos ¿Cuál es la probabilidad de que los cuatro hijos tengan hemofilia?

6) En la especie humana, los genes que determinan la visión en colores están localizados en el cromosoma X (herencia ligada al sexo). La forma dominante produce visión normal. El alelo causante del daltonismo (ceguera para los colores rojo y verde) es recesivo. Un hombre con visión normal se casa con una mujer daltónica, y tienen una hija daltónica. A causa de esto, el esposo, que se dedica a la biología, inicia juicio de divorcio argumentando adulterio. ¿Es correcta esta conjetura?

7) Imagine una enfermedad hereditable, que sólo se expresa en individuos con sangre de tipo O. Un hombre normal, con sangre de tipo A, y una mujer normal, con sangre de tipo B concibieron un hijo que padecía esta enfermedad. ¿Cuál es la probabilidad de que el segundo hijo también desarrolle esta enfermedad? Considere que los padres son heterocigotas para el carácter en cuestión.

## ENFERMEDADES DE ORIGEN GENÉTICO EN LA ESPECIE HUMANA

### Alteraciones en la estructura de los cromosomas:

Como vimos anteriormente, durante el entrecruzamiento meiótico, las cromátidas homólogas intercambian segmentos entre sí. Sin embargo, algunas veces los cromosomas sufren rupturas espontáneas, y se pierden o intercambian fragmentos entre cromosomas no homólogos. De este modo se ocasionan alteraciones cromosómicas estructurales, que originan cambios en el orden de los genes, y patrones hereditarios alterados.

Las alteraciones estructurales más comunes son:

- a) Delección: se pierde un segmento completo. Esta alteración es generalmente letal.
- b) Duplicación: el segmento perdido se incorpora al cromosoma homólogo.
- c) Inversión: ocurren dos rupturas en el mismo cromosoma, el segmento gira  $180^{\circ}$ , y se reinserta al cromosoma.
- d) Traslocación: se transfiere una porción desde un cromosoma, a otro homólogo.

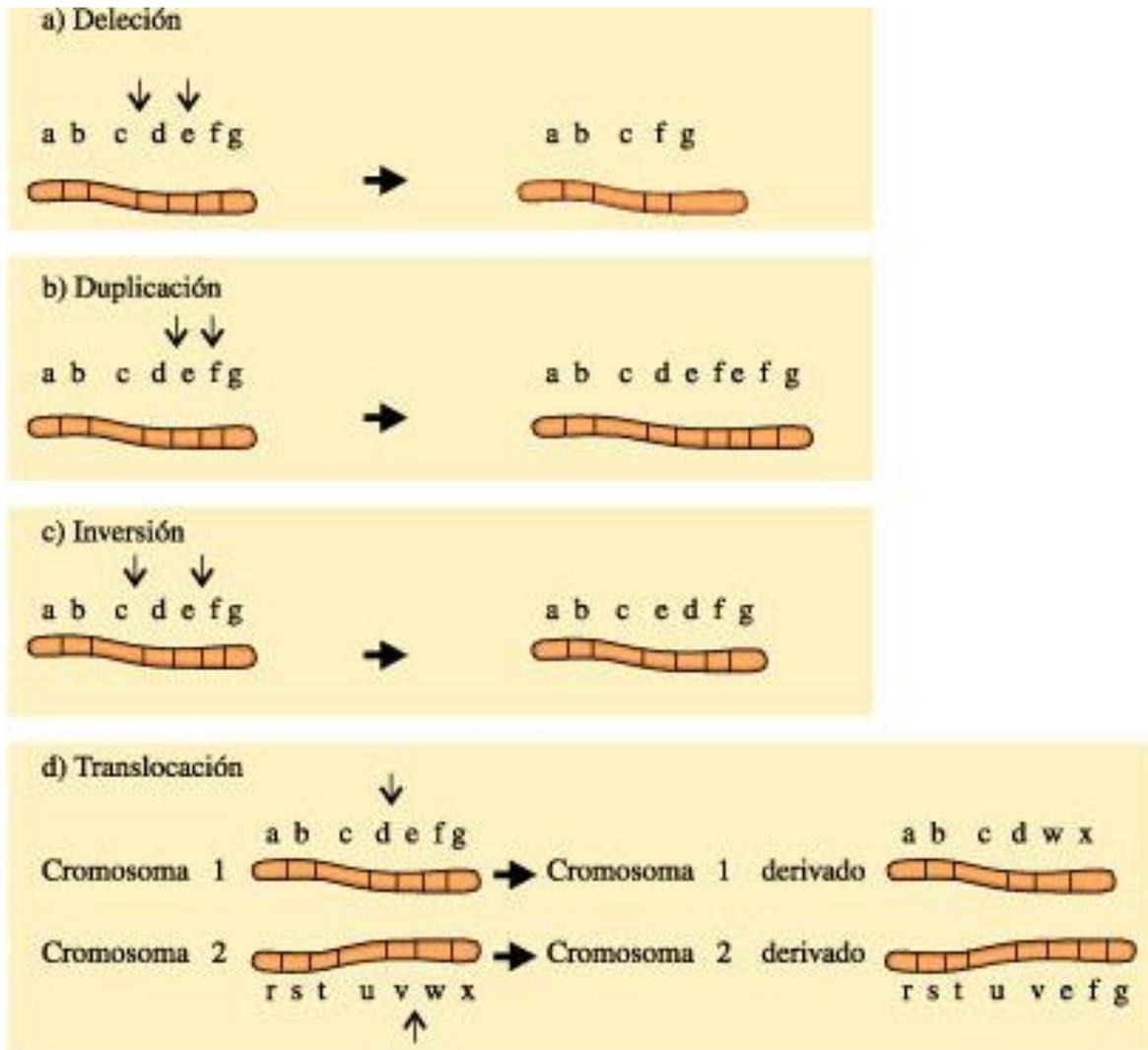


Figura 25. Principales alteraciones estructurales en los cromosomas (Adaptado de Curtis *et al.*, 2008)

### Alteraciones en el número de cromosomas

Pueden tener origen en la meiosis o en la mitosis, y en general se producen por una falla en la migración de los cromosomas. En la especie humana se destacan:

#### a) Anormalidades cromosómicas autosómicas:

- Síndrome de Down.

En la mayoría de los casos incluye un cuerpo bajo, macizo, con cuello grueso, retraso mental, que va desde leve a grave, lengua grande, que da como resultado defectos en el habla, y frecuentemente anomalías en el corazón.

Este síndrome aparece cuando un individuo tiene tres copias del cromosoma 21, en lugar de 2 (por eso decimos que es una trisomía). En aproximadamente el 95% de los casos, la causa de la anomalía genética es la no disyunción, durante la formación de un gameto

progenitor, lo que da como resultado 47 cromosomas, con una copia supernumeraria del cromosoma 21 en las células de los individuos afectados.

El síndrome también puede deberse a una traslocación en los cromosomas de uno de los padres. En este caso, la persona afectada suele tener un tercer cromosoma 21 (o al menos la mayor parte de él), unido a un cromosoma de mayor tamaño, frecuentemente el 14. Este individuo, aunque tenga 46 cromosomas, posee el equivalente funcional a un tercer cromosoma 21.

Cuando se estudian los casos de síndrome de Down debidos a traslocación, se encuentra que un progenitor, aunque fenotípicamente normal, tiene sólo 45 cromosomas. Por lo general uno de los cromosomas está formado por la fusión de gran parte de los cromosomas 14 y 21 (el resto de la información se pierde). La constitución genética posible de la progenie, se detalla en la siguiente figura:

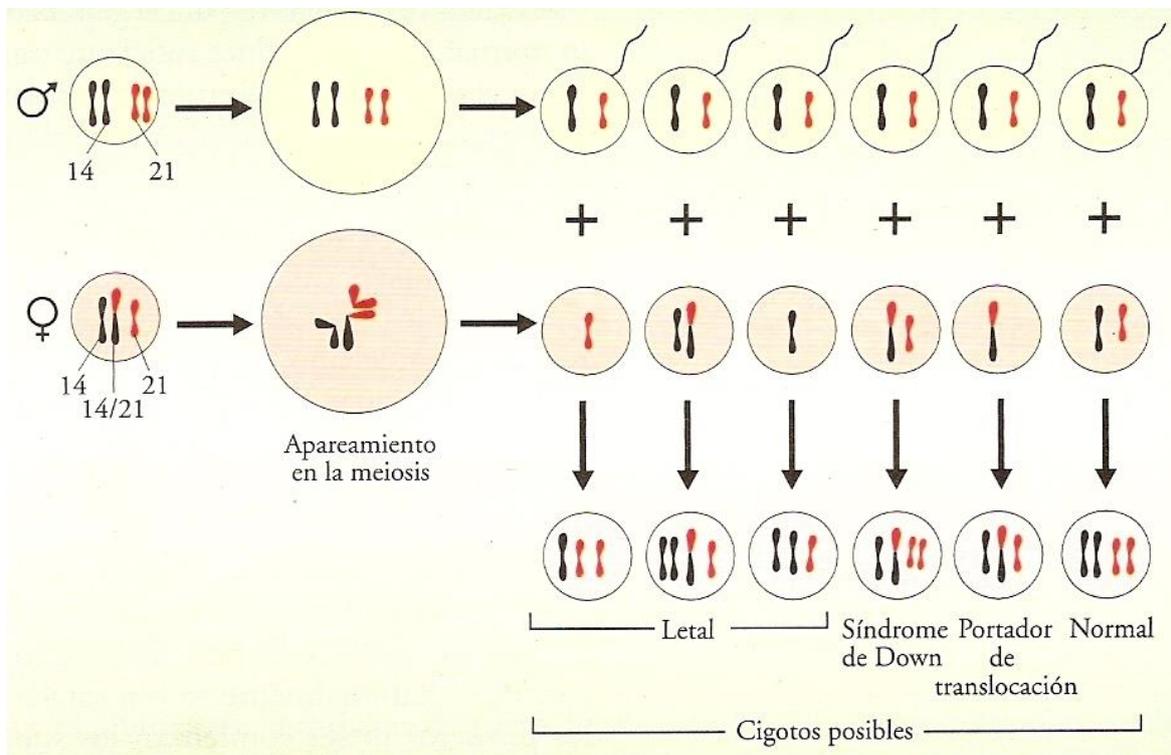


Figura 26. Síndrome de Down por traslocación (Adaptado de Curtis *et al.*, 2008).

De este modo, a los padres que tienen un hijo con síndrome de Down, se les advierte que si en el cariotipo de cualquiera de ellos, se detecta una traslocación, tienen una alta probabilidad de tener otro hijo con este síndrome, y que la mitad de sus hijos normales, serán portadores de la traslocación.

**a) Anormalidades de los cromosomas sexuales:**

La no disyunción puede también involucrar a los cromosomas sexuales. Por lo general las consecuencias no son tan graves como cuando involucran a los autosomas. Si la no disyunción involucra al cromosoma X son posibles:

- XXX: da como resultado una hembra estéril, pero normal en otros aspectos.
- XXY: da como resultado un hombre con testículos que degeneran lentamente, y desarrollo mamario. Son estériles, y en algunos casos presentan sus capacidades mentales disminuidas. Es el llamado síndrome de Klinefelter.
- OX: son mujeres estériles, con capacidades mentales normales (se lo denomina síndrome de Turner). Este es un ejemplo de monosomía, ya que falta un cromosoma, o parte de él.
- OY: no es viable.

En la siguiente figura se resumen los casos de anormalidades en los cromosomas sexuales:

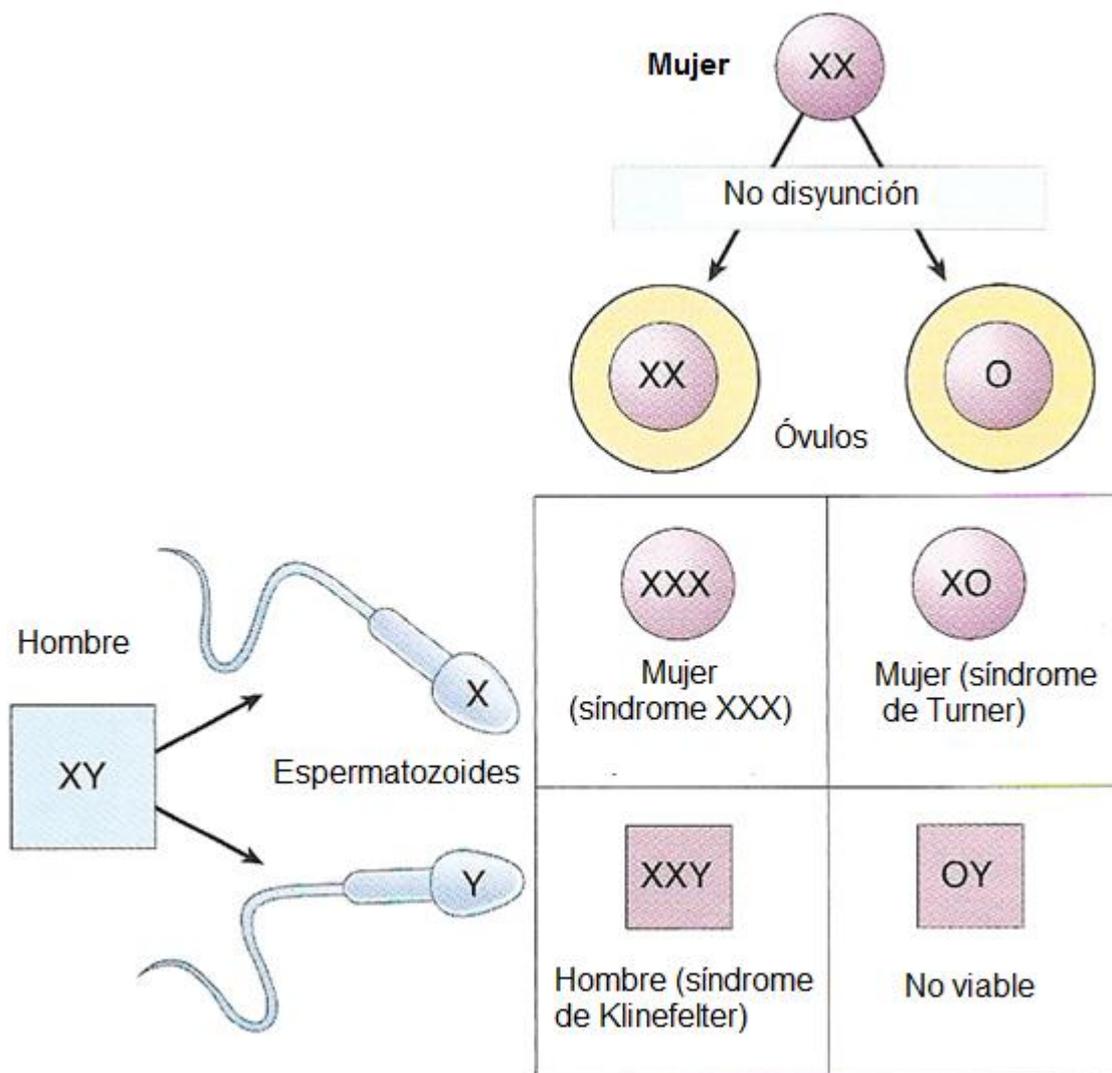


Figura 27. Anormalidades de los cromosomas sexuales (Adaptado de Purves *et al.*, 2001)

## TEORÍA GÉNICA

### ESTRUCTURA DE LOS ÁCIDOS NUCLEICOS

En la década de 1950, Watson y Crick, dilucidaron la estructura de ADN. No realizaron experimentos, sino que se dedicaron a analizar los resultados existentes hasta la fecha. En resumen, esa información era la siguiente:

a) La molécula de ADN era muy grande, y estaba compuesta por nucleótidos, que contenían las bases nitrogenadas adenina, guanina, timina y citosina

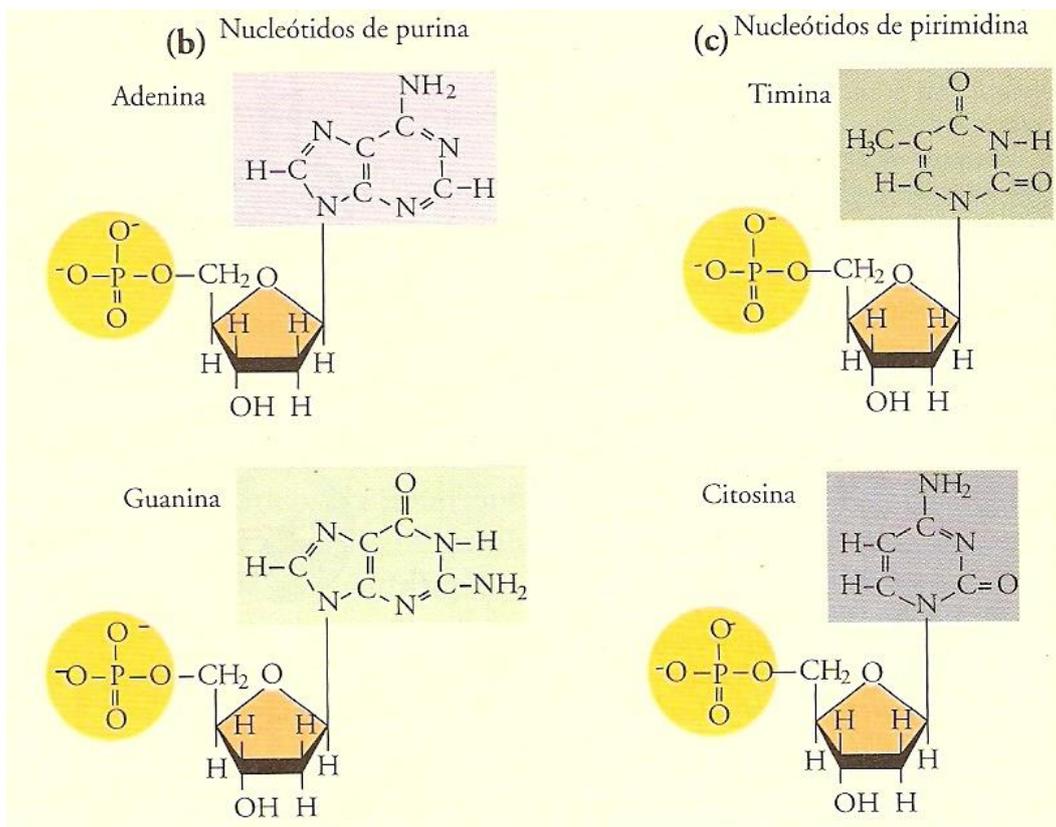


Figura 28. Bases nitrogenadas que componen la molécula de ADN. Adaptado de Curtis et al., 2008.

b) Pauling en 1950 había demostrado que las cadenas de aminoácidos que componen las proteínas, estaban dispuestas a menudo en forma de una hélice, y se mantenían así mediante puentes de hidrógeno entre los giros sucesivos de una hélice.

c) Las fotografías del ADN por difracción de rayos X, mostraron patrones que reflejaban los giros de una hélice gigante.

d) Chargaff demostró en varias especies, que la concentración de adenina era igual a la de timina, y guanina igual a citosina.

### Construcción del modelo

Analizando estos datos, Watson y Crick llegaron a la conclusión que la molécula de ADN era una doble hélice entrelazada, sumamente larga.

Si se toma una escalera, y se tuerce para formar una hélice, manteniendo los peldaños paralelos entre sí, se tendría un modelo de la molécula de ADN.

Los dos pasamanos están constituidos por moléculas de azúcar (desoxirribosa) y fosfato, que se alternan, y los peldaños están formados por las bases nitrogenadas adenina, guanina, timina, y citosina. Cada peldaño está formado por dos bases nitrogenadas, cada una de las cuales está ligada covalentemente a una unidad azúcar-fosfato. Las bases se ligan entre sí mediante puentes de hidrógeno.

De acuerdo con las mediciones efectuadas mediante rayos X, la distancia entre los dos pasamanos es de 2 nm, lo que sólo se logra si una purina se liga con una pirimidina. Además, a causa de sus estructuras A y T pueden formar dos puentes de hidrógeno, y C con G tres puentes de hidrógeno.

En la siguiente figura podemos observar detalles de la estructura de la molécula de ADN:

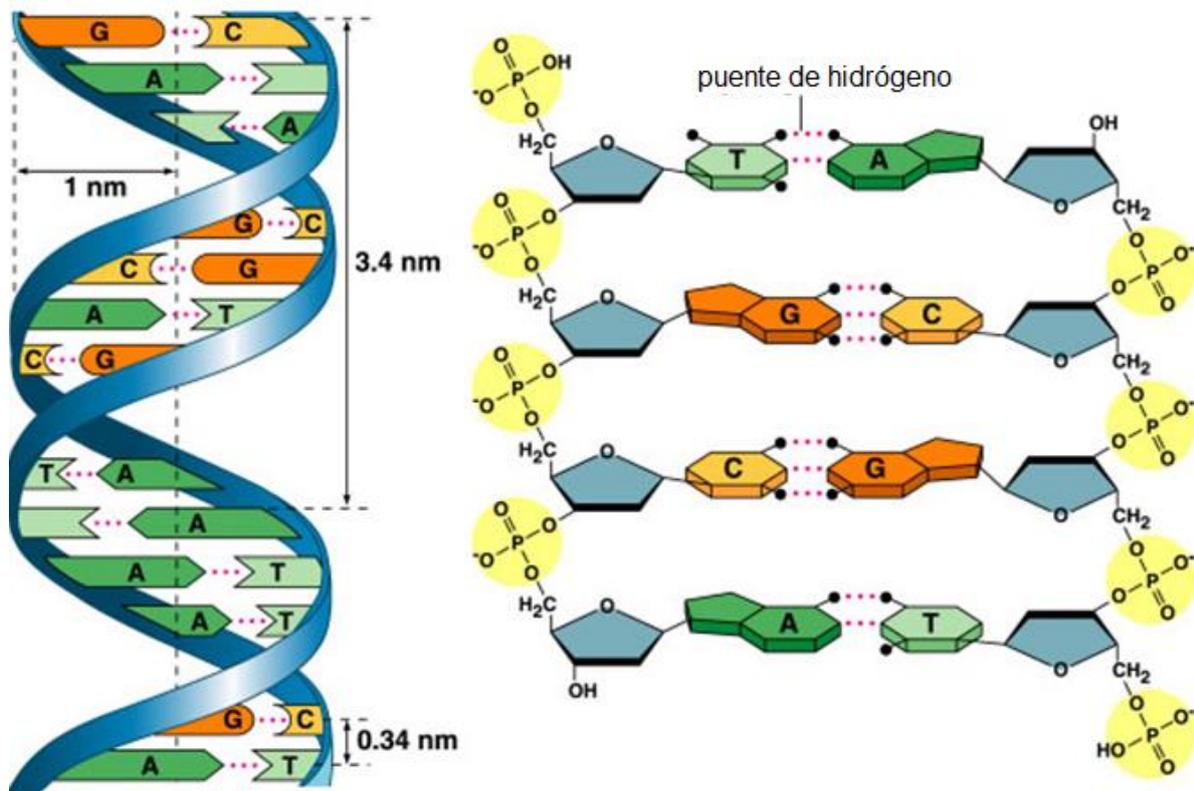


Figura 29. Estructura del ADN (izquierda), y detalles de su composición química (derecha). Adaptado de Alberts et al., 2011.

La cadena de ADN tiene dirección. Cada grupo fosfato está unido a una desoxirribosa en una posición 5', y a otra en posición 3'. De este modo, la cadena tiene un extremo 5' y otro 3'. Las dos cadenas son antiparalelas, ya que corren en direcciones opuestas, como puede apreciarse en la siguiente figura:

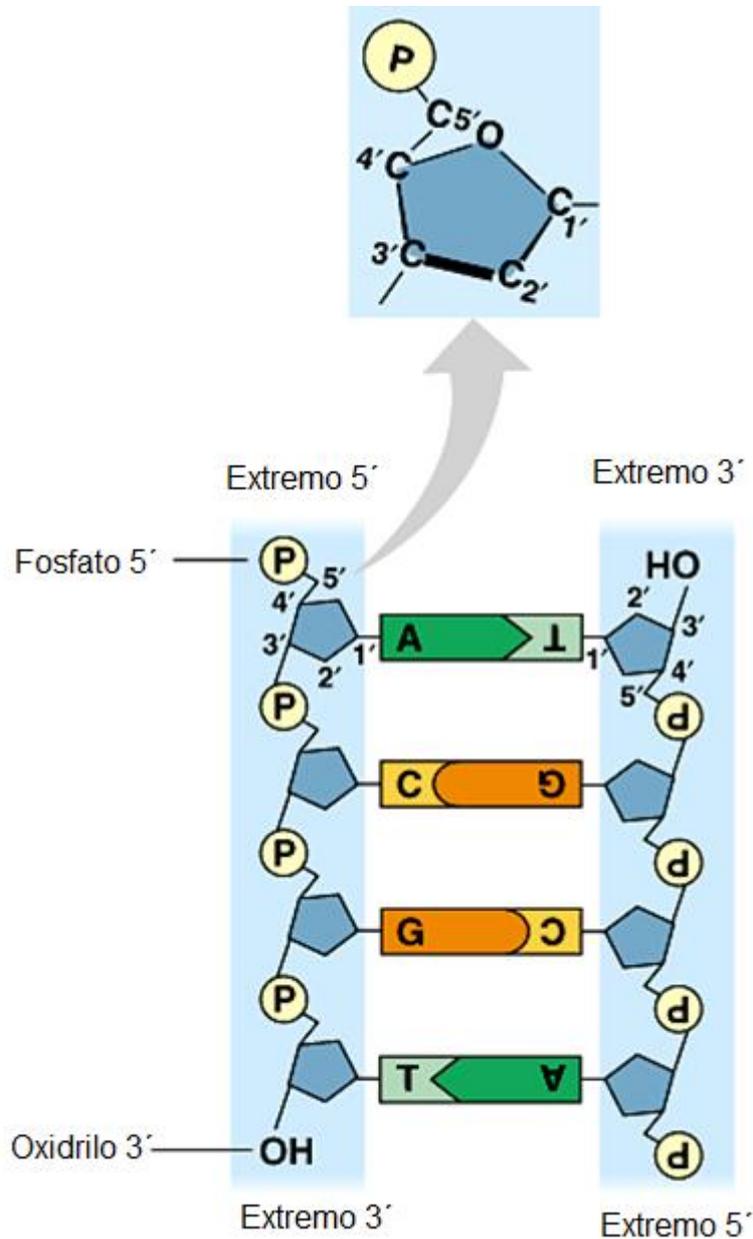


Figura 30. Disposición antiparalela de ambas cadenas que constituyen la molécula de ADN. Adaptado de Alberts et al., 2011.

Watson y Crick denominaron “Dogma Central de la Biología”, al flujo de información genética desde la molécula de ADN, hasta las proteínas.

La información genética se encuentra almacenada en la molécula de ADN. Antes que la célula se divida, deberá generar una copia de su ADN (proceso denominado replicación).

A partir de ese ADN, se sintetizan las moléculas de ARN, en un proceso llamado transcripción. Por último, ese lenguaje de nucleótidos del ARN es traducido a un lenguaje de aminoácidos de las proteínas, en un proceso llamado traducción, en el cual tiene lugar la síntesis proteica.

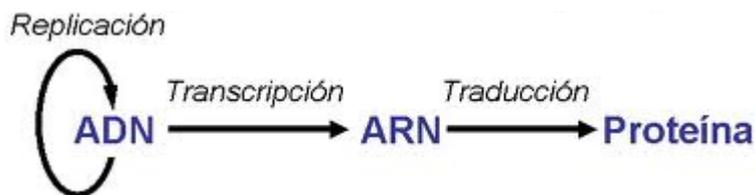


Figura. Dogma Central de la Biología.

El descubrimiento de los retrovirus demostró que el Dogma Central de la Biología tiene excepciones. Estos virus (como el HIV) poseen como información genética ARN, que por acción de una enzima llamada transcriptasa inversa, sintetiza ADN (proceso inverso a la transcripción).

## REPLICACIÓN DEL ADN

En el momento de la replicación, se rompen los puentes de hidrógeno que unen a las bases nitrogenadas, y ambas cadenas se separan. Cada cadena sirve como molde para sintetizar una nueva cadena, mediante el apareamiento de bases complementarias. Por este motivo decimos que la réplica del ADN es semiconservativa.

La iniciación de la replicación del ADN siempre comienza con una secuencia específica de nucleótidos, conocida como origen de replicación. Requiere de proteínas iniciadoras especiales, y otras enzimas conocidas como helicadas. Estas enzimas rompen los puentes de hidrógeno que unen las bases complementarias en el origen de replicación, abriendo la hélice.

El mecanismo molecular de replicación del ADN, que se detallará a continuación, se esquematiza en la Figura 31.

A medida que las cadenas de la doble hélice se separan, las porciones contiguas corren el riesgo de enrollarse más y más. Para evitar que esto ocurra, actúan otras enzimas, las topoisomerasas, que rompen y reconectan una o ambas cadenas de la hélice, delante de la horquilla de replicación.

Una vez que se separan las dos cadenas de la doble hélice de ADN, las proteínas de unión a cadena simple, se unen a las cadenas individuales, manteniéndolas separadas. Esto permite que tenga lugar el siguiente paso, la síntesis de las nuevas cadenas, catalizada por un grupo de enzimas conocidas como ADN-polimerasas.

Si el ADN que se replica se observa con microscopio electrónico de trasmisión, la zona de síntesis aparece como un “ojo”, o “burbuja de replicación”. Ambos extremos de una burbuja de replicación, tienen forma de letra “Y”, y se llaman “horquillas de replicación”

Para que ocurra la síntesis de una nueva cadena complementaria de ADN, no es suficiente que esté presente la cadena molde, también es necesario el inicio de la nueva cadena. Este inicio es provisto por un “primer” o “cebador”, formado por nucleótidos de ARN, sintetizados por la enzima ARN primasa. A continuación, con los fragmentos de ARN ya localizados, la ADN polimerasa comienza a sintetizar nuevas cadenas complementarias de ADN, a lo largo de las cadenas moldes, añadiendo uno por uno los nucleótidos a las cadenas en crecimiento. La dirección de adición de nucleótidos se realiza en la dirección 5´ a 3´ de la cadena que está siendo sintetizada.

Okazaki demostró que aunque la cadena 5´-3´ se sintetiza en forma continua, como una sola unidad, la cadena 3´-5´ lo hace de manera discontinua, como una serie de fragmentos, llamados fragmentos de Okazaki.

La cadena que se sintetiza en forma continua se denomina “cadena adelantada”, y la que se sintetiza como una serie de fragmentos, se conoce como “cadena retrasada”.

Posteriormente, los cebadores son reemplados por ADN, y por último la ADN ligasa une los segmentos de ADN.

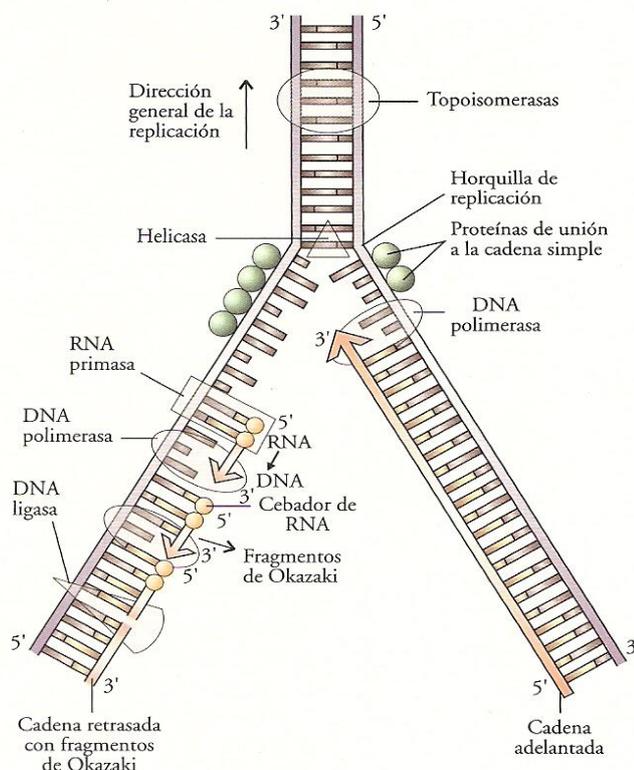


Figura 31. Esquema de una horquilla de replicación, y los procesos moleculares que tienen lugar durante la replicación del ADN (Según Curtis *et al.*, 2008).

### Corrección de errores

Durante la síntesis de ADN pueden producirse errores, y en la nueva cadena en formación se adicionan nucleótidos incorrectos. Cuando esto ocurre, la ADN polimerasa retrocede eliminando nucleótidos, hasta que encuentra un nucleótido correctamente apareado. En ese momento la enzima detiene el movimiento de retroceso, y reinicia el movimiento en la dirección 5' - 3'.

Además de la corrección de errores que ocurre durante la replicación del ADN, otras enzimas controlan constantemente las moléculas de ADN, removiendo nucleótidos incorrectos, reemplazándolos por el correcto. Sin embargo estos controles no siempre son suficientes, y algún nucleótido puede quedar mal apareado, constituyendo una mutación. Estas mutaciones pueden deberse a un mal desempeño de la ADN polimerasa en la corrección de errores, o por daños posteriores a la replicación. Dichos daños pueden consistir en la pérdida de purinas, la formación de enlaces covalentes entre pirimidinas adyacentes, y el agregado de grupos voluminosos.

### Transcripción

Si observamos la siguiente figura, recordaremos las diferencias entre las estructuras de la molécula del ADN y ARN:

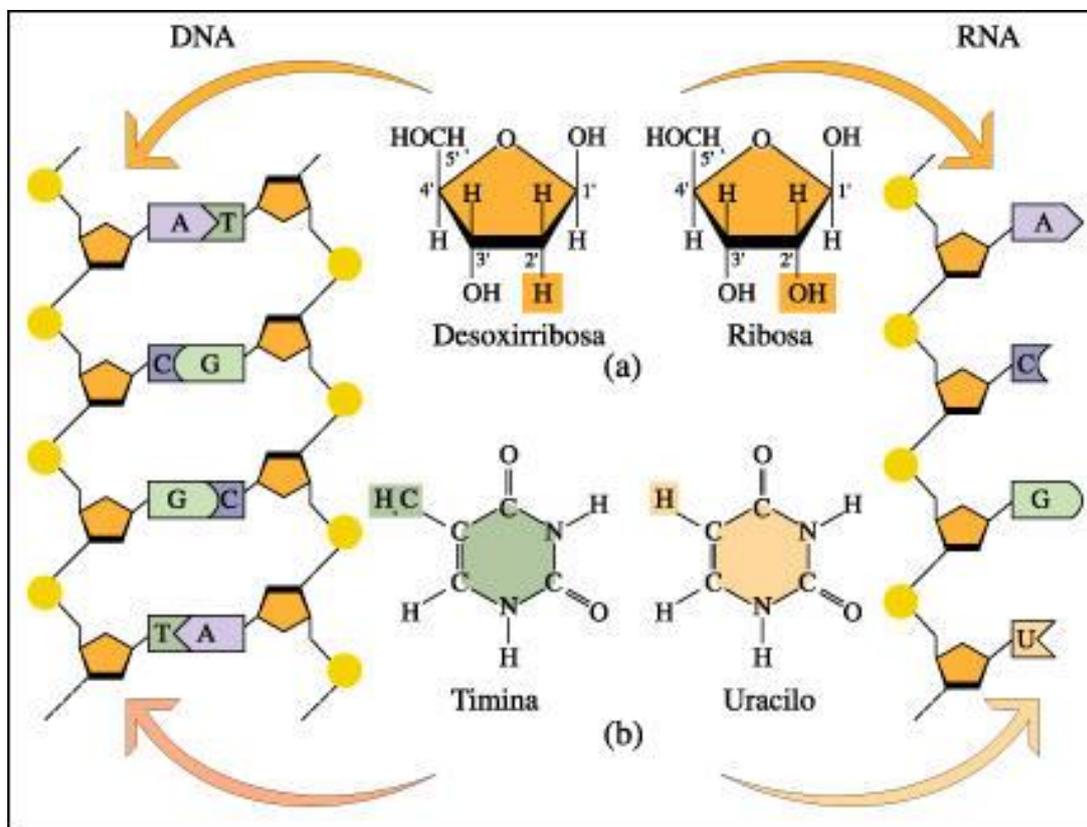


Figura 32. Diferencias en las estructuras de ADN y ARN. Según Curtis et al., 2008.

La síntesis del ARN, conocida como transcripción, es catalizada por la enzima ARN polimerasa. Esta enzima, a diferencia de la ADN polimerasa, no requiere de un cebador para iniciar la síntesis de ARN.

Cuando va a iniciar la transcripción, la ADN polimerasa se une al ADN en una secuencia específica, denominada promotor. La enzima abre la doble hélice de ADN en una pequeña región, y así quedan expuestos los nucleótidos de una secuencia corta de ADN. Luego va añadiendo ribonucleótidos, moviéndose a lo largo de la cadena molde. El proceso de elongación continúa, hasta que la enzima encuentra otra secuencia especial en el transcrito reciente, llamada señal de terminación. En la siguiente figura se resumen los pasos de la transcripción:

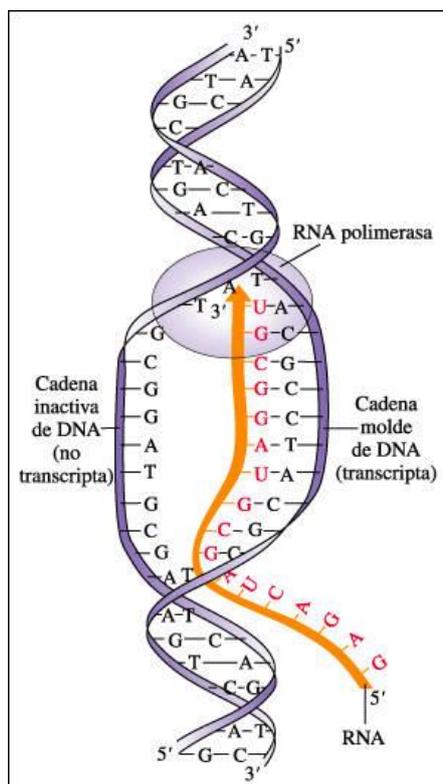


Figura 33. Transcripción del ARN (Según Curtis et al., 2008).

Existen tres tipos de ARN:

ARN ribosómico: forma parte de los ribosomas, estructuras en las que tiene lugar la síntesis de proteínas.

ARN mensajero: posee la secuencia de nucleótidos para la síntesis de una proteína, o una cadena polipeptídica de una proteína. O sea que dicta la secuencia de aminoácidos de una proteína.

ARN de transferencia: es el “diccionario” por medio del cual se traduce el lenguaje de nucleótidos de los ácidos nucleicos, al lenguaje de aminoácidos de las proteínas. Hay más de 20 tipos diferentes en cada célula, por lo menos uno para cada aminoácido. Presenta un

anticodón, que se acopla al codón (tripleto de nucleótidos) del ARN mensajero, y un sitio en el extremo 3' de la molécula, en el cual se acopla un aminoácido particular. En la siguiente figura se esquematiza la estructura del ARN de transferencia:

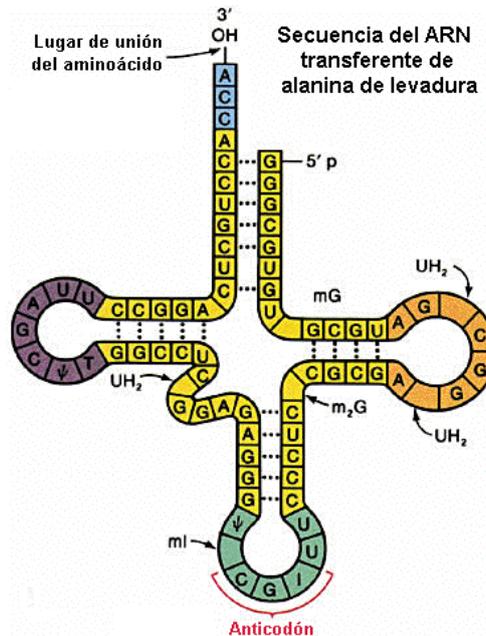


Figura 34. Estructura de la molécula de ARN de transferencia (Según Alberts et al, 2011).

### El código genético

Cada triplete de nucleótidos del ARNm o codón, codifica para un aminoácido, constituyendo el denominado código genético:

		Segunda letra				
		U	C	A	G	
Primera letra (extremo 5')	U	UUU ] phe UUC ] UUA ] leu UUG ]	UCU ] UCC ] ser UCA ] UCG ]	UAU ] tyr UAC ] UAA detención UAG detención	UGU ] cys UGC ] UGA detención UGG detención	U C A G
	C	CUU ] CUC ] leu CUA ] CUG ]	CCU ] CCC ] pro CCA ] CCG ]	CAU ] his CAC ] CAA ] CAG ] gln	CGU ] arg CGC ] CGA ] CGG ]	U C A G
	A	AUU ] AUC ] ile AUA ] AUG ] met	ACU ] ACC ] thr ACA ] ACG ]	AAU ] asn AAC ] AAA ] lys AAG ]	AGU ] ser AGC ] AGA ] arg AGG ]	U C A G
	G	GUU ] GUC ] val GUA ] GUG ]	GCU ] GCC ] ala GCA ] GCG ]	GAU ] asp GAC ] GAA ] glu GAG ]	GGU ] gly GGC ] GGA ] GGG ]	U C A G
						Tercera letra (extremo 3')

Figura 35. Código genético; tres bases nitrogenadas constituyen un codón, y codifican para un aminoácido de una proteína. Por ejemplo, el codón UUG codifica para leucina. Según Curtis et al., 2008.

El código genético es universal, ya que es común a todas las especies (aunque en los últimos años se han encontrado algunas mínimas excepciones). También es degenerado, ya que un mismo aminoácido es codificado por varios codones.

### Biosíntesis de proteínas

La biosíntesis de proteínas, o traducción, tiene lugar en tres etapas:

#### a) Iniciación.

Comienza cuando la subunidad ribosómica menor, se acopla a una cadena de ARNm, cerca de su extremo 5', exponiendo su primer codón, o codón iniciador. A continuación el primer ARNt, se coloca en su lugar, para aparearse con el codón iniciador del ARNm. Este codón iniciador habitualmente es AUG, y codifica para metionina (formil metionina en procarionotas). La combinación de la subunidad ribosómica pequeña, el ARNm, y el ARNt, se denomina complejo de iniciación. Luego, la subunidad ribosómica mayor se une a la menor, y el ARNt iniciador se encaja en el sitio P (peptidílico) de la subunidad mayor.

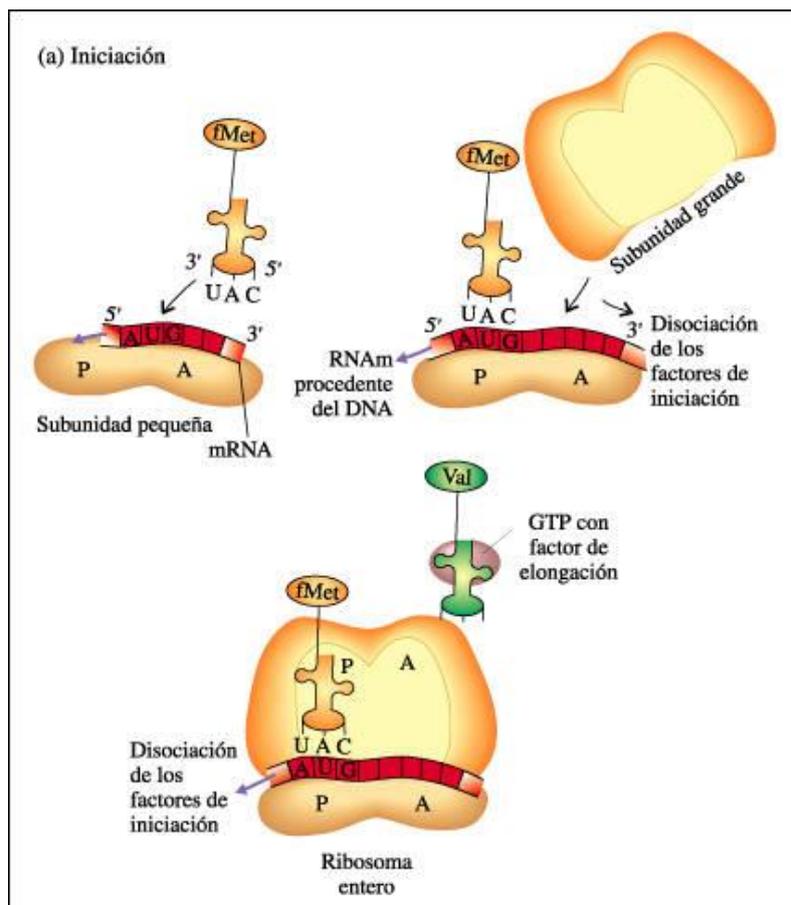


Figura 36. Resumen de los procesos que tienen lugar durante la etapa de iniciación de la síntesis proteica. Según Curtis et al. (2008).

b) Alargamiento

El segundo codón se coloca en la posición del sitio A (aminoacídico), de la subunidad mayor del ribosoma. Luego la enzima peptidil transferasa, que forma parte de la subunidad mayor, forma el enlace peptídico entre los dos aminoácidos, y el primer ARNt queda libre. El ribosoma se mueve un codón a lo largo de la molécula de ARNm, y entonces el segundo ARNt, que ahora posee ligados dos aminoácidos, pasa del sitio A al sitio P. El sitio A queda libre, para recibir un nuevo ARNt. Sucesivamente el sitio P acepta al ARNt que carga con la cadena polipeptídica creciente, y el sitio A acepta al ARNt que soporta un nuevo aminoácido que será añadido a la cadena.

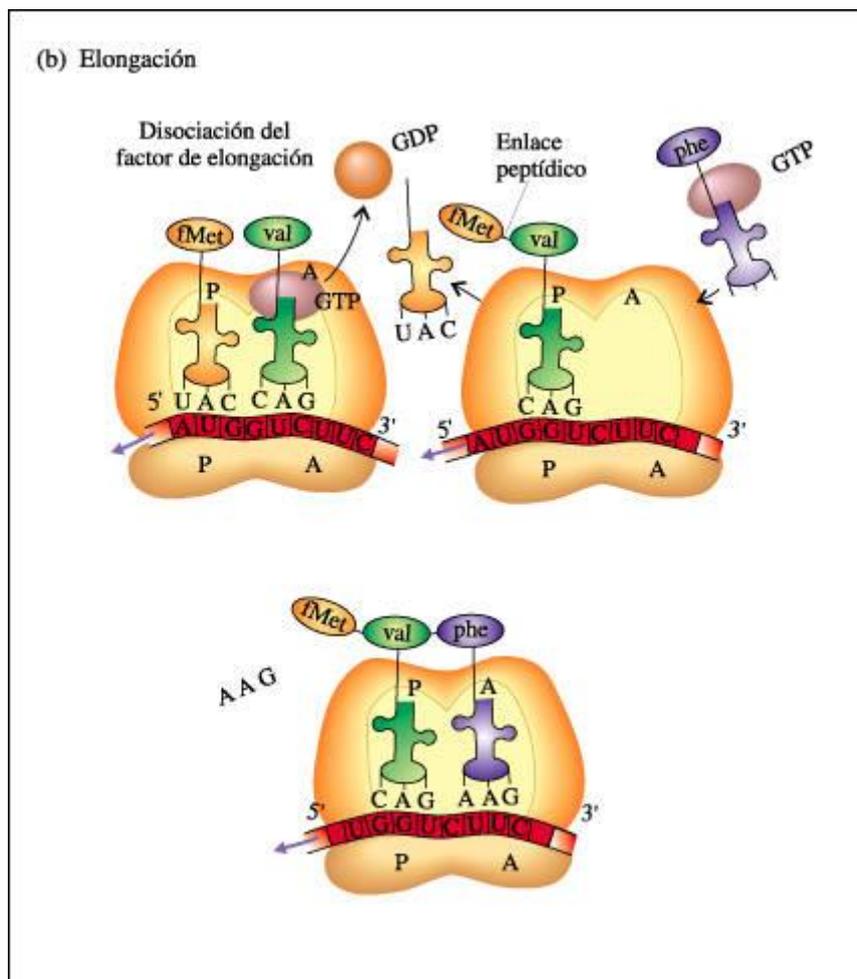


Figura 37. Resumen de los procesos que tienen lugar durante la etapa de elongación de la síntesis proteica. Según Curtis et al. (2008).

c) Terminación

Al final de la secuencia de ARNm, hay un codón que sirve como señal de terminación. No existe ningún ARNt con anticodones para el codón de terminación, de modo que se detiene

la traducción. La cadena polipeptídica se desprende, y las dos subunidades ribosómicas se separan.

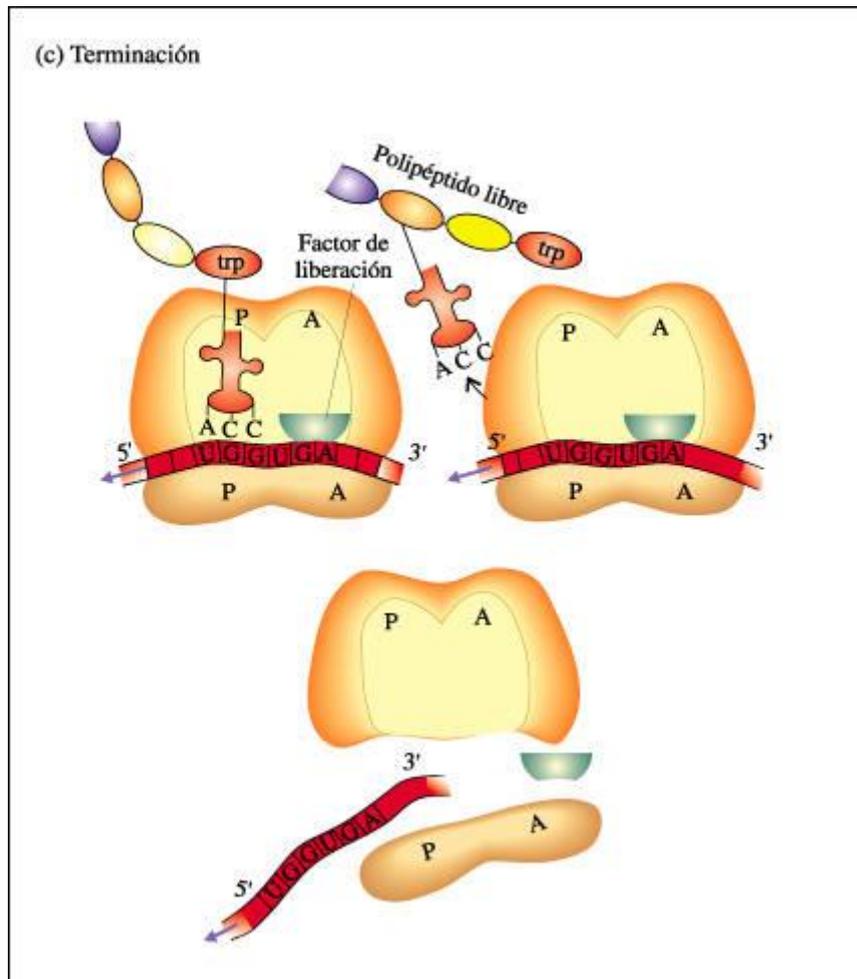


Figura 38. Resumen de los procesos que tienen lugar durante la etapa de terminación de la síntesis proteica. Según Curtis et al. (2008).

## BIOLOGÍA DE LA NUTRICIÓN

### SISTEMA DIGESTIVO

A medida que se fueron diversificando las distintas formas de vida multicelulares, la presión de selección favoreció a los organismos que obtenían y procesaban su alimento en forma más eficiente. Algunos, como ciertos invertebrados presentan un sistema digestivo muy simple con una sola abertura, otros presentan especializaciones en distintas etapas del proceso digestivo. Algunos desarrollaron un sistema altamente replegado que provee una superficie mayor para el trabajo. El segmento inicial, la cavidad oral, adquirió modificaciones morfológicas importantes bajo las distintas presiones de selección, representadas por la disponibilidad de

fuentes alimenticias disponibles y por la competencia por el alimento. El sistema digestivo de los vertebrados, dividido en numerosos compartimentos, hace posible una división del trabajo en el proceso digestivo que contribuye a producir un metabolismo eficiente de alimento.

a) Las hidras poseen un sistema digestivo simple, con una cavidad gastrovascular de una sola abertura, que sirve como boca y ano. Capturan pequeñas presas que inmovilizan con células urticantes ubicadas en sus tentáculos, y comienzan la digestión en la cavidad gastrovascular, en la que secretan enzimas.

b) Las planarias también poseen una sola abertura a través de la cual extienden la faringe, que libera enzimas directamente sobre el alimento. Luego ingieren el alimento, y continúa la digestión en la cavidad gastrovascular y en las células que la tapizan.

c) Las lombrices de tierra tienen un sistema digestivo con 2 aberturas. El alimento entra por la boca, y los desechos salen por el ano.

d) Las aves presentan zonas especializadas en distintas funciones a lo largo del tubo digestivo, como el buche, donde se almacena el alimento, el proventrículo o estómago glandular, que secreta enzimas digestivas y la molleja o estómago muscular, que ayuda a triturar el alimento

## **El sistema digestivo de los vertebrados**

### Procesamiento inicial: la boca

En la boca comienza la fragmentación mecánica del alimento. La mayoría de los mamíferos tienen dientes, con los que rompen y trituran la comida que ingieren. Las aves modernas, que carecen de dientes, tienen buches con partículas de arena y grava, que cumplen las funciones de ruptura y trituración.

Dentro de la boca se encuentra la lengua, que en los mamíferos mueve y mezcla el alimento, y lo dirige hacia la parte posterior de la boca. Algunos vertebrados como la lamprea, que carecen de mandíbulas, tienen lenguas con “dientes” córneos. Los sapos y las ranas, usan su lengua viscosa, unida solo a la parte anterior de la boca, como un látigo, y así capturan insectos de los que se alimentan.

Durante la masticación, la saliva producida por 3 pares de glándulas salivales humedece y lubrica el alimento. En muchos mamíferos que mastican su alimento la saliva posee un enzima, la amilasa salival, que digiere al almidón.

### Deglución: la faringe y el esófago

El alimento parcialmente digerido, abandona la boca en forma de bolo alimenticio, y pasa a la faringe, y luego al esófago, por un mecanismo denominado deglución. Tanto los líquidos, como los sólidos, son empujados a lo largo del esófago por movimientos peristálticos.

#### Almacenamiento y licuación: el estómago

El alimento circula por el esófago, y luego de atravesar el primer esfínter del tubo digestivo, el cardias, llega al estómago, una bolsa muscular flexible. En el estómago la mucosa (una capa rica en glándulas que recubre las cavidades del cuerpo) es muy gruesa, y contienen numerosas criptas gástricas, tapizadas por células secretoras de moco. En las criptas desembocan glándulas que liberan HCl y pepsinógeno, un precursor de la enzima pepsina. Estas secreciones, junto con el agua en la que están disueltas, constituyen el jugo gástrico. El HCl destruye a la mayoría de los microorganismos presentes en los alimentos, y disgrega los componentes fibrosos, pero además inicia la conversión de pepsinógeno en pepsina, al escindir una pequeña porción de la molécula. La pepsina desdobla las proteínas en péptidos más pequeños, y actúa sobre otras moléculas de pepsinógeno, y forma más pepsina. El pH del jugo gástrico es de 1,5-2,5. La sensación de ardor que se siente luego de un vómito, se debe a la acción del jugo gástrico sobre las mucosas sin protección. En condiciones normales, el epitelio estomacal está protegido de la autodigestión, mediante el moco rico en bicarbonato, que neutraliza la acidez. Una protección adicional proviene de una capa de fosfolípidos asociados con las células epiteliales. Muchas veces esta protección no es suficiente y el jugo gástrico digiere la pared estomacal, y genera llagas o úlceras que pueden perforar la pared del estómago. Históricamente las úlceras se asociaban a un exceso de HCl, causados por el estrés, alimentos, etc. Luego se demostró que la causa de muchas úlceras es una bacteria llamada *Helicobacter pylori*, que infecta a las células secretoras de moco, y provoca una disminución del moco protector. Esta bacteria es capaz de sobrevivir y reproducirse en el ambiente altamente ácido del estómago. Las úlceras causadas por estas bacterias se tratan mediante antibióticos.

#### Digestión y absorción: el intestino delgado

La masa de alimento llega finalmente al intestino delgado. Allí se completa la digestión de los hidratos de carbono y proteínas que comenzó en la boca y en el estómago y comienza la digestión de las grasas.

El intestino delgado es un tubo largo y muy plegado, con una gran superficie de contacto con el alimento. Presenta pliegues en la capa submucosa, vellosidades en la capa mucosa. Si extendiéramos por completo el intestino delgado de un adulto humano, mediría aproximadamente 6 m de longitud. El área total de su superficie es de 300 m<sup>2</sup>, equivalente al tamaño de una cancha de tenis para jugar dobles.

Las moléculas simples que resultan de la digestión, se absorben a través de las paredes de las vellosidades, y con excepción de las moléculas de grasa, entran en el torrente sanguíneo por medio de los capilares, que las distribuyen a todas las células del cuerpo. Las grasas, hidrolizadas a ácidos grasos y glicerol, y resintetizadas a nuevas grasas, son empaquetadas en partículas llamadas quilomicrones, y pasan al sistema linfático.

El intestino delgado se divide en:

Duodeno: donde ocurre la mayor parte de la digestión

Yeyuno e íleon: donde tiene lugar la absorción.

El proceso digestivo del intestino se inicia en las criptas, en donde células secretoras liberan moco, agua y varias enzimas que continúan con la digestión. El moco lubrica el contenido intestinal, el agua lo hidrata, y las diferentes enzimas continúan con la digestión. En el duodeno, el alimento recibe además, secreciones del páncreas y del hígado. Todas estas secreciones contienen bicarbonato, que neutraliza la acidez de los alimentos que llegan del estómago.

El páncreas secreta amilasa, que degrada al almidón, además de otras enzimas que degradan grasas y proteínas, también secreta las hormonas peptídicas insulina, glucagón, polipéptido pancreático y somatostatina, que son liberados al torrente sanguíneo. Estas hormonas participan en la regulación de la glucosa en sangre.

El hígado sintetiza una sustancia llamada bilis, que consiste en agua y iones como bicarbonato, Na y Ca, y ácidos biliares, que contribuyen a la digestión de las grasas. La bilis circula a través de conductos, que la llevan a la vesícula biliar donde se acumula. En ocasiones, los componentes de la bilis se asocian a ácidos biliares, y precipitan, formando cálculos biliares. Las sales de ácidos biliares actúan como detergentes, al emulsionar las grasas en el intestino, fragmentándolas en gotas muy pequeñas, que son hidrosolubles, debido a la presencia de sales que la recubren. Esto aumenta la superficie para el ataque enzimático por parte de las lipasas que degradan los lípidos.

#### Absorción ulterior y eliminación: intestino grueso

La absorción de agua, sodio, y otros minerales, ocurre primariamente en el intestino delgado, y continúa en el intestino grueso. El intestino grueso aloja un considerable población de bacterias, incluidas *Escherichia coli* y *Lactobacillus*. Estos microorganismos degradan el aliento que escapó de la digestión y la absorción en el intestino delgado, y a partir de él sintetizan aminoácidos y vitaminas. Los humanos aprovechamos algunas de esas vitaminas, como la K, que no podemos sintetizar (esta vitamina interviene en la coagulación de la sangre, y en la formación de glóbulos rojos).

En el intestino grueso hay un pequeño saco ciego, el apéndice. Éste es posiblemente un “recuerdo” de nuestros antecesores herbívoros, y no tiene función digestiva conocida. Se puede irritar, inflamar e infectar, ocasionando apendicitis. Si supura como resultado de la inflamación, puede dejar pasar su contenido bacteriano a la cavidad abdominal, produciendo una infección grave llamada peritonitis, que a veces resulta mortal.

Finalmente, todo aquello que no se digirió y absorbió se elimina como materia fecal.

## EVOLUCIÓN

El hilo que conecta la enorme diversidad del mundo vivo es la evolución, el proceso de cambio a lo largo del tiempo. Un gran número de evidencias sugieren que la Tierra tuvo una larga historia, y que todos los organismos vivos, incluyendo el hombre, surgieron en el curso de esa historia, a partir de formas anteriores más primitivas. Esto significa que todas las especies descendes de otras especies, en otras palabras, todos los seres vivos comparten antecesores comunes en el pasado distante

### Ideas evolutivas en la antigua Grecia:

\* Anaximandro (611-547 a.C.) ya tenía una concepción del mundo biológico en la que el origen y la transformación de las especies eran el resultado de procesos naturales. Sin embargo estas ideas eran desconocidas en Europa, en el momento en que la ciencia de la Biología comenzó a tomar forma.

\* Aristóteles (384-322 a.C), quién puede considerarse el primer gran naturalista, propuso que todos los seres vivos podían ser ordenados en una jerarquía, que se conoció como Scala Naturae, o Escala de la Naturaleza. Los seres vivos más simples ocupaban el peldaño inferior, y el hombre el más alto, y todos los otros organismos se encontraban en lugares intermedios entre estos extremos. Este ordenamiento no involucraba la idea de que había relaciones de descendencia. Muchos siglos más tarde, las ideas de Aristóteles llegarían a influir profundamente el pensamiento de importantes naturalistas europeos

### Ideas evolutivas en la modernidad:

Las ideas de cambio en geología. Fueron los geólogos, más que los biólogos quienes prepararon el camino para la teoría moderna de la evolución

\* Teoría del uniformismo. El escocés **James Hutton**, propuso que la Tierra había sido moldeada por procesos lentos y graduales: el viento, el clima, el fluir del agua, los mismos

procesos que pueden verse en acción en el mundo actual. Esta teoría se conoce con el nombre de uniformismo, y fue dada a conocer en 1788, es antecedente de la evolución biológica por tres razones:

- Implicaba que la Tierra tiene una larga historia, lo cual era una idea nueva para los europeos del siglo XVIII
- Afirmaba que el cambio es el curso normal de los acontecimientos, en oposición de un sistema estático, interrumpido por un acontecimiento inusual y ocasional, como un terremoto.

\* Teoría catastrofista. Aun cuando la evolución en geología iba preparando el camino, los tiempos no estaban maduros para una revolución paralela en Biología. En el siglo XIX Georges Cuvier, naturalista conocido como el padre de la paleontología, era un firme adversario de la teoría de la evolución. Si bien reconocía el hecho de que muchas especies habían dejado de existir, explicaba que las extinciones se habían producido por una serie de catástrofes. Después de cada catástrofe, nuevas especies establecidas por sucesivas creaciones divinas, llenaban los lugares que habían quedado vacantes. Más tarde, el geólogo inglés Charles Lyell (1795-1875), retomando las ideas de Hutton, propuso una visión de cambio gradual y continuo para la historia de la Tierra, en contraste con el catastrofismo.

\* Las ideas de Lamarck

El primer científico moderno que elaboró un conjunto de teorías explicativas de la evolución fue el francés Lamarck, quien en 1801 expuso que todas las especies (incluido Homo sapiens) descienden de otras especies más antiguas. Él estudió invertebrados fósiles y actuales. Notó que las rocas más antiguas en general contenían fósiles que representaban formas de vida más simples. Así propuso que las formas más complejas habían surgido de las formas más simples, por un proceso de transformación progresiva. Según Lamarck, la evolución depende de tres factores principales:

- Cambios ambientales. El ambiente cambia constantemente y al modificarse, plantea nuevos requerimientos a los organismos que tratan de adecuarse a esos cambios.
- Sentimiento interior. Un esfuerzo inconsciente y ascendente que impulsa a cada criatura hacia un grado de complejidad mayor. El camino de una ameba conducía finalmente hacia el hombre.
- Ley del uso y desuso de los órganos y teoría de la herencia de los caracteres adquiridos. Con dependencia de las exigencias del ambiente y debido a su uso o desuso, los órganos en

los seres vivos se hacen más fuertes o más débiles, más o menos importantes; y estos cambios se transmiten de los padres a la progenie.

\* La construcción de la teoría de Darwin

En 1831 Charles Darwin zarpó desde Inglaterra en viaje que duraría 5 años, a bordo del Beagle, bajo las órdenes del capitán Fitz Roy. Antes de cumplir los 23 años, Darwin ya había abandonado los estudios de medicina, y era un candidato reacio al clero, profesión que se consideraba adecuada para el hijo menor de un caballero inglés. Cuando Fitz Roy, poco mayor que Darwin, ofreció un pasaje para un joven caballero que fuera voluntario, sin remuneración, Darwin aprovechó esta oportunidad para ampliar sus conocimientos sobre historia natural.

La persona que más influyó en Darwin, se cree que fue Charles Lyell, uno de los libros que Darwin llevó consigo en el viaje fue "Principios de Geología", de Lyell, que acababa de publicarse; el segundo volumen le fue enviado durante su viaje en el Beagle.

Las observaciones y reflexiones de Darwin nos permiten plantear algunas de las hipótesis y las preguntas que parecen haber surgido en su viaje a bordo del Beagle:

- Darwin observó el paisaje de Sudamérica, y puso a prueba el "uniformismo" de Lyell. Si la Tierra había sufrido cambios tan importantes como proponía Lyell, ¿los seres vivos, se habían transformado en un modo similar?

- En Argentina, Darwin descubrió huesos fósiles de grandes mamíferos extintos. Estos fósiles eran similares a otros organismos que conforman la fauna actual. ¿cómo podía explicarse ese gran parecido?

- Se sorprendió ante la diversidad de la fauna de Australia, compuesta por un gran número de especies de marsupiales. ¿Por qué un Dios racional quería crear tantos marsupiales en Australia, en una región en la que ni el clima ni la geografía sugieren que las bolsas o marsupios provean una ventaja particular?

**La teoría de Darwin: muchas preguntas encuentran sus respuestas**

- Poco después de regresar de su viaje se topó un tratado sociológico breve, que había sido publicado en 1798 por el economista político inglés Thomas Malthus. En ese tratado, Malthus advertía que la población humana estaba incrementándose con tanta rapidez, que en poco tiempo sería imposible alimentar a todos los habitantes de la Tierra. Darwin pensó que la conclusión que la disponibilidad de alimentos y otros factores limitan el crecimiento de la población, podría ser válido para todas las especies, no sólo para la humana.

Calculó que una sola pareja de elefantes, una de las especies de reproducción más lenta, es capaz de producir una población de 19 millos de elefantes en 750 años, si toda la progenie sobreviviera. Pero en realidad, una pareja de elefantes sólo produce un promedio de 2 descendientes por generación. Entonces se preguntó: ¿por qué sólo 2 crías entre toda la progenie de esa pareja llegan a ser adultos y a reproducirse? ¿Por qué esos dos en particular?, Darwin llamó selección natural a ese proceso por el cual esos dos sobrevivientes resultan favorecidos.

- La selección natural, según Darwin era un proceso análogo a la practicada por los mejoradores vegetales o animales. En la selección artificial, los humanos elegimos especímenes con características deseadas, para reproducirlos. Mientras en la selección artificial son los humanos los que deciden qué características resultan beneficiosas, en la selección natural, el éxito reproductivo diferencial de los organismos es el resultado de la competencia por los recursos. Si por ejemplo, algunos caballos son más veloces que otros, y esto les confiere una ventaja al darle la oportunidad de escapar de los predadores, y de sobrevivir y reproducirse, su progenie, que también poseerá esa cualidad, también tendrá más oportunidades de dejar más descendientes que los caballos menos veloces. Así la proporción de caballos veloces irá aumentando en la población, de generación en generación.

Según Darwin, las poblaciones hereditarias que aparecen en cada población son una cuestión de azar, no las produce el ambiente, ni una fuerza creadora, ni el esfuerzo inconsciente del organismo: se establece en forma aleatoria. Esta es una gran diferencia con respecto al planteo de Lamarck.

En 1852, Darwin publicó El Origen de las Especies. El marco conceptual descansa en 5 premisas básicas:

- a) Los organismos provienen de organismos similares a ellos, o sea, hay estabilidad en el proceso de reproducción
- b) En la mayoría de las especies, el número de descendientes que sobreviven y se reproducen en cada generación es menor que el número inicial de descendientes.
- c) En cualquier población existen variaciones entre individuos y algunas de estas variaciones son heredables.
- d) El número de individuos que sobreviva y se reproduzca dependerá de la interacción entre las variables heredables individuales y el ambiente. Algunas variaciones capacitan a ciertos individuos para vivir más tiempo y dejar mayor descendencia otros en una ambiente determinado. Darwin llamó a estas variaciones favorables, y sostuvo que estas tendían a ser más frecuentes de una generación a otra
- e) Dado un tiempo suficiente, la selección natural, actuando sobre dos poblaciones de organismos de una misma especie, puede producir una acumulación de cambios, tal que esas poblaciones terminen constituyendo dos especies diferentes.

Evolución convergente: Los organismos que ocupan ambientes similares suelen parecerse entre sí, aunque tengan un parentesco muy lejano. La adquisición, de manera independiente, de adaptaciones equivalentes ocurre porque esos organismos están sujetos a presiones selectivas similares. Por ejemplo, en su anatomía externa, la ballena, es similar a ciertos peces cartilagosos, como los tiburones y a peces óseos grandes, tanto en su forma hidrodinámica, como en otros aspectos externos. Sin embargo las ballenas son mamíferos, y sus aletas, a diferencia de los peces, ocultan estructuras anatómicas remanentes de una mano de tetrápodos. Otro ejemplo lo proporcionan el conejo europeo, la liebre patagónica, y la liebre a rayas de Australia. Aunque no están emparentados cercanamente, estos mamíferos tienen aspecto muy similar que fue adquirido por mecanismos evolutivos separados, a partir de presiones de selección similares. Por otra parte dos familias de plantas de plantas que invadieron los desiertos en diferentes partes del mundo originaron a los cactus y las euforbias. Ambas familias tienen tallos carnosos grandes, con tejidos capaces de almacenar reservas de agua, y espinas protectoras. Sin embargo, sus flores son muy diferentes, lo que refleja que sus orígenes evolutivos son lejanos

Evolución divergente: Ocurre cuando una población, o un fragmento de población, se aísla del resto de la especie, y debido a presiones selectivas particulares, sigue un curso selectivo diferente. Hace aproximadamente 1,5 millones de años, *Ursus arctos* (oso pardo), se dispersó por todo el hemisferio norte, desde los bosques caducifolios, a través de los bosques de coníferas, hasta la tundra. Las evidencias fósiles indican que durante una de las glaciaciones masivas del pleistoceno, una población de osos pardo se separó del grupo principal, y bajo la intensa presión selectiva de un ambiente hostil, originó al oso polar (*Ursus maritimus*)

Coevolución: Cuando las poblaciones de dos o más especies establecen interacciones tan estrechas, que cada una constituye una fuerza selectiva que opera sobre la otra, ocurren ajustes simultáneos que dan como resultado un proceso de coevolución. Un ejemplo es la coevolución de las plantas con flores y sus polinizadores. Las plantas, al ser inmóviles presentan distintos mecanismos mediante los cuales el gameto masculino alcanza al óvulo. Muchos tipos de plantas son polinizadas por el viento, mientras que otras lo son por los insectos. Las plantas más atractivas para los insectos habrían sido visitadas con más frecuencia, polinizadas, y en consecuencia habrían producido más semillas. Cualquier variación aleatoria que hiciera más frecuentes las visitas, o más eficiente la polinización habría representado una ventaja inmediata; de esta forma más prole habría sobrevivido. Una variación que se incorporó, en relación con esta presión de selección son los nectarios (estructuras secretoras de néctar), que resultan particularmente atractivos para los

polinizadores. En muchas plantas también se originaron flores de colores llamativos que permiten a los insectos identificar la presencia de néctar y otros alimentos.

Otro ejemplo de coevolución es el que presentan las plantas y sus predadores. Varias especies vegetales han desarrollado defensas químicas, que por ser tóxicas, de mal sabor o ambas cosas a la vez, desalientan la depredación por los herbívoros. La coevolución ha llevado a que algunas especies desarrollen mecanismos sofisticados que les permiten eludir la acción de estas sustancias, e incluso pueden aprovecharlas de manera ventajosa. La oruga de las mariposas monarca, tienen enzimas que les permiten alimentarse de esas plantas, sin envenenarse. Las sustancias ingeridas persisten en la forma adulta, y así las mariposas adquieren un sabor desagradable, y son tóxicas para las aves que podrían depredarlas. Como parte de esa misma estrategia defensiva, las mariposas monarca tienen colores conspicuos que advierten del peligro a los depredadores y los desalientan. Los que aparecen seguidamente en la escena evolutiva son varias especies de mariposas que no tienen mal sabor ni son venenosas, pero que poseen una coloración similar a las de las monarca, y de este modo evitan la depredación.

Extinción: es un fenómeno tan frecuente y bien documentado en el registro fósil, que pone en evidencia que el destino de toda especie es extinguirse. Cuando se estudia la historia de la diversidad biológica, se puede apreciar que sólo una pequeña fracción de las especies que han vivido alguna vez están presentes en la actualidad. Las especies actuales representan sólo el 0,1 % de la biodiversidad global, es decir del conjunto de especie que han existido a lo largo de la historia de la vida de la Tierra. Hay períodos, en los que se produce una disminución apreciable de la diversidad, y se los conoce con el nombre de extinciones masivas. La mayor extinción masiva ocurrió hacia finales del período Pérmico, hace 248 millones de años, cuando se extinguió el 80-85% de las especies que entonces. Los registros fósiles muestran que la extinción de grupos enteros de organismos, abrió nuevas oportunidades para los grupos que sobrevivieron. En cada extinción masiva, el curso de la evolución fue alterado de manera decisiva; algunas ramas del árbol evolutivo fueron eliminadas, mientras que otras experimentaron nuevas y vastas diversificaciones.

## **INTERACCIÓN ENTRE ORGANISMOS VIVOS Y AMBIENTE**

En la primera parte de esta cartilla, hicimos referencia a los niveles de organización de la materia viva, definiendo los conceptos básicos de Ecología, especie, población, comunidad, ecosistema, y biósfera. También definimos los conceptos de hábitat y nicho ecológico; esos

términos técnicos son fundamentales para la comprensión de cualquier texto de Ecología, por lo que debemos tenerlos siempre presentes.

En esta sección abordaremos algunos aspectos específicos de la Ecología, y su impacto en la distribución de las especies.

### **Los organismos y el ambiente**

El ambiente donde vive un organismo abarca factores abióticos (físicos y químicos, como la temperatura, luz, agua y nutrientes), y bióticos, o sea todos los organismos (biota), que forman parte del ambiente donde se encuentra el individuo. Otros organismos pueden competir con un individuo por los alimentos y otros recursos, convertirlo en presa, parasitarlo, proporcionarle alimentos, o cambiar las características físicas y químicas de su ambiente.

El tema de la influencia relativa de los diversos componentes ambientales, tanto abióticos como bióticos, suele ser el núcleo central de los estudios ecológicos. Por ejemplo, en la figura 39 se muestra la distribución geográfica del canguro rojo en Australia, y se ilustra el fundamento de dos aspectos ecológicos comunes: ¿qué factores ambientales limitan el ambiente geográfico, o la distribución de esta especie?, y ¿qué factores determinan su abundancia? En la figura 39 se presentan algunos de los factores abióticos que los ecologistas podrían considerar. Se debe señalar que esta especie no se desarrolla en la periferia de Australia, donde el clima varía de húmedo a muy húmedo. También se aprecia que son más abundantes en unas pocas áreas, que se representan en la Figura 39 con color marrón oscuro y naranja, donde el clima es más seco y más variable de un año a otro. Cerca de los extremos de su distribución geográfica, donde el clima es más húmedo que en el interior, y el mapa está sombreado de color marrón claro, esta especie escasea.

Estos patrones sugieren que un factor abiótico, como la cantidad y variabilidad de las precipitaciones, influye en la distribución de los canguros rojos en Australia. Sin embargo, ¿sólo los factores abióticos afectan la distribución de la especie? Es probable que estos factores abióticos influyan en las poblaciones de estos animales de manera indirecta, a través de factores bióticos, como por ejemplo patógenos, parásitos, competidores, depredadores, y disponibilidad de alimentos. Por ejemplo, ¿albergan las regiones más húmedas patógenos y parásitos letales para la especie?

Por lo general los ecologistas deben considerar muchos factores e hipótesis alternativas, cuando intentan explicar patrones de distribución y de abundancia.

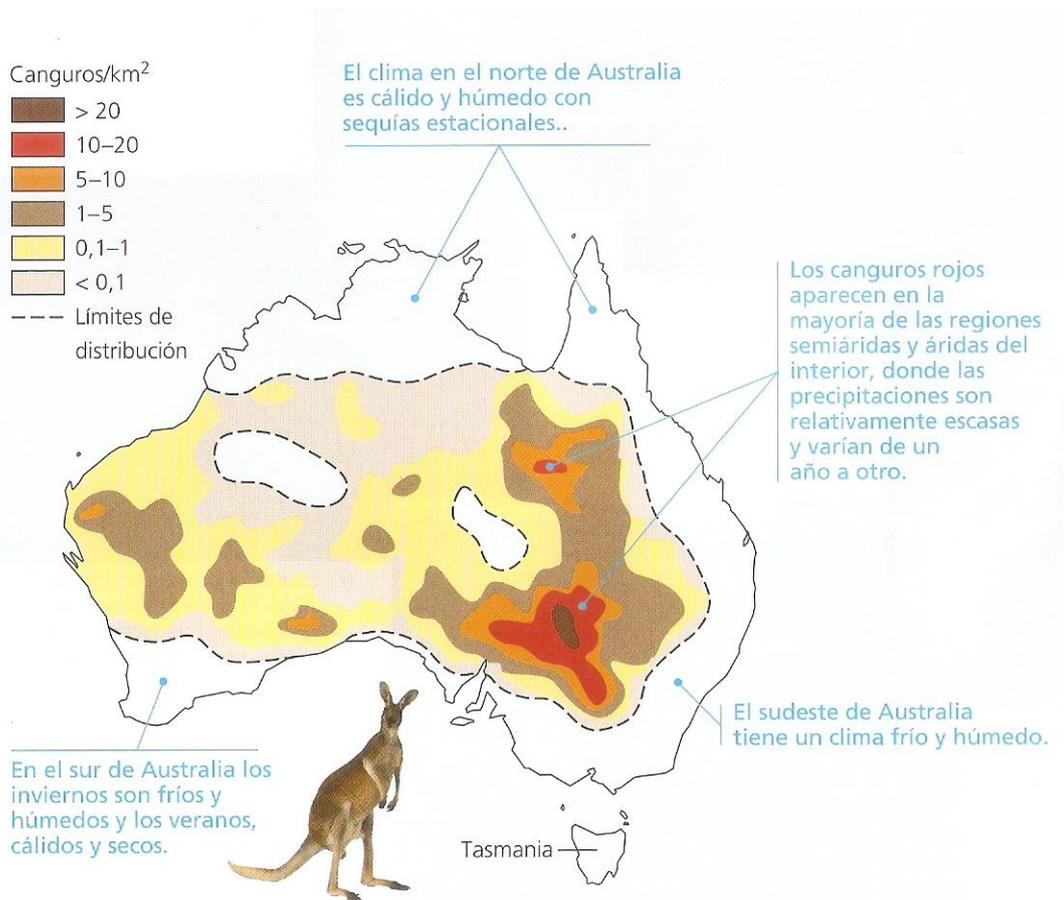


Figura 39. Distribución y abundancia del canguro rojo en Australia, con base en observaciones aéreas. Según Campbell et al., 2007.

### Pirámides poblacionales

Las pirámides poblacionales son gráficos, del tipo de doble histograma de frecuencias. Las barras del doble histograma se disponen en forma horizontal, y convencionalmente se indican los grupos de edad de la población masculina a la izquierda, y femenina a la derecha

A su vez, en el eje de las ordenadas se disponen e identifican los grupos de edad, por lo general, de cuatro en cuatro años (0 a 4, 5 a 9, 10 a 14, etc.), colocando las barras de menor edad en la parte inferior del gráfico y aumentando progresivamente hacia la cúspide las edades de cada intervalo.

La escala de las abscisas puede representar valores absolutos (es decir, número de habitantes de cada grupo de edad y sexo), o relativos, es decir porcentajes de cada grupo de edad y sexo con relación a la población total. La ventaja de mostrar los datos relativamente es que podríamos comparar dos pirámides de población diferentes, ya que se basan en porcentajes o valores relativos.

Las pirámides poblacionales pueden tener distintas formas (Figura 40):

a) En expansión: de base ancha y cima pequeña, indica que existe una mayor proporción de jóvenes en etapa pre-reproductiva, por lo que se puede esperar un aumento de la población en los próximos años. Este tipo de pirámide es característica de países en vías de desarrollo.

b) Estable. La proporción de individuos va decreciendo gradualmente, desde los grupos más jóvenes, hacia los mayores.

c) En colapso: La proporción de individuos en etapa pre-reproductiva es menor a la de individuos de edad reproductiva. Como consecuencia, con el transcurso de los años es de esperar una disminución en la proporción de jóvenes, y un aumento en la de ancianos. En casos extremos, la pirámide se invierte, con mayor proporción de ancianos que de jóvenes, como es el caso de los países desarrollados de Europa Occidental.

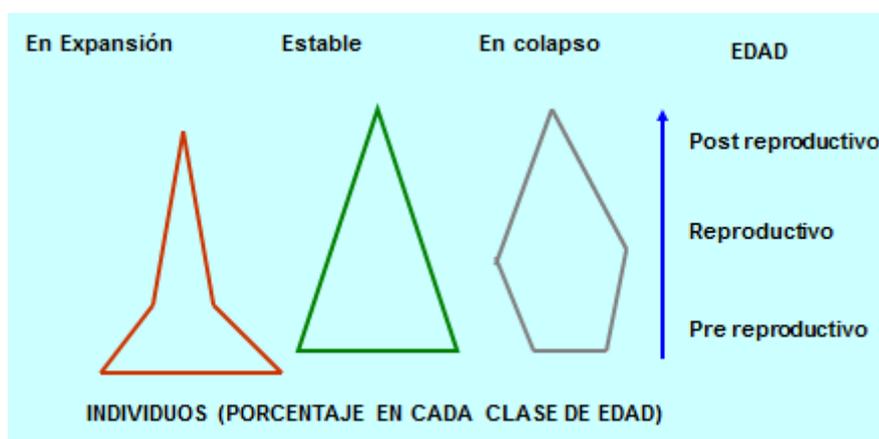


Figura 40. Distintas formas de pirámides poblacionales.

En Argentina, la pirámide poblacional del censo del año 2010 muestra la profundización del estrechamiento de la base, es decir de las edades de 0 a 4 años y el ensanchamiento en la cúspide de la pirámide (más de 65 años). En los adultos mayores es marcada la presencia de mujeres en relación a los hombres. La proporción de adultos de más de 65 años ya supera el 10,2% a nivel total país, siendo la Capital la que concentra más personas mayores, con un 16,4%, informó el INDEC en base a los datos del Censo.

Asimismo, en el país ya se contabilizan unas 3.500 personas que tiene más de 100 años de las cuales 2.703 son mujeres. Sin embargo, aún en el país no está tan desarrollado este mercado potencial con servicios específicos para la tercera edad (edificios especiales, turismo especializado, entre otros) como ocurre en Europa o los Estados Unidos.

El interior de la provincia de Buenos Aires, Santa Fe, La Pampa, Córdoba, Buenos Aires, Entre Ríos, Mendoza supera en población adulta al total del país, en tanto Tierra del Fuego (3,8) y Santa Cruz con (5,3) y en tercer lugar Misiones 6,3 son las provincias con menor proporción de personas mayores.

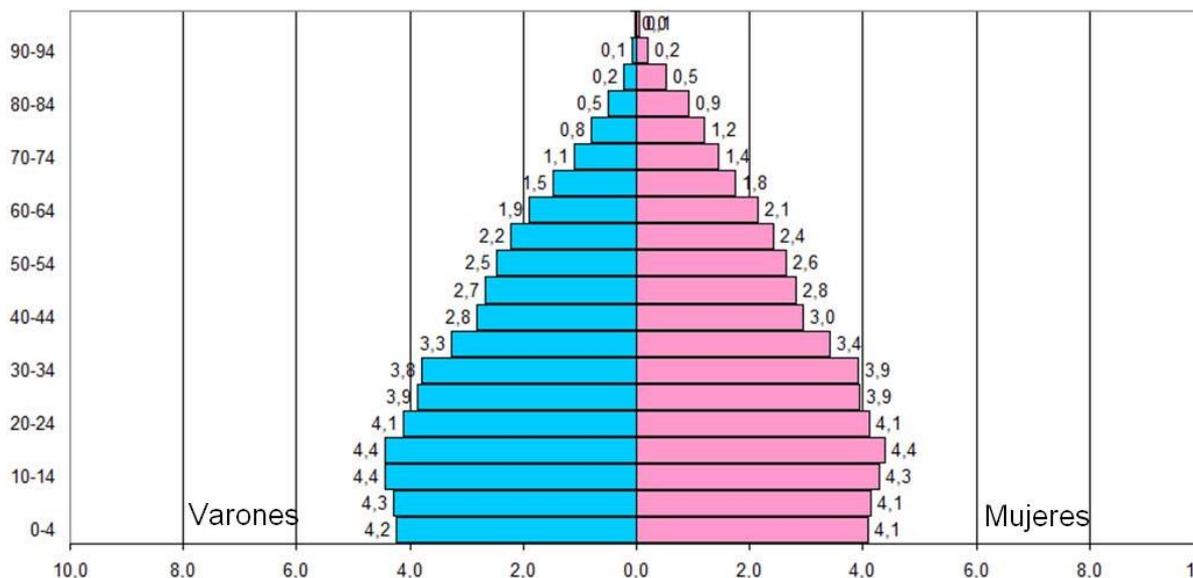


Figura 41. Pirámide poblacional de la República Argentina. Fuente: INDEC, Censo año 2010.

Estos datos tendrán un gran impacto en la formación y campo laboral de los futuros Médicos argentinos. Deberá desarrollarse un sistema de salud adaptado a una población que envejece rápidamente, con una infraestructura acorde, Médicos especializados en Geriátrica, y en patologías propias de la tercera edad.

### IMPACTO ECOLÓGICO DE LA INTERACCIÓN DE LA ESPECIE HUMANA

Para investigar...

- a) ¿Qué es el efecto invernadero, qué gases lo producen, y cuál será el impacto sobre nuestro planeta? Proponga posibles soluciones para esta problemática.
- b) ¿Cuáles son los problemas ecológicos más relevantes en nuestra provincia, y su efecto sobre la salud?

**BIBLIOGRAFÍA SUGERIDA**

Alberts, B.; Bray, D.; Hopkin, K.; Johnson, A.; Lewis, J.; Raff, M.; Roberts, K.; Walter, P. *Introducción a la Biología Celular y Molecular*. 3º Edición. Editorial Médica Panamericana. 2011.

Campbell, N. Reece, J. *Biología*. 7. Edición. Editorial Médica Panamericana. 2007.

Curtis, H; Barnes, N.; Schnek, A.; Massarini, A. *Biología*. 7. Edición. Editorial Médica Panamericana. 2008.

De Robertis, E.; Hib, J. *Biología Celular y Molecular*. 16º Edición. Editorial FORMED. 2012.