

# *Biología*



## *Módulo II*

*Dra. Karen Larsen*

*Dr. Roberto Najle*

*Dra. Silvana Scarcella*

Material de apoyo al curso articulatorio para el ingreso a la Facultad de  
Ciencias Veterinarias - UNCPBA

2018

---



## MODULO 2



### Origen de la célula

#### Objetivos

---

En esta Unidad vamos a describir la formación de la Tierra y presentar un posible escenario para la evolución química de la vida entre 4 y 3,5 millones de años. Se cree que las condiciones de la Tierra primitiva han favorecido la formación espontánea de monómeros orgánicos, la vinculación de estos monómeros en polímeros, la agrupación de los agregados de moléculas orgánicas en gotas (llamados protobiontes) que se fueron capaces del metabolismo y reproducción, así como el desarrollo de poder auto replicar su información genética de manera de ser capaz de dirigir el metabolismo y la reproducción.

A partir de esta primera célula, ha evolucionado una increíble diversidad biológica. Este grupo heterogéneo de organismos ahora se clasifica en cinco reinos: Monera, protista, planta, hongo y animal.

En esta unidad también se describe el flujo de energía y los ciclos biogeoquímicos a través de los ecosistemas. Elementos químicos, tales como el carbono, el oxígeno, el nitrógeno y el fósforo, se reciclan en el ecosistema de los reservorios en la atmósfera, los océanos o el suelo a través de los productores, consumidores y descomponedores, y vuelven de regreso a los reservorios.

#### Introducción

---

##### *Se forma la Tierra*

Nadie sabe con exactitud cuándo o cómo comenzó su existencia la célula viva. Las evidencias disponibles sugieren que la vida surgió en forma espontánea de compuestos no vivos mediante el autoensamblaje de moléculas simples.

Los geólogos estiman que el Universo habría comenzado hace 5.000 millones de años luego de una gran explosión conocida como "Big Bang" (ocurrida hace 10 y 20 mil millones de años). A partir de una condensación de gas y polvo se habría formado el sistema solar. Cuando la Tierra, al igual que los planetas, se formaba la energía mantenía sus interiores calientes y la superficie de la Tierra estaría en estado turbulento y casi líquida; los materiales más pesados comenzaron a concentrarse en un núcleo denso y al enfriarse la superficie fue formándose una corteza externa. Durante los primeros 1.000 millones de años no era un lugar muy



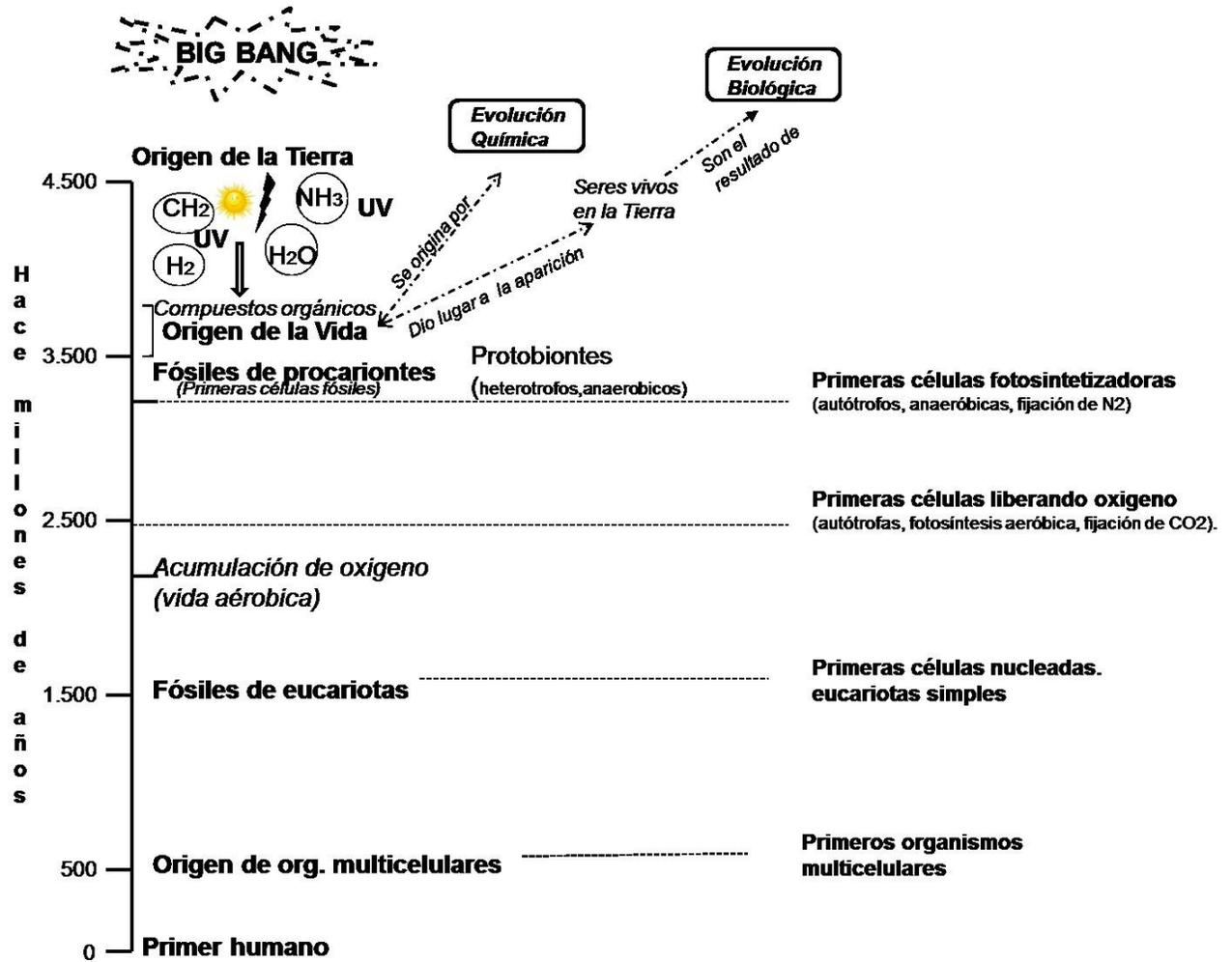
## AREA DE BIOLOGIA DEL PROGRAMA ARTICULATORIO

---

hospitalario para los seres vivos y de hecho no había vida. Se postula que la atmósfera estaba formada principalmente por hidrógeno y helio, que pronto escaparon al espacio y fueron reemplazados por los gases presentes en las emanaciones volcánicas y el agua en estado de vapor proveniente del interior del planeta. Al bajar aún más la temperatura, el agua se condensó y formó los océanos.

Las propiedades de la atmósfera, de los océanos y del clima del joven planeta, eran muy diferentes de los de la Tierra actual. Los biólogos A. I. Oparin y J. B. Haldane, postularon que la aparición de la vida fue precedida por un período de *evolución química*, Probablemente no había o había muy poco oxígeno libre y los elementos mayoritarios que forman parte de todos los seres vivos (hidrógeno, oxígeno, carbono y nitrógeno) estaban disponibles en el aire o en el agua; en forma de monóxido de carbono(CO), dióxido de carbono(CO<sub>2</sub>), nitrógeno(N<sub>2</sub>) y vapor de agua(H<sub>2</sub>O) ,posiblemente con cierta cantidad de metano(CH<sub>4</sub>) y amoniacó(NH<sub>3</sub>). La energía abundaba en forma de calor, rayos, radiactividad y radiación solar. En estas condiciones, en microambientes relativamente protegidos de las severas condiciones ambientales, se habrían formado moléculas de complejidad creciente. Es decir que las primeras células fueron precedidas por una evolución química que produjo primero pequeñas moléculas orgánicas, las cuales se unieron posteriormente para formar polímeros (proteínas y ácidos nucleicos).

Esquema conceptual



### Experimentos de simulación

Los experimentos que simulan las condiciones de la Tierra primitiva (Stanley Miller, 1953) han confirmado que la generación de moléculas complejas en tales condiciones no solo es posible, incluso probable. Miller demostró que casi cualquier fuente de energía puede convertir moléculas simples en una variedad de compuestos orgánicos complejos. Aunque ahora se considera que la atmósfera primitiva no se parecía a la que simuló Miller, su experimento demostró que la formación espontánea de sustancias orgánicas a partir de moléculas inorgánicas simples es posible.

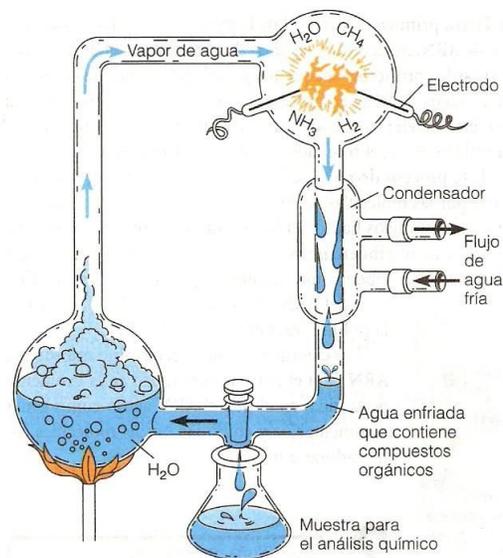


Figura 7

**Esquema del experimento:** Miller simuló en el laboratorio las condiciones que habrían imperado en la Tierra primitiva. Hizo circular el gas hidrógeno ( $H_2$ ), el vapor de agua, el metano ( $CH_4$ ) y el amoníaco ( $NH_3$ ) permanentemente entre el "océano" y la "atmósfera" de su dispositivo. El "océano" se calentaba, el agua se evaporaba y pasaba a la "atmósfera", donde se producían descargas eléctricas. El vapor de agua, al ser refrigerado, se condensaba y el agua líquida arrastraba las moléculas orgánicas recién formadas. Estas moléculas se concentraban en la parte del tubo que conducía al "océano". Al cabo de 24 horas, cerca de la mitad del carbono presente originalmente como metano se había convertido en aminoácidos y otras moléculas orgánicas. Ésta fue la primera evidencia experimental de la teoría de Oparin.

Sin embargo, el paso crítico para la evolución de la vida tuvo que ser la aparición de moléculas que podían replicarse y también actuar como moldes para la síntesis de



## AREA DE BIOLOGIA DEL PROGRAMA ARTICULATORIO

---

grandes moléculas con formas complejas, aunque estables. Miller afirmó "la diferencia esencial entre la vida y la no vida es la replicación".

Los ácidos nucleicos, los únicos polímeros que pueden replicarse y almacenar información genética, fueron los polímeros esenciales. El primer material genético y las primeras enzimas podrían haber sido moléculas de ARN. Uno de los mayores desafíos de la investigación sobre el origen de la vida es encontrar una explicación posible acerca de la aparición y vinculación del DNA, el ARN y las proteínas. La idea más aceptada es que el RNA habría sido el primer polímero que realizó las tareas que el ADN y las proteínas llevan a cabo actualmente en las células.

### La evolución biológica comenzó cuando se formaron las células

---

El siguiente paso crítico en el origen de la vida fue la inclusión de las moléculas biológicas complejas dentro de *membranas*, que las mantuvieron juntas e incrementaron su frecuencia de interacción. Las moléculas de lípidos constituyeron el componente crítico porque estas moléculas no son solubles en agua y dan lugar a membranas en forma de películas o láminas. Estas películas tienden a formar *vesículas* esféricas, que pueden contener encapsulados en su interior determinados conjuntos de moléculas biológicas. Los científicos postulan que hace 3.800 millones de años, este proceso natural de formación de membranas dio lugar a las primeras células capaces de autoreplicación, un evento que marcó el comienzo de la evolución biológica. Durante 2.000 millones de años después de la aparición de las primeras células, todos los organismos fueron unicelulares. Estos primeros organismos unicelulares fueron procariontes. La estructura de la célula procarionte consiste en DNA y otras sustancias bioquímicas encerradas dentro de una membrana. Estos primeros procariontes se hallaban confinados a los océanos, donde existía una abundancia de moléculas complejas que podían utilizar como materias primas y fuentes de energía. Los océanos los protegieron de los efectos letales de la luz ultravioleta, muy intensa en aquel tiempo debido a la ausencia de oxígeno en la atmósfera y, en consecuencia, de la capa protectora de ozono.

La suma total de todas las reacciones químicas que tienen lugar en el interior de una célula constituye el *metabolismo celular*. A fin de controlar ese metabolismo, los primeros procariontes tomaron moléculas directamente del ambiente, degradándolas en otras más pequeñas y liberando así la energía contenida en los enlaces químicos.

Muchos científicos sostienen que las primeras células vivas fueron heterótrofas. Al disminuir los recursos, la competencia aumentó y sobrevivieron las células que los usaban en forma más eficiente. Luego apareció otro tipo de célula, capaz de sintetizar su alimento. Esta ventaja adaptativa se propagó rápidamente. Estas células podrían haber sido autótrofas, quimiosintéticas o fotosintéticas. Muchas de las bacterias extremófilas descubiertas en los últimos años habrían sobrevivido cómodamente en las condiciones de la Tierra primitiva. Las primeras células fotosintéticas fueron probablemente similares a ciertos procariontes actuales denominados *cianobacterias*.



## AREA DE BIOLOGIA DEL PROGRAMA ARTICULATORIO

---

A través del tiempo, los procariontes fotosintéticos se hicieron tan abundantes que grandes cantidades de oxígeno ( $O_2$ ), un desecho metabólico de la fotosíntesis comenzaron a acumularse en la atmósfera. El  $O_2$  resultó tóxico para muchos procariontes que vivían en aquella época. Sin embargo, algunos organismos que lo toleraron pudieron proliferar

A lo largo de millones de años, grandes cantidades de oxígeno liberadas por la fotosíntesis formaron la capa de ozono ( $O_3$ ), ubicada en la alta atmósfera (estratosfera). A medida que esta capa se engrosó, interceptó en mayor grado las letales radiaciones solares ultravioleta. Únicamente en los últimos 800 millones de años la presencia de una densa capa de ozono les permitió a los organismos abandonar la protección de los océanos y vivir en tierra firme.

El registro fósil revela que los primeros organismos vivos eran células semejantes a los procariontes actuales. Estas células fueron las únicas formas de vida en nuestro planeta durante casi 2.000 millones de años, hasta que aparecieron los eucariontes.

### **Las células eucariontes evolucionaron de las procariontes**

---

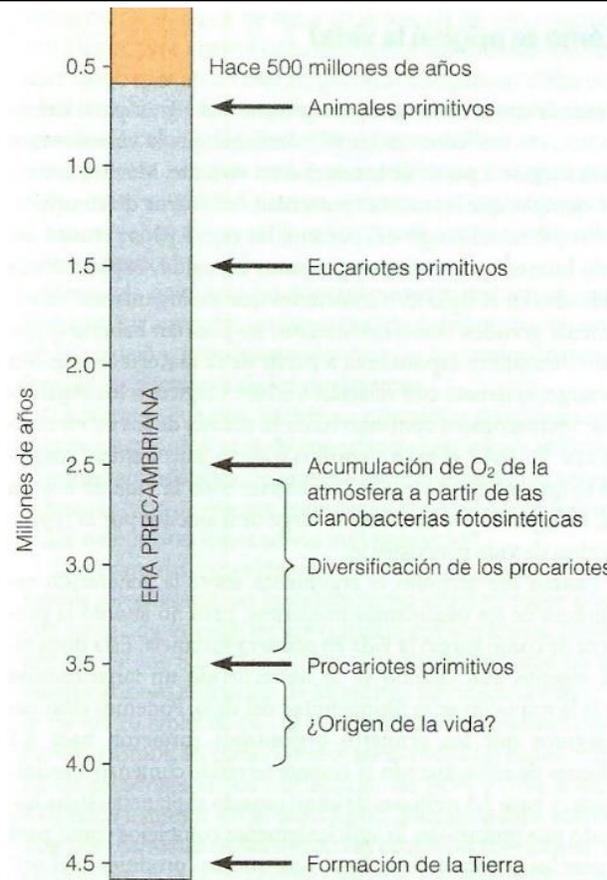
Otro paso importante en la historia de la vida fue la evolución de células con compartimentos intracelulares separados, llamados *organelas*, que fueron capaces de realizar funciones celulares especializadas. Se postula que algunos orgánulos se originaron cuando las células ingirieron otras más pequeñas.

La teoría endosimbiótica, algunas organelas eucarióticas, especialmente las mitocondrias y los cloroplastos, fueron en tiempos pasados bacterias de vida libre que luego se alojaron dentro de otras células. La similitud entre el DNA, las enzimas y la forma de reproducción de esas organelas y las bacterias apoyan esta teoría.

### **Al surgir la multicelularidad, las células se especializaron**

---

Hasta hace algo más de 1.000 millones de años, todos los organismos que existían –sean procariontes o eucariontes– eran unicelulares. Entonces otro paso evolutivo fundamental tuvo lugar cuando algunas células eucariontes no lograron separarse luego de la división celular y permanecieron unidas entre sí. La asociación permanente de células permitió que algunas se especializaran en ciertas funciones, como la reproducción, mientras que otras lo hicieron en variadas funciones, como la absorción de nutrientes y la distribución de éstos a las células vecinas. Esta *especialización celular* permitió un aumento de tamaño de los eucariontes pluricelulares, que se tornaron más eficientes en la recolección de recursos y en la adaptación a ambientes específicos.



**Figura 8**

## La vida de la célula

Gracias a la invención del microscopio, en la década de 1590, por los fabricantes de lentes holandeses Zaccharias y Hans Janssen fue posible el descubrimiento de las células. Los primeros investigadores que mejoraron la tecnología microscópica y la emplearon para estudiar a los seres vivos fueron el holandés Antoni van Leeuwenhoek y el inglés Robert Hooke, hacia mediados y finales de la década de 1600.

Transcurrieron más de cien años antes que los estudios de las células tuvieran adelantos significativos. En 1838, el biólogo alemán Matthias Schleiden y el belga Theodor Schwann arribaron a la conclusión de que los elementos estructurales de las plantas y de los animales eran esencialmente idénticos formulando a partir de sus conclusiones la **teoría celular**, que establece que:

- Las células son las unidades básicas estructurales y fisiológicas de todos los organismos vivos.



## AREA DE BIOLOGIA DEL PROGRAMA ARTICULATORIO

---

- Las células son, a la vez, entidades diferenciadas (autónomas) y bloques constructores de organismos más complejos.

En la actualidad pueden agregarse, pueden agregarse algunas premisas a la teoría celular:

- Todas las células provienen de células preexistentes.
- Todas las células presentan una composición química similar.
- La mayoría de las reacciones químicas de la vida tienen lugar dentro de las células.
- Conjuntos completos de información genética son replicados y distribuidos durante la división celular.

Los organismos vivos están formados por células. Algunos organismos son *unicelulares*, consisten en una única célula que realiza todas las funciones de la vida, mientras que otros son *multicelulares*, compuestos por cierto número de células que se hallan especializadas y cumplen diferentes funciones.

- La célula es el nivel más bajo de la organización biológica que puede llevar a cabo todas las actividades necesarias para la vida.
- La capacidad de las células a dividirse es la base de todo; reproducción, crecimiento y reparación de los organismos multicelulares.
- La célula contiene ADN que es el reservorio de la información genética, esta información hereditaria dirige las actividades de la célula. El ADN es la sustancia de los genes, unidades de la herencia que transmiten la información de padres a hijos y programa la producción celular de proteínas.
- Cada molécula de ADN está constituida por dos largas cadenas dispuestas en una doble hélice. Cada eslabón de la cadena es uno de los cuatro tipos de componentes químicos llamados nucleótidos.

A lo largo del tiempo, han evolucionado dos tipos principales de células estructuralmente diferentes. Las células de los dos grupos de microorganismos llamados Bacterias y Arqueas consisten en células **procariontas**, mientras que todas las demás formas de vida incluidas las plantas y los animales, están compuestas por células **eucariotas**. Las características compartidas o comunes por los dos tipos de células son: están rodeadas o delimitadas por una membrana que regula el paso de materiales entre la célula y sus alrededores y usan el ADN como reservorio de la información genética.

Mientras que las características propias para cada tipo son:

- *Procariotas*: ausencia de organelas, ADN disperso ausencia de núcleo.
- *Eucariotas*: organelas dispersas en el citoplasma, algunas organelas delimitadas por membranas, incluido un núcleo con ADN.

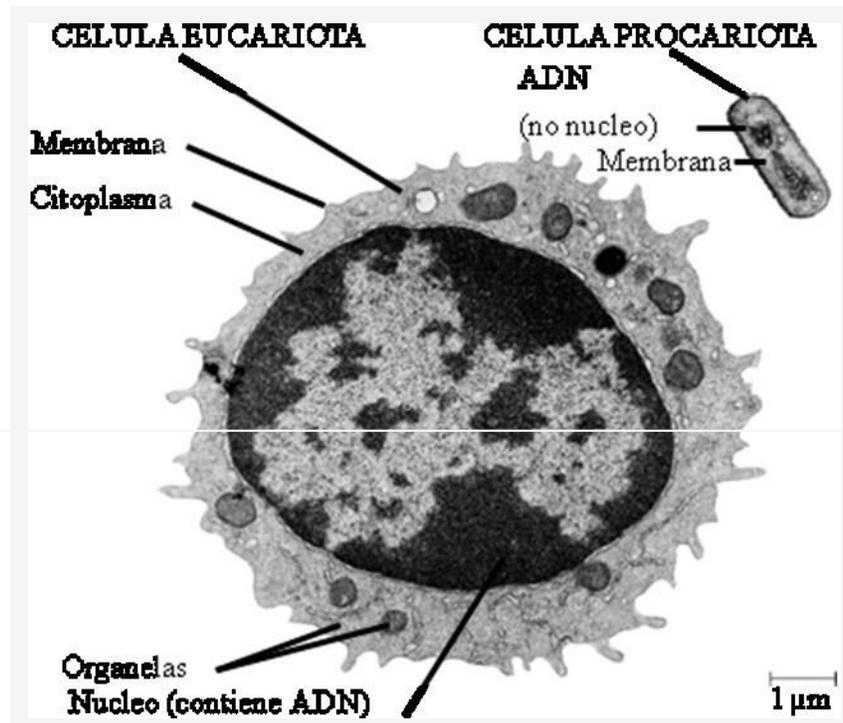


Figura 9

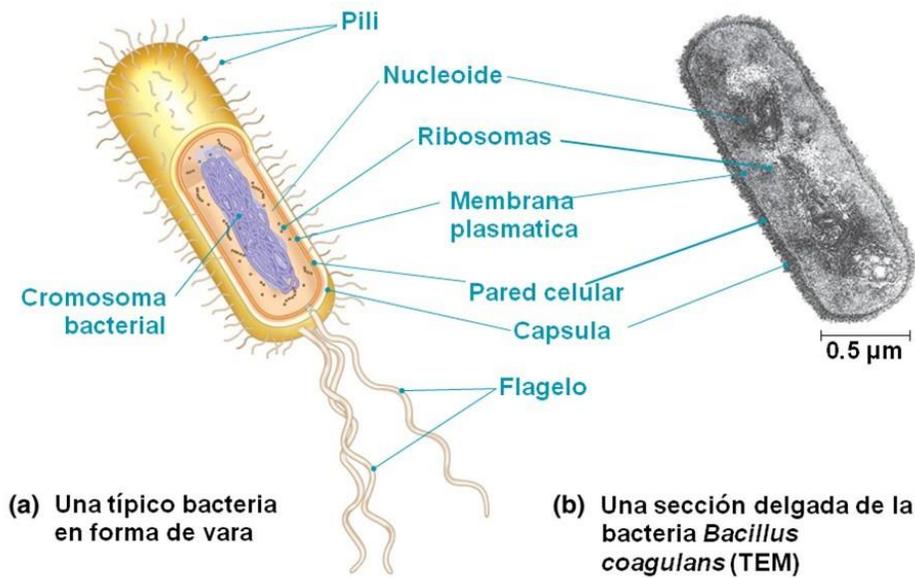
### **Las células procariontes**

Son mucho más simples y por lo general más pequeñas (2 y 8  $\mu\text{m}$  de largo) que las células eucariotas. En una célula procariota el ADN, **NO** está separado del resto de la célula en un núcleo delimitado por una membrana (como ocurre en las eucariotas) pero si se ubica en una zona conocida como *región nucleoide*. Contiene ribosomas que unen aminoácidos y forman polipéptidos, los polímeros que forman proteínas.

La *membrana plasmática* rodea el citoplasma de la célula procariota. Alrededor de la membrana plasmática de la mayoría de las bacterias existe una *pared celular bacteriana* relativamente rígida y químicamente compleja. Esta pared protege a la célula y le ayuda a conservar una cierta forma, en algunas procariotas, existe una cubierta externa

denominada *capsula*, que rodea a la pared celular y protege aun mas la superficie de la célula. Las capsulas participan además en la adhesión de las bacterias a las superficies (por ej. a los tejidos del cuerpo humano).

Además de sus cubiertas externas, algunas bacterias poseen proyecciones en su superficie. Los *pili* son proyecciones cortas que también le ayudan a adherirse a superficies. Los *flagelos procarionoticos* son proyecciones largas que propulsan a la célula procariota a través de un medio líquido.



Copyright © 2005 Pearson Education, Inc. Publishing as Pearson Benjamin Cummings. All rights reserved.

**Figura 10**

### **Las células eucariontes**

Por lo general, las células eucariontes son más grandes y más complejas que las bacterias y las arqueas. Algunas tienen una vida independiente como organismos unicelulares, como las amebas y las levaduras; otras, forman agrupaciones pluricelulares. Los organismos pluricelulares más complejos –p. ej., las plantas, los animales y los hongos– están formados por células eucariontes.

Por definición, todas las células eucariontes tienen un núcleo. Pero la presencia del núcleo con lleva la existencia de una variedad de otros orgánulos, estructuras subcelulares que cumplen funciones especializadas. La mayoría estas estructuras también son comunes a todos estos organismos eucariontes. A continuación, se analizarán desde el punto de vista de *sus funciones* las principales organelas que se encuentran en las células eucariontes.



## AREA DE BIOLOGIA DEL PROGRAMA ARTICULATORIO

---

- ✓ *El núcleo es el depósito de información de la célula*

El núcleo suele ser el orgánulo más destacado de la célula eucarionte (ver figura). Está rodeado por dos membranas concéntricas que forman la *envoltura nuclear* y contiene moléculas de DNA (como moléculas cromosómicas). En su interior se encuentra el nucléolo el cual es responsable de la producción del ARN ribosómico.

Las otras organelas se localizan en el *citoplasma*, la totalidad de la región que se encuentra entre el núcleo y la membrana externa de la célula.

- ✓ *Las mitocondrias generan energía utilizable del alimento para proporcionársela a la célula*

Las mitocondrias están presentes en casi todas las células eucariontes y son uno de los orgánulos más destacados (Fig. célula animal y vegetal). Tienen una estructura muy característica, cuando se los visualiza con el microscopio electrónico: cada mitocondria tiene forma alargada (de salchicha o de gusano), mide entre uno y muchos micrómetros y se halla rodeada de dos membranas separadas.

- ✓ *Los cloroplastos capturan la energía de la luz solar y realizan el proceso de fotosíntesis.*

Los cloroplastos son orgánulos grandes y verdes. El color se debe a la presencia del pigmento clorofila encargado de capturar la luz solar. Esta organela presenta tres membranas: la externa, la interna y la tilacoidal. Se encuentran sólo en las células de plantas y algas, no en las células de animales ni de hongos. (fig. célula vegetal)

- ✓ *Las membranas internas crean compartimientos intracelulares con diferentes funciones.*

Los núcleos, las mitocondrias y los cloroplastos no son los únicos orgánulos delimitados por membranas de las células eucariontes. El citoplasma contiene muchos otros orgánulos –la mayoría rodeados por una sola membrana– que cumplen muchas funciones distintas. La mayor parte de estas estructuras participan en la importación de materiales sin procesar y la exportación de sustancias sintetizadas y productos de desecho. Algunos de estos orgánulos rodeados por membranas están muy agrandados en las células especializadas en la secreción de proteínas; otros son particularmente abundantes en células especializadas en la digestión de cuerpos extraños.

ESQUEMA DE UNA CELULA EUCARIOTA ANIMAL

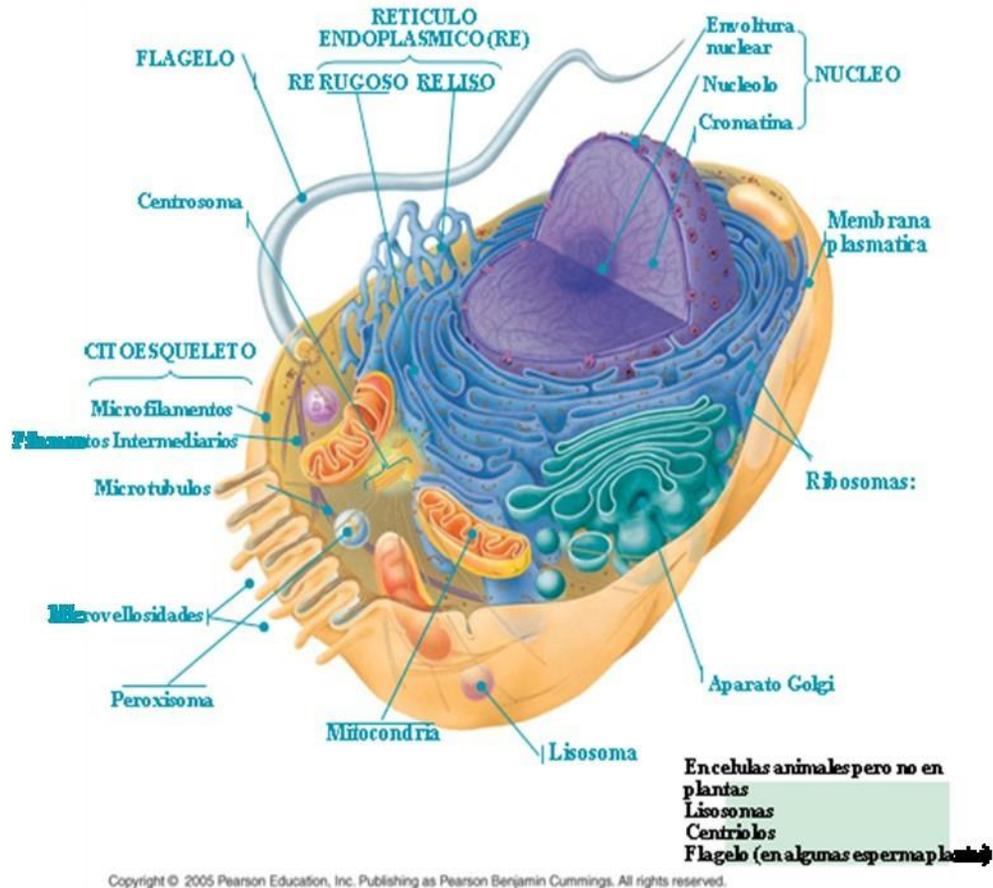


Figura 11

El *retículo endoplásmico (RE)* es un laberinto irregular de espacios interconectados rodeados por una membrana (Fig. célula animal y vegetal). El retículo endoplásmico liso se encarga principalmente del metabolismo de compuestos ajenos a la célula como los tóxicos. El retículo endoplásmico rugoso posee ribosomas adheridos a su membrana y es el lugar en donde se fabrican la mayoría de los componentes de la membrana celular, así como las sustancias (proteínas) que son exportadas por la célula. Sin embargo, también existen ribosomas libres en el citoplasma y estos se encargan fundamentalmente a la síntesis de proteínas citosólicas.

El *complejo de Golgi* (Fig. célula animal y vegetal), compuesto por pilas de sacos aplanados envueltos por membranas, recibe y con frecuencia modifica químicamente las moléculas producidas en el retículo endoplasmático y, después, las envía al exterior de la célula o a diversas localizaciones internas.

Los *lisosomas* (Fig. célula animal) son organelas pequeñas de forma irregular, en los que tiene lugar la digestión intracelular, con liberación de nutrientes de partículas alimentarias y degradación de moléculas no deseadas para su reciclado o excreción.

## Los peroxisomas

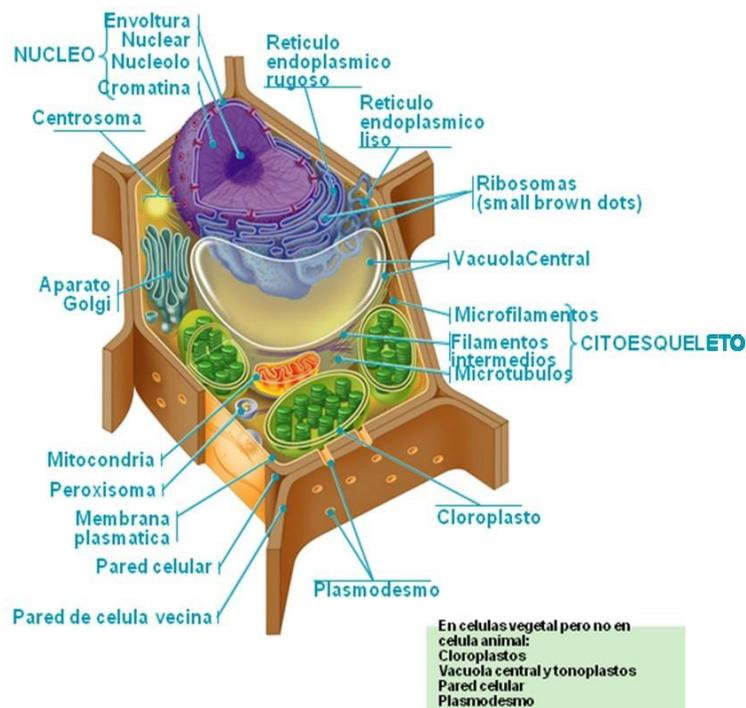
Son vesículas pequeñas rodeadas de membrana que proporcionan un medio contenido para las reacciones que generan o degradan peróxido de hidrógeno, una sustancia química peligrosamente reactiva. Las membranas también forman diversos tipos de *vesículas* pequeñas que participan en el transporte de sustancias entre un orgánulo rodeado de membrana y otro. La Figura de la célula animal y vegetal esquematiza todo este conjunto de orgánulas interrelacionadas.

*El citoesqueleto es responsable de dirigir los movimientos celulares*

El citoplasma no es sólo una sopa de sustancias químicas y orgánulos sin estructura. Con el microscopio electrónico, se puede observar que, en las células eucariontes, el citosol está entrecruzado por filamentos proteicos largos y delgados. Con frecuencia, se observa que los filamentos están fijos por un extremo a la membrana plasmática o que irradian desde un lugar central cercano al núcleo. Este sistema de filamentos se denomina citoesqueleto.

En la mayoría de las células vegetales existe uno o más compartimentos llamados *vacuolas*, delimitados por membranas. Según el tipo celular representan entre el 10 y el 90% del volumen del citoplasma. Existen dudas sobre su origen, se cree que se forman por la fusión entre sí de las vesículas surgidas del Golgi. La principal función de las vacuolas es la de guardar líquidos permitiendo regular el volumen y la turgencia de la célula.

## ESQUEMA DE UNA CELULA EUCARIOTA VEGETAL



Copyright © 2005 Pearson Education, Inc. Publishing as Pearson Benjamin Cummings. All rights reserved.



## Ciclos Biogeoquímicos

Son abundantes las sustancias que circulan a través del sistema: agua, nitrógeno, carbono, fósforo, potasio, azufre, magnesio, calcio, sodio, cloro y también otros minerales como hierro y cobalto que son requeridos por los sistemas vivos solo en cantidades muy pequeñas. Los movimientos de sustancias inorgánicas constituyen ciclos biogeoquímicos porque involucran tanto componentes geológicos como biológicos del ecosistema donde los componentes del entorno geológico son:

La atmósfera: fundamentalmente gases que incluyen el vapor de agua.

La litosfera: corteza sólida de la Tierra.

La hidrosfera: océanos, lagos y ríos que cubren las tres cuartas partes de la superficie terrestre.

Los componentes biológicos de los ciclos biogeoquímicos incluyen a los productores, los consumidores y los descomponedores.

*Productores:* organismo autótrofo, habitualmente fotosintetizador, que contribuye a la productividad primaria neta de una comunidad.

*Consumidores:* un heterótrofo que obtiene su energía de organismos vivos o recién muertos. Los consumidores primarios son herbívoros; los consumidores de un nivel superior son carnívoros.

*Descomponedores:* detritívoros especializados, habitualmente bacterias u hongo, que consumen sustancias como la celulosa y los productos nitrogenados de desechos. Sus procesos metabólicos liberan nutrientes inorgánicos que reutilizan las plantas y otros organismos.

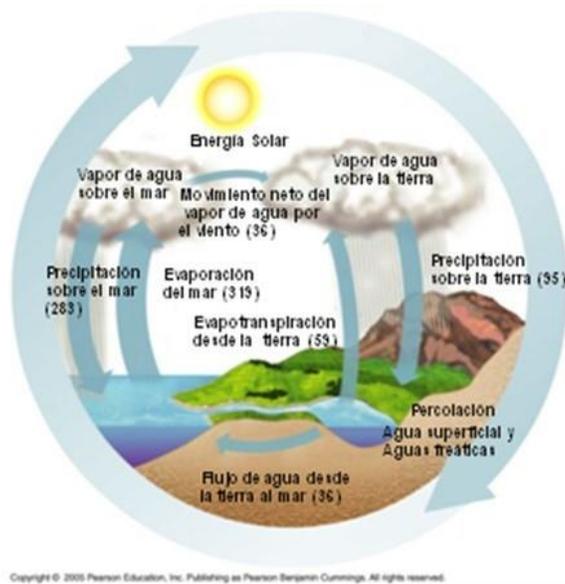
Como consecuencia de la actividad metabólica de los descomponedores, los compuestos orgánicos son degradados a sustancias inorgánicas que quedan disponibles en el suelo o en el agua. Desde allí, estas sustancias se vuelven a incorporar a los tejidos de los productores primarios, pasan a los consumidores y a los detritívoros y luego a los descomponedores, desde los cuales entran de nuevo en las plantas y así se repite el ciclo. Hay un número importante de ciclos biogeoquímicos, nosotros tendremos en cuenta el ciclo del agua, carbono, nitrógeno y fósforo. Otros elementos siguen ciclos similares y difieren solo en algunos detalles.

## Ciclo del agua

El ciclo del agua es producido por el calor proveniente del sol. Los tres procesos producidos por el calor solar, la precipitación, evaporación y la transpiración de las plantas, mueven de manera continua el agua entre el suelo, los océanos y la atmósfera.

La evaporación excede a la precipitación por lo que el exceso de vapor de agua en las nubes se transporta de los océanos a través de la tierra. Sobre la tierra la precipitación forma sistemas de agua superficial (lagos y arroyos) y mantos acuíferos. Todo esto vuelve de regreso al mar, cerrando el ciclo del agua. Este ciclo tiene carácter global ya que es un gran depósito de agua en la atmósfera.

La actividad humana puede transformar el ciclo global de agua una forma de afectarlo es el bombeo de grandes cantidades de aguas freáticas a la superficie para su uso en irrigación otra es la transpiración de la densa vegetación de los bosques tropicales perennifolios (de hojas permanentes).



**Figura 13.** Los números entre paréntesis indican las cantidades reales de agua como trillones (10<sup>18</sup>) gramos por año.

## Conceptos claves del ciclo del agua

### Importancia biológica

El agua es esencial para todos los organismos y su disponibilidad influye en las tasas de los procesos del ecosistema.

- **Las formas biológicamente disponibles**

Agua líquida es la principal forma en que el agua se utiliza.

- **Depósitos** Los océanos contienen el 97% del agua en la biosfera.

2% se une en forma de hielo, y el 1% se encuentra en lagos, ríos y aguas subterráneas.

Una cantidad insignificante en la atmósfera.

- **Procesos claves**

El principal proceso de la conducción del ciclo del agua es la evaporación del agua en estado líquido por energía solar, la condensación del vapor de agua en las nubes y la precipitación.

La transpiración por las plantas terrestres mueve grandes cantidades de agua. El flujo de agua de superficie y subterránea, devuelven el agua a los océanos.

## Ciclo del Carbono

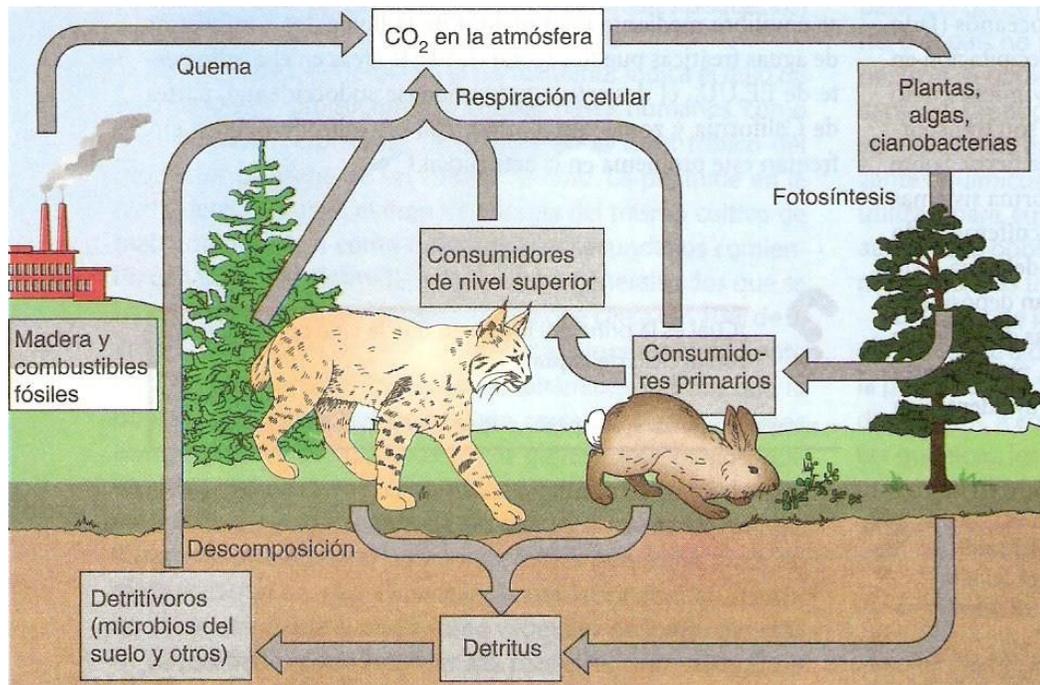


Figura 14



## AREA DE BIOLOGIA DEL PROGRAMA ARTICULATORIO

---

Por medio de la fotosíntesis, alrededor de 100 mil millones de toneladas métricas de carbono se fijan anualmente en los compuestos de carbono, o carbohidratos. Parte de los carbohidratos la usan los propios organismos fotosintetizadores. Las plantas consumen carbohidratos en el proceso respiratorio y liberan  $\text{CO}_2$  desde sus raíces al suelo y desde sus hojas a la atmósfera. Por otra parte, las algas marinas lo liberan en el agua, donde el  $\text{CO}_2$  disuelto se mantiene en equilibrio con el  $\text{CO}_2$  del aire. Otra parte de los carbohidratos la utilizan los animales que se alimentan de plantas vivas, de algas y de otros animales y también liberan  $\text{CO}_2$ . Una cantidad enorme de carbono se encuentra contenida en los cuerpos muertos de las plantas y de otros organismos así como en las hojas caídas, las heces y otras sustancias de desecho que se depositan en el suelo o se hunden hasta los fondos oceánicos, donde los consumen pequeños invertebrados, bacterias y hongos.

La actividad de los organismos descomponedores contribuye notoriamente a la liberación de  $\text{CO}_2$  en el aire y los océanos. Otro depósito de carbono, aún más grande, yace debajo de la superficie terrestre, en forma de carbón y de petróleo, depositados allí hace unos 300 millones de años.

Los procesos naturales de la fotosíntesis y de la respiración a largo plazo tienden a equilibrarse. Durante el extenso tiempo geológico, la concentración de  $\text{CO}_2$  de la atmósfera ha variado de un modo notorio si bien durante los últimos 1.000 años permaneció relativamente constante. El  $\text{CO}_2$  se encuentra en la atmósfera en una proporción muy baja, solo cerca del 0,03% del total de gases del aire. Sin embargo, tiene una función importante ya que es uno de los gases que absorben el calor emitido por la Tierra, lo cual provoca un aumento de la temperatura. Sin ese efecto amortiguador, la Tierra tendría unos  $-20^\circ\text{C}$  y toda el agua estaría congelada; en consecuencia impediría el desarrollo de la vida. Desde 1850, la concentración de  $\text{CO}_2$  en la atmósfera se ha duplicado. Se cree que este aumento se debe al uso a gran escala de combustibles fósiles, la roturación del suelo y la destrucción de las áreas boscosas y selváticas.

Cuando se tala una selva, la oxidación de su biomasa -ya sea porque se quema o por los procesos metabólicos de los descomponedores libera grandes cantidades de  $\text{CO}_2$ . Además, la absorción de este por los vegetales se interrumpe. Por otra parte, se está verificando que, con la elevación de la temperatura, la eficiencia en la producción absoluta de biomasa disminuye en muchas regiones. Entre las consecuencias de este posible aumento de la temperatura del planeta se teme una pequeña elevación del nivel de los océanos -por la fusión de hielos polares-, capaz de inundar muchas islas de escasa altitud y aun grandes ciudades ubicadas en costas marinas bajas.

## Conceptos claves del ciclo del carbono

- **Importancia biológica**

Moléculas orgánicas tienen un marco de carbono.

- **Las formas biológicamente disponibles**

Autótrofos convierten el dióxido de carbono a moléculas orgánicas que son utilizados por los heterótrofos.

- **Depósitos**

Las principales reservas de carbono son los combustibles fósiles, suelos, sedimentos acuáticos, los océanos, las plantas y la biomasa animal, y la atmósfera ( $\text{CO}_2$ ).

- **Procesos clave**

La fotosíntesis por las plantas y fitoplancton fija el  $\text{CO}_2$  atmosférico.

$\text{CO}_2$  se añade a la atmósfera por la respiración celular de los productores y los consumidores.

Volcanes y la quema de combustibles fósiles emiten  $\text{CO}_2$  a la atmósfera.

## Ciclo del Nitrógeno

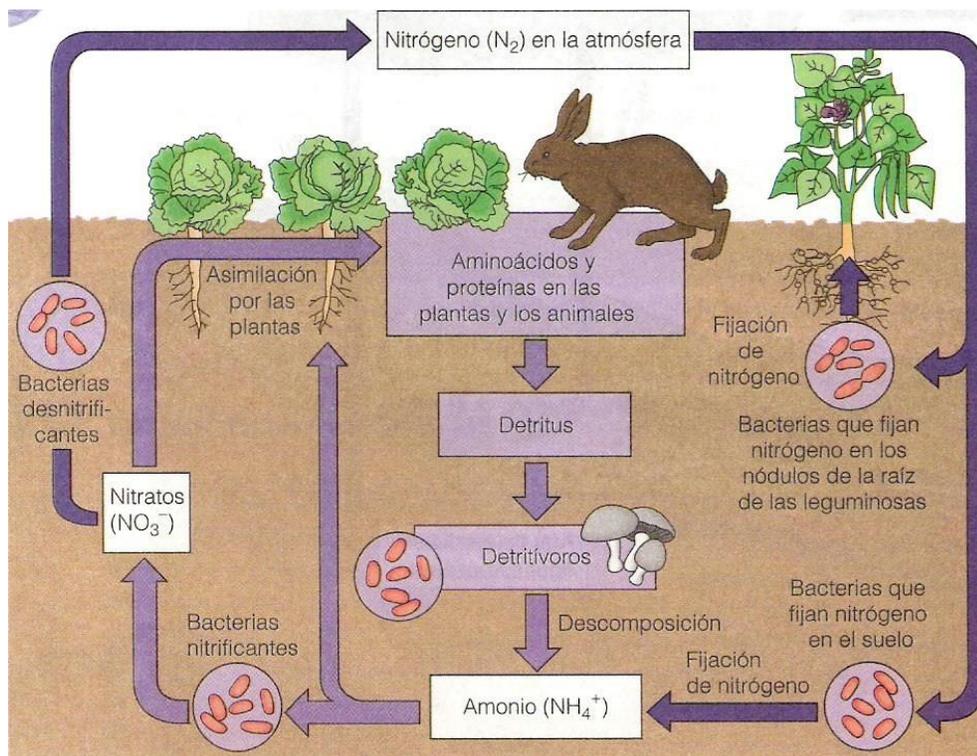


Figura 15



## AREA DE BIOLOGIA DEL PROGRAMA ARTICULATORIO

El principal reservorio de nitrógeno es la atmósfera, en la que constituye hasta el 78% de los gases. Sin embargo, la mayor parte de los seres vivos no pueden utilizar el nitrógeno atmosférico para elaborar compuestos nitrogenados como los aminoácidos y dependen del nitrógeno presente en los minerales del suelo. Por lo tanto, a pesar de la abundancia de nitrógeno en la atmósfera, su escasez en el suelo suele ser el principal factor limitante del crecimiento vegetal. El ciclo del nitrógeno se basa principalmente en las bacterias. La circulación y la recirculación del escaso nitrógeno a través del mundo orgánico y el mundo físico se conoce como ciclo del nitrógeno. Las tres etapas principales de este ciclo son: 1) amonificación, 2) nitrificación y 3) asimilación.

La mayor parte del nitrógeno que se encuentra en el suelo es el resultado de la descomposición de materiales orgánicos, encontrándose en compuestos orgánicos complejos como proteínas, aminoácidos, ácidos nucleicos y nucleótidos. Estos compuestos nitrogenados son degradados con rapidez a compuestos simples por hongos y bacterias del suelo actuando como detritívoros descomponiendo el detritus. Estos microorganismos usan estas moléculas sencillas para construir sus propias proteínas y liberan el exceso de nitrógeno en forma de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) o ion amonio ( $\text{NH}_4^+$ ). Proceso conocido como **amonificación**.

Hay dos grupos de bacterias fijadoras de nitrógeno. Las fijadoras de nitrógeno en el suelo y en nódulos de la raíz de algunas plantas (por ejemplo, en leguminosas,) convierten el  $\text{N}_2$  atmosférico en amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), el cual convierte en amonio ( $\text{NH}_4^+$ ). (En los ecosistemas acuáticos, las cianobacterias son importantes fijadores de nitrógeno.) A su vez, otras bacterias del suelo convierten el amoníaco o el ion amonio en nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ), proceso que se denomina nitrificación.

El nitrito es tóxico para muchas plantas, pero es raro que se acumule ya que otro género de bacterias oxida el nitrito a nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). Las plantas pueden utilizar sólo el nitrógeno en forma de iones nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) o iones amonio ( $\text{NH}_4^+$ ). Aunque pueden utilizar el amonio directamente, el nitrato es la principal fuente de nitrógeno para las plantas entrando por las raíces. Siendo utilizado por las plantas

para producir aminoácidos y proteínas, quedando el nitrógeno disponible más adelante, para los organismos consumidores, la forma en la cual la mayor parte del nitrógeno. Estos procesos liberan energía.

Una vez que el nitrato alcanza la célula vegetal, se reduce nuevamente a amonio. En contraste con la nitrificación, este proceso de **asimilación** requiere energía. Los iones amonio que se forman de esta manera se transfieren a compuestos que contienen carbono y se producen aminoácidos y otros compuestos orgánicos nitrogenados.

Aunque el ciclo del nitrógeno parece cerrado y autoperpetuado, el suelo pierde nitratos continuamente por diversos procesos: las cosechas, la erosión, el fuego, el agua que se infiltra. Cierta grupo de bacterias del suelo (las edáficas) conocidas

como desnitrificantes, contribuyen a esta pérdida: en ausencia de oxígeno completan el ciclo del nitrógeno al convertir los nitratos del suelo en  $\text{N}_2$  atmosférico utilizando los átomos de oxígeno para su propio metabolismo. Este proceso, conocido como



## AREA DE BIOLOGIA DEL PROGRAMA ARTICULATORIO

**desnitrificación**, ocurre en suelos mal drenados (por esa razón, mal aireado). A pesar de estas pérdidas, el ciclo se mantiene fundamentalmente por la actividad de las bacterias fijadoras de nitrógeno, que incorporan el nitrógeno gaseoso del aire a compuestos orgánicos nitrogenados. Así como todos los organismos dependen finalmente de la fotosíntesis para obtener energía, también todos ellos dependen de la fijación de nitrógeno para obtener nitrógeno (ver figura).

*La actividad humana ha alterado el equilibrio del ciclo del nitrógeno en gran cantidad de áreas. Las plantas de tratamiento de aguas residuales por lo general vacían grandes cantidades de compuestos de nitrógeno inorgánico disueltos en ríos o arroyos. Los agricultores aplican de manera rutinaria una gran cantidad de fertilizantes de nitrógeno inorgánico, principalmente compuestos de amonio y nitratos a las tierras de cultivo. Los prados y campos de golf también reciben dosis considerables de fertilizante. Las plantas de cultivo y de prados toman parte de los compuestos de nitrógeno y las bacterias desnitrificantes convierten parte en  $N_2$  atmosférico, pero los fertilizantes químicos exceden por lo general la capacidad natural de reciclaje del suelo. El exceso de los compuestos de nitrógeno con frecuencia entra a los ríos, lagos y aguas subterráneas.*

*En los lagos y ríos, estos compuestos nitrogenados continúan fertilizando, causando un gran crecimiento de algas. La contaminación de las aguas freáticas por fertilizantes nitrogenados es un grave problema en muchas áreas agrícolas. Los nitratos en el agua potable se convierten en nitritos, los cuales pueden ser tóxicos en el tracto digestivo humano.*

### Conceptos claves del ciclo del nitrógeno

#### • **Importancia biológica**

Nitrógeno es un componente de los aminoácidos, proteínas y ácidos nucleicos. Puede ser un nutriente limitante.

#### • **Las formas biológicamente disponibles**

Las plantas y las algas pueden utilizar amonio ( $NH_4^+$ ) o nitrato ( $NO_3^-$ ).

Varias bacterias también pueden utilizar  $NH_4^+$ ,  $NO_3^-$  o  $NO_2^-$ .

Animales sólo pueden utilizar las formas orgánicas de nitrógeno.

#### • **Depósitos**

El principal reservorio de nitrógeno es la atmósfera, que es del 80% de gas nitrógeno ( $N_2$ ).

Nitrógeno también está obligado en los suelos y los sedimentos de lagos, ríos y océanos.

Algo de nitrógeno se disuelve en el agua superficial y subterránea. El Nitrógeno, se almacena en la biomasa viva.

**•Procesos clave**

El nitrógeno entra en los ecosistemas principalmente a través de la fijación de nitrógeno bacteriano.

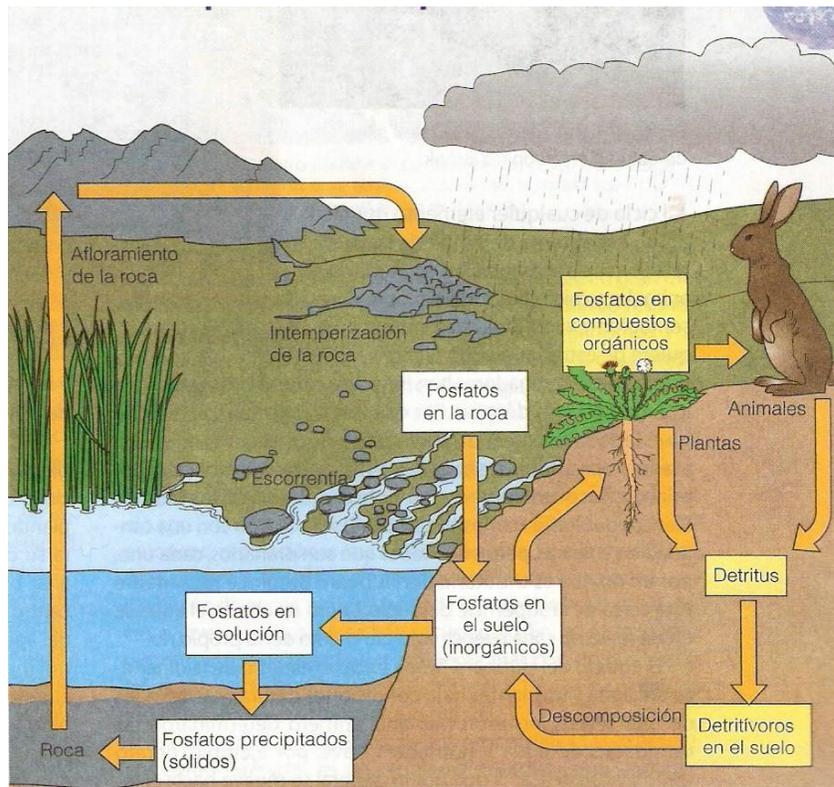
Algunos átomos de nitrógeno se fijan por un rayo y la producción de fertilizantes industriales.

Amonificación por las bacterias descomponen el nitrógeno orgánico

En la nitrificación, las bacterias convierten el  $\text{NH}_4^+$  a  $\text{NO}_3^-$ .

En la desnitrificación, las bacterias utilizan para el metabolismo  $\text{NO}_3^-$  en lugar de  $\text{O}_2$ , liberando  $\text{N}_2$

**Ciclo del Fosforo**



**Figura 16**



## AREA DE BIOLOGIA DEL PROGRAMA ARTICULATORIO

---

A diferencia del nitrógeno, el elemento fósforo tiene sus reservas abióticas principales en las rocas, más que en la atmósfera, por lo que el ciclo del fósforo depende de la intemperización de las rocas, la cual añade fosfatos de manera gradual (compuestos que contienen  $\text{P}_0_4$ ) al suelo. Las plantas absorben los iones fosfatos disueltos en el suelo y los añaden a los compuestos orgánicos. Los consumidores obtienen el fósforo en forma orgánica a partir de las plantas. Los descomponedores regresan los fosfatos al suelo.

Algunos de los fosfatos también se precipitan fuera de la solución en el fondo de los lagos profundos y de los océanos. Los fosfatos en esa forma pueden finalmente volverse parte de nuevas rocas y no estarán dentro de un ciclo de nuevo en organismos vivos hasta que los procesos geológicos eleven las rocas y las expongan a la intemperización.

Debido a que la intemperización es por lo general un proceso lento, la cantidad de fosfatos disponibles a las plantas en los ecosistemas naturales con frecuencia es bastante baja. El crecimiento de las plantas puede, de hecho, verse limitado por la poca cantidad de fosfatos solubles en el suelo. Y en los lagos que no han sido alterados por la actividad humana, un bajo nivel de fosfatos disueltos comúnmente mantiene el crecimiento de las algas a un mínimo, con lo que ayudan a mantener clara al agua. Sin embargo, en muchas zonas, el exceso, más que la limitación de fosfatos es un problema. Al igual que los compuestos nitrogenados, los fosfatos son un componente principal de la salida de aguas residuales. También se les utiliza de manera extensiva en fertilizantes agrícolas y son un ingrediente común en los pesticidas. La contaminación de lagos y ríos por fosfatos, al igual que la contaminación por nitratos, produce un gran crecimiento de algas.

### Conceptos claves del ciclo del fósforo

- **Importancia biológica**

Fósforo es un componente de los ácidos nucleicos, fosfolípidos y ATP y otras moléculas de almacenamiento de energía. Se trata de un componente mineral de los huesos y los dientes.

- **Las formas biológicamente disponibles**

La forma inorgánica sólo de importancia biológica el fosfato ( $\text{P}_0_4$ ), que las plantas absorben y utilizan para sintetizar compuestos orgánicos.

- **Depósitos**

El principal reservorio de fósforo es las rocas sedimentarias de origen marino. También hay grandes cantidades de fósforo en los suelos, disuelto en los océanos, y en los organismos.



**•Procesos clave**

Erosión de las rocas poco a poco añade el fosfato en el suelo.

Algo de fosfato se filtra en el agua subterránea y superficial y se mueve hacia el mar.

Fosfato pueden ser absorbidos por los productores y se incorporan en materia orgánica.

Se devuelve al suelo o al agua a través de la descomposición de la biomasa o la excreción por los consumidores

***La importancia de los vegetales en la retención de minerales***

*Estudios hechos en las selvas tropicales de América Central y del Sur subrayaron la importancia de la vegetación en la retención de minerales. En particular en la selva lluviosa tropical, virtualmente todos los nutrientes minerales son retenidos por los componentes vivos del ecosistema y muy escasamente por el suelo. Cuando los nutrientes inorgánicos son liberados por la acción de los descomponedores, son reabsorbidos de inmediato por las raíces de las plantas. Esto tiene el efecto de evitar la lixiviación de nutrientes del suelo por las lluvias frecuentes, a menudo torrenciales. Cuando se desmonta la selva para implantar cultivos, muchas veces es imposible realizar un segundo cultivo después de que se ha cosechado el primero.*