

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL
Secretaría Académica
Dirección de Articulación, Ingreso y Permanencia
Año 2015



Biología

Conceptos básicos

Unidad 1. Introducción a la Biología

Ana María Gagneten / Alba Imhof / María del Rocío Marini / Juan Marcelo Zabala
Pablo Tomas / Patricia Amavet / Laura Ravera / Nora Ojea

El misterio más maravilloso de la vida bien pudieran ser los medios por los que se creó tanta diversidad a partir de tan poca materia física. La biosfera, todos los organismos combinados, representa sólo una parte en diez mil millones de la masa de la Tierra. Se halla distribuida de forma dispersa a través de una capa de un kilómetro de grosor de suelo, agua y aire que se extiende sobre quinientos millones de kilómetros cuadrados de superficie. Si el planeta tuviera el tamaño de un globo terráqueo ordinario y su superficie se observara lateralmente a la distancia del brazo extendido, el ojo desnudo no podría ver traza alguna de la biosfera. Y sin embargo la vida se ha dividido en millones de especies, unidades fundamentales, cada una de las cuales desempeña un papel único en relación con el conjunto. Otra manera de visualizar lo tenue que es la vida es imaginar que uno está realizando un viaje desde el centro de la Tierra, al ritmo de un paseo relajado. Durante las primeras doce semanas viajaría a través de roca y magma calientes como un horno y desprovistos de vida. Tres minutos antes de llegar a la superficie, con quinientos metros por atravesar todavía, uno encontraría los primeros organismos, bacterias que se alimentan de nutrientes que se han filtrado hasta los estratos acuíferos profundos. Después uno rompería la superficie y durante diez segundos se atisbaría una deslumbrante explosión de vida, decenas de miles de especies de microorganismos, plantas y animales en la línea de visión horizontal. Medio minuto más tarde, casi todos han desaparecido. Dos horas después, sólo quedan las más leves trazas de vida, constituidas en gran parte por los pasajeros de líneas aéreas que, a su vez, están llenos de bacterias del colon.

E. Wilson (1992)

Si elegiste a la Biología como disciplina central en tu formación, mediante este libro intentaremos estimular en vos la motivación que mueve al investigador, la inquietud, la curiosidad sistematizada que caracterizan a la forma de hacer ciencia. También consideramos importante que aprendas a recorrer el camino mental que sigue el científico. Este camino, sin embargo no es único: podríamos decir que *no hay recetas*, pero hay etapas generales que ayudan a formar una mente capaz de operar, en términos generales, científicamente.

Si preguntamos si la Biología es, en principio, una ciencia, seguramente obtendremos una respuesta afirmativa de la mayoría de las personas, pero... ¿te has preguntado qué es la Ciencia? Podemos aventurar que es *un conjunto de conocimientos que el hombre organiza en forma sistemática para explicar el mundo real*. En este marco conceptual, podemos decir que *la Biología es un intento sistemático de satisfacer la necesidad humana de explicación respecto de la estructura y funcionamiento de los seres vivos*.

La Biología, como disciplina, ha recorrido un largo camino. Su desarrollo histórico se inicia como parte de la Filosofía, que estudiaba el mundo real. Los siglos XVIII y XIX muestran avances importantes en la Anatomía, la Zoología, la Botánica, etc. Recién en la segunda mitad del siglo XIX se reconoce la unidad de los seres vivos, y la existencia de fenómenos comunes a todos ellos. A partir de allí se inician las teorías generales aplicables a las propiedades de todos los organismos.

A su vez, la Biología está vinculada estrechamente con las otras ciencias naturales, que se ocupan de niveles de organización menos complejos, y que han generado sus propios principios y generalizaciones. Así, la Anatomía y la Fisiología dependen de conceptos de la Física como por ejemplo de la estática, la dinámica y la resistencia de materiales para explicar las propiedades de un esqueleto; o bien de la hidrostática o hidrodinámica para entender la conducción de líquidos en el sistema circulatorio, la natación de peces y mamíferos acuáticos o el vuelo de las aves. El metabolismo se explica por fenómenos químicos que ocurren a nivel celular; también la comprensión de la transmisión del impulso nervioso requiere de las herramientas conceptuales de la Fisicoquímica. Es por ello que en muchos momentos encontrarás que recurrimos a la Química para entender los complejos procesos vinculados con las sorprendentes manifestaciones de la vida.

1.1. La importancia de la investigación y experimentación en Biología

La investigación científica en Biología es la búsqueda de conocimientos o de soluciones a problemas de carácter científico. Una *investigación* se caracteriza por ser un proceso:

- **Sistemático:** a partir de la formulación de una hipótesis u objetivo de trabajo, se recogen datos según un plan preestablecido que, una vez analizados e interpretados, modificarán o añadirán nuevos conocimientos a los ya existentes, iniciándose entonces un nuevo ciclo de investigación.
- **Organizado:** todos los miembros de un equipo de investigación deben conocer lo que deben hacer durante todo el estudio, aplicando las mismas definiciones y criterios a todos los participantes y actuando de forma idéntica ante cualquier duda. Para conseguirlo, es imprescindible escribir un protocolo de investigación donde se especifiquen todos los detalles relacionados con el estudio.

- Objetivo: las conclusiones obtenidas del estudio no se basan en impresiones subjetivas, sino en *hechos observables* que se han observado y medido, y de este modo en su interpretación se evita cualquier prejuicio que los responsables del estudio pudieran tener.

Ninguna investigación comienza si no se detecta alguna dificultad en una situación práctica o teórica. Es esta dificultad, o problema, la que guía la búsqueda de algún orden entre los hechos, en términos del cual la dificultad pueda solucionarse. Si algún problema es la ocasión para la investigación, la solución del problema es el objetivo de la investigación.

En general, las ciencias tienen diferentes métodos para abordar su objeto de estudio. A la Biología, y en general a las Ciencias Naturales (Física y Química), se las clasifica como Ciencias Aplicadas o Fáticas, ya que:

- Se ocupan de la realidad y sus hipótesis se adecuan a los hechos.
- Sus objetos de estudio son materiales.
- Explican procesos inductivos e hipotético-deductivos.
- Sus enunciados se refieren a sucesos y procesos.

Reconocida la investigación como proceso en la búsqueda de la explicación de sucesos, procesos y fenómenos, es necesario identificar métodos que permitan abordar los objetivos de la investigación.

En Biología, para verificar y confirmar si un enunciado es válido a su objeto de estudio, se requiere de diferentes métodos y técnicas, como la *observación* y la *experimentación*.

La experimentación consiste en el estudio de un fenómeno, reproducido generalmente en un laboratorio o en el campo, en las condiciones particulares de estudio que interesan, eliminando o introduciendo aquellas variables que puedan influir en los resultados. Se entiende por *variable* todo aquello que pueda causar cambios en los resultados de un experimento y se distingue entre variable independiente, dependiente y controlada.

Así, el experimento puede utilizarse como una herramienta para someter a prueba una explicación tentativa frente a un hecho, fenómeno o proceso observado, que en ciencias se denomina *hipótesis* o *hipótesis explicativa*.

La ciencia progresa proponiendo hipótesis y poniéndolas a prueba. Pero... ¿qué es una hipótesis? Una primera respuesta es que *se trata de una explicación tentativa de un proceso o hecho observado*. Pero podemos ampliar la idea e incluir también en esta categoría a *una interpretación de un patrón observado en la naturaleza*.

Las hipótesis científicas se definen como una proposición general (particular o universal) que puede verificarse sólo de manera indirecta, esto es por el examen de sus predicciones. Las predicciones son los resultados esperados bajo el supuesto de que nuestra hipótesis es verdadera (Bunge, 1997).

Todas las hipótesis tienen un valor transitorio, y en general nuevas evidencias empíricas (nuevas observaciones, datos o experimentos) las pueden modificar o refutar. En realidad, un científico habitualmente tiene “ideas previas”, sobre el posible resultado de su experimentación. En la actualidad se considera que si los resultados de un experimento coinciden con las predicciones de una hipótesis, pueden validarla. El término *validar* sólo significa darle más fuerza o vigor; no equivale a mostrar ni a probar que sea cierta. El accionar científico es así una actividad creativa y crítica de búsqueda del conocimiento.

Podemos enunciar algunas consideraciones generales:

En primer lugar se debe plantear claramente el *problema* a estudiar. Una vez definido el problema, se requiere el planteamiento de la *hipótesis* explicativa que se someterá a prueba experimental. Es importante que la hipótesis se enuncie con la mayor precisión posible en relación al problema planteado, ya que de la claridad de su enunciación dependerá en parte que el *diseño experimental* logre validarla o refutarla. A continuación deben precisarse el diseño experimental, plan de acción, el o los experimentos por realizar para tratar de probar el o los aspectos explicativos de la hipótesis.

Durante el desarrollo del diseño experimental, es necesario tener en cuenta algunas pautas para que el mismo sea válido, es decir, que nos permita obtener datos confiables de lo que realmente queremos estudiar:

a) Seleccionar y preparar los *materiales* e instrumentos necesarios. De modo preliminar, puede realizarse una prueba de los mismos, para establecer su confiabilidad y eficiencia.

b) Establecer los *controles* en los cuales se mantienen constantes todas las variables controladas, a excepción de la que se quiere medir como variable dependiente. Estos controles son necesarios para que la prueba experimental sea susceptible de comparación y que pueda ser repetida en idénticas condiciones por otros investigadores.

c) Registrar cuidadosamente los *resultados* obtenidos.

d) Analizar los datos obtenidos para su adecuada *interpretación*

A partir de la interpretación de los datos así obtenidos, se podrá *validar o rechazar* la hipótesis formulada.



Para aplicar..

Un poco de historia acerca de la Microbiología.

Hacia el año 1700, Antoni van Leeuwenhoek diseñó y construyó microscopios simples con lentes que proporcionaron un poder de resolución mayor que los que existían previamente e hizo las primeras descripciones exactas de la mayoría de los microorganismos unicelulares conocidos hasta ahora (algas, bacterias, protozoarios y levadu-

ras). Louis Pasteur (1822-1895) químico y biólogo francés, padre de la Microbiología, logró explicar la acción general de los microorganismos. Llevó a cabo diversas investigaciones sobre las fermentaciones (láctica, alcohólica, butírica) pero siempre buscó lograr argumentos en contra de la teoría de la generación espontánea, aún vigente en su época. De acuerdo con la doctrina aristotélica de la generación espontánea, las formas más pequeñas de vida animal se originaron espontáneamente de materia inanimada o de materia orgánica en descomposición. La aparición de bacterias y protozoarios en infusiones de carne o de heno se ofrecía como prueba. Entre los que refutaron esta doctrina podemos citar a:

- Francisco Redi (1626-1697) demostró que la generación espontánea no era aplicable a animales, comprobando que los gusanos no se desarrollaban espontáneamente en la carne putrefacta sino que las moscas depositaban sus huevos sobre ésta;

- Lazzaro Spallanzani (1729-1799) demostró que calentando las infusiones bajo condiciones controladas se previene la aparición de vida microscópica;

- Schroeder y von Dusch (1850) introdujeron el uso del tapón de algodón, que todavía se utiliza para impedir la entrada de microorganismos del aire a tubos de ensayo;

- Pasteur demostró que el medio hervido podía permanecer libre de microorganismos en balones de cuello de cisne, abiertos a través de un tubo sinuoso horizontal, en el que las partículas de polvo se sedimentan cuando el aire entra al recipiente.



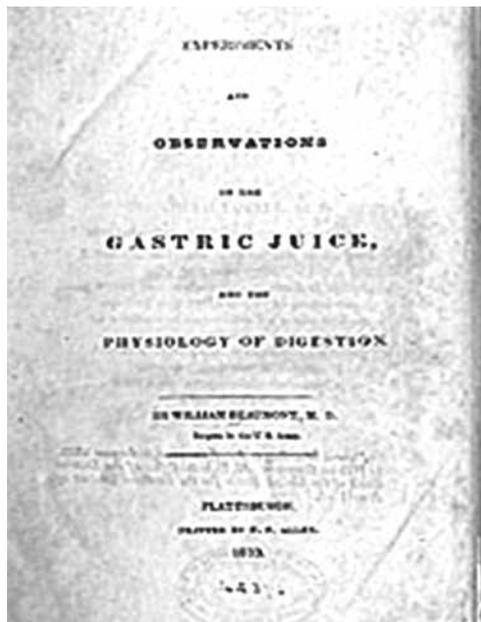
Actividad

Aplica las pautas del diseño experimental al ejemplo de las experiencias de Pasteur. ¿Cómo habrá diseñado Pasteur su experiencia con los balones de cuello de cisne? Imagina el recorrido de sus pensamientos que lo llevaron a generar nuevos conocimientos en contra de la teoría de la generación espontánea.

No siempre los descubrimientos científicos provienen de experimentos diseñados con un objetivo concreto.

H *Un poco de historia... o la suerte del investigador...*

William Beaumont (1785-1853) era un joven médico militar que residía en Estados Unidos, cerca de la frontera canadiense. Como médico del ejército estaba acostumbrado a tratar serias lesiones traumáticas producto de los combates. Pero en junio de 1822 recibió a un paciente que cambiaría su vida profesional. Alexis Saint Martin navegaba en su canoa, recogiendo pieles que los indios cazaban y luego las llevaba a los comerciantes, cuando accidentalmente se disparó en el abdomen con un mosquete. La herida era “del tamaño de la palma de la mano de un hombre, afectando un pulmón, dos costillas, y el estómago” escribió Beaumont. A pesar de que el hombre parecía no tener esperanzas, trató la herida, y repetidamente intentó cerrar el agujero producido. A un año del accidente St. Martin había sobrevivido. Sus heridas habían cicatrizado, a excepción de un orificio de unas dos pulgadas por el cual salía la comida y la bebida si no era bloqueado por un sistema de vendas. Entre 1822 y 1833, Beaumont, con el consentimiento de St. Martin, realizó numerosas observaciones del estómago, introdujo alimentos por intervalos de tiempo determinados, atados a un cordón que luego retiraba y determinó basado en sus observaciones la base de la digestión química gástrica del ser humano.



Tapa de la Primera edición del libro *Experiments and Observations on the Gastric Juice and the Physiology of Digestion*, escrito por el Dr. William Beaumont basado en las observaciones realizadas sobre el paciente Alexis Saint Martin.

Bioética

Puede tener varias definiciones. Lee y reflexiona sobre alguna de ellas: conjunto de principios y normas que regulan la actuación humana, con respecto a los seres vivos (Diccionario Larousse). La bioética es hoy el conjunto de temas atravesado por el cuestionamiento a la idea del avance tecnocientífico como progreso lineal de la humanidad (Silvia Brussino, filósofa argentina). Es el estudio sistemático y profundo de la conducta humana en el campo de las ciencias de la vida y de la salud, a la luz de los valores y principios morales (Reich, 1995).

St. Martin sobrevivió a su médico y murió a los 86 años, en 1880. Su familia deliberadamente dejó descomponer el cuerpo al sol durante cuatro días y entonces lo enterró en un cementerio católico en una tumba sin nombre, con enormes piedras sobre el ataúd, esperando así impedir a cualquiera examinar su estómago o realizar una autopsia. Años después, para conmemorar la contribución de St. Martin a la ciencia médica, un comité persuadió a sus herederos de descubrir el lugar de la tumba y colocar una placa recordatoria.

Esta historia es a menudo usada como ejemplo del papel del azar en los descubrimientos científicos pero, también es analizada desde el punto de vista de la ética científica.

 *Actividad*

Relee el último párrafo y reflexiona acerca de los límites en la investigación científica.

¿Cuál es la importancia de la experimentación en el aula?

En el aula o en el laboratorio, el experimento servirá para el redescubrimiento y la recreación de los conceptos y hechos biológicos. En cualquier caso, siempre será necesario conocer el material que se empleará y también respetar una secuencia de actividades que permitan: observar, registrar los datos, procesar los datos obtenidos, interpretar los resultados, extraer conclusiones y comunicar los resultados y conclusiones en forma escrita u oral, individual o grupal.

Por otro lado, es muy importante no confundir lo que es un **hecho observable**, con una **hipótesis explicativa**. Te proponemos la siguiente actividad para diferenciar ambas.

 *Actividad*

Para relacionar los conceptos referidos a "hecho observable" e "hipótesis explicativa"... ¿Cuál es cuál en las siguientes frases? ¿Por qué?

- "El cambio de color de algunos insectos se debe a fenómenos físicos y hormonales".
 - "En ocasiones, algunos animales pueden cambiar de coloración, en pocos minutos o incluso segundos".
-

Hasta aquí hemos reflexionado juntos sobre aspectos generales de la Biología como ciencia, y de los métodos que emplea para abordar el conocimiento científico.

A partir de ahora nos detendremos a considerar algunas manifestaciones de la vida, que, dada su intangibilidad, nos remite a hacerlo a través de su manifestación más conspicua: los seres vivos.

1.2. Los seres vivos como sistemas complejos

La palabra *sistema* se emplea mucho actualmente. Un sistema es un todo organizado. Un sistema real es una entidad material (con una extensión limitada en espacio y tiempo) formada por partes organizadas, sus componentes, que interactúan entre sí de manera que las propiedades del conjunto, sin contradecirlas, no pueden deducirse por completo de las propiedades de las partes. Tales propiedades se denominan *propiedades emergentes*.

La diferencia entre una célula viva y un conglomerado de sustancias químicas ilustra algunas de las propiedades emergentes de la vida (Audesirk *et al.*, 2003).

Más adelante volveremos al concepto de propiedades emergentes...

? Para reflexionar...

¿Cuáles son las propiedades emergentes que tiene una torta y que no tienen los elementos que la constituyen? ¿Cuáles las de un tejido, por ejemplo el nervioso, el muscular, el sanguíneo, que no tienen sus células, consideradas aisladamente?

Por otro lado, existe mayor cantidad de correlaciones y correlaciones más fuertes entre una parte del sistema y otra, que entre esta parte del sistema y partes fuera del sistema.

Podemos generalizar diciendo que un *sistema* está integrado por:

- *elementos*, o partes que lo componen, y
- *estructura*, la trama de interacciones entre los elementos.

Se puede clasificar a los sistemas en:

- *sistemas abiertos*: son los más comunes. Este tipo de sistema tiene intercambio de *materia* y *energía* con el exterior. Un ejemplo: automóvil (entra combustible, aceite, aire. Salen gases de escape, desechos, se produce energía);

- *sistemas cerrados*: en este sistema *sólo hay intercambio energético con el exterior*. No hay intercambio de masa. A su vez se pueden dividir en:

- *sistemas no aislados*: sólo hay intercambio energético con el exterior. Ej: el equipo de frío de un refrigerador doméstico. El fluido de trabajo circula en circuito cerrado y sólo hay intercambios de calor o energía eléctrica con el exterior;

- *sistemas aislados*: no hay intercambio de masa o de energía con el exterior.

? Para reflexionar...

Muchas veces se pone como ejemplo de sistema cerrado a la Tierra. ¿Coincides con esa opinión?

Teniendo en cuenta esta clasificación, podríamos decir que todos los seres vivos son *sistemas abiertos*, ya que intercambian materia y energía con el exterior. Sobre este concepto volveremos más adelante. Comencemos tratando de comprender la complejidad de un organismo vivo.

1.3. ¿Qué es un organismo vivo?

Un organismo vivo es, básicamente, material físicoquímico que exhibe un alto grado de complejidad, puede autorregularse, posee metabolismo y se perpetúa a sí mismo a través del tiempo. Sin embargo, cuando observamos la naturaleza, una de las primeras impresiones que recibimos es que ningún organismo vive aislado de su entorno. Todos se relacionan de un modo más o menos notable con el resto de los elementos que los rodean, sean éstos del ambiente físico o del entorno biológico.

Para muchos biólogos la vida es una fase arbitraria en la creciente complejidad de la materia, sin una línea divisoria precisa entre lo vivo y lo no vivo. La sustancia viva está compuesta por un conjunto perfectamente estructurado de macromoléculas: proteínas, lípidos, ácidos nucleicos y polisacáridos, así como por moléculas orgánicas e inorgánicas más pequeñas. Un organismo vivo ha desarrollado mecanismos reguladores e interactúa con el medio para mantener su integridad estructural y funcional. *Todas las relaciones que ocurren dentro de una unidad viviente particular constituyen su metabolismo.* En la regulación de dichas reacciones internas y para la producción de nuevas unidades vivientes, estos organismos emplean moléculas especiales que contienen información.

Como señalamos anteriormente, los seres vivos no pueden definirse como la simple suma de sus partes. Ésta es una de las razones por las que es imposible definir la vida de manera simple. Un buen primer paso, sin embargo, podría ser intentar comprender algunas de las características más importantes de los seres vivos. Estas características pueden analizarse desde tres puntos de vista: el físicoquímico, el organizativo y el funcional.

1.3.1. Características de los seres vivos

1. Desde el punto de vista físicoquímico, *los seres vivos, como la mayoría de los sistemas del universo, intercambian materia y energía tanto de entrada, como de salida, con los otros sistemas (vivos y no vivos).* Un físico termodinámico, cuya especialidad es analizar las conversiones e intercambios de energía, diría que un ser vivo es un sistema abierto.

El alto grado de complejidad de los seres vivos, la necesidad de realizar trabajo (crecer, desplazarse, reproducirse, por citar unos pocos ejemplos) requieren el suministro constante de alimentos, que son átomos y moléculas que adquieren del aire, del agua, del suelo, o de otros seres vivos. Relacionado con su forma de alimentación, tradicionalmente clasificamos a los organismos en *autótrofos* y *heterótrofos*. Los *autótrofos* son aquellos capaces de elaborar sustancias orgánicas (por ejemplo glucosa,

almidón) a partir de sustancias inorgánicas (por ejemplo agua, dióxido de carbono y sales) mediante complejos mecanismos metabólicos. Así, elaboran todas las moléculas necesarias para formar su estructura, crecer y reproducirse. La fuente de energía que utilizan en estos procesos puede variar: se denominan organismos fotótrofos a aquellos capaces de utilizar energía luminosa (plantas, algas y algunas bacterias) y quimiótrofos a los que utilizan energía química (ej. bacterias nitrificantes). Los *heterótrofos*, en cambio, necesitan de materiales inorgánicos y orgánicos ya elaborados por otros seres vivos (la mayoría de las bacterias, protozoos, hongos y animales). En los heterótrofos, luego de complejos procesos de degradación y simplificación del alimento, algunos átomos y moléculas pasan a formar parte del organismo y son utilizados en su crecimiento y reparación de tejidos, así como para obtener energía que utilizan para desarrollar todas sus funciones vitales.

La suma de todas las reacciones químicas necesarias para mantener la vida se llama *metabolismo*, pero de él nos ocuparemos más adelante. A estos conceptos los profundizaremos en el capítulo referido a metabolismo.

2. Desde el punto de vista organizativo, los seres vivos presentan una *organización material jerárquica*, que se inicia a partir de la posesión de moléculas orgánicas particulares (lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, glúcidos) y va adquiriendo mayor complejidad por agregación.

Todos los organismos están compuestos por sustancias llamadas *elementos*, cada uno de los cuales tiene un único tipo de *materia*. Un *átomo* es la partícula más pequeña de un elemento que conserva las propiedades de éste. Los átomos pueden combinarse de diferentes maneras para formar estructuras llamadas *moléculas*. Por ejemplo, un átomo de oxígeno puede combinarse con dos de hidrógeno para formar una molécula de agua. El agua, el dióxido de carbono, el metano, el amoníaco, son moléculas inorgánicas, relativamente simples. Las moléculas simples o complejas, elaboradas por los **organismos** reciben el nombre de **moléculas orgánicas**. Están formadas por un esqueleto de átomos de carbono, al que se unen átomos de hidrógeno, oxígeno y otros elementos, en menor proporción.

Si bien la disposición e interacción entre los átomos y las moléculas constituyen la base química de la vida, la cualidad de la vida surge en el nivel de *célula*. Así como un átomo es la unidad más pequeña de un elemento, *la célula es la unidad más pequeña de vida*.

3. Desde el punto de vista funcional, *los seres vivos mantienen su estructura y su intercambio con el medio estableciendo una serie de procesos dinámicos. Estos se caracterizan, en cada momento, por la constancia de los parámetros físicos, químicos, organi-*

zativos, etc. Debe tenerse en cuenta que el ambiente cambia permanentemente y que la materia y la energía pasan en forma constante a través del sistema vivo.

Cuando pensamos en una célula capaz de observarse a simple vista, inmediatamente lo asociamos con un huevo. Imaginemos un huevo sometido a altas temperaturas..., sus proteínas cambian o coagulan y lo hacen de manera irreversible; el huevo se ha cocinado y no volverá a su estado anterior. De la misma forma las células mantienen sus características y su capacidad de funcionamiento dentro de ciertas temperaturas; por debajo o por encima de ellas su funcionamiento se ve alterado. Lo mismo ocurre con otros factores que conforman el medio en el cual “habitan” las células. El agua, las sales, los tóxicos, los nutrientes, deben mantener ciertos niveles y fluctuar dentro de ciertos límites muy acotados para que la vida de las células sea posible. Esta “constancia del medio interno” fue llamada por Walter Cannon (1871-1945) *homeostasia u homeostasis*.

La cualidad de la vida surge como resultado de las increíblemente complejas interacciones ordenadas de las partes de un ser vivo.

Dado que está basada en esas propiedades emergentes, la vida es una cualidad fundamentalmente intangible.

? *Para reflexionar*

“La uniformidad de la vida en la Tierra, que es todavía más asombrosa que su diversidad, sugiere la alta probabilidad de que todos descendamos de una única célula, fertilizada por una descarga eléctrica mientras la Tierra se enfriaba. Todos conservamos aún rasgos de esta célula progenitora y compartimos genes con otras especies; podría decirse que la similitud entre ciertas enzimas del pasto y de la ballena es una característica familiar” (Thomas, L. 1976).

4. *Los organismos tienen la capacidad de crecer y reproducirse, es decir, de aumentar de tamaño y producir otros sistemas con características similares a las de ellos mismos.*

Existen dos formas de reproducción: sexual y asexual. En la reproducción sexual los descendientes, aunque surgen del material genético proporcionado por los progenitores, presentan pequeñas diferencias (variabilidad genética) lo que da origen a la extraordinaria biodiversidad que caracteriza a la biosfera. La reproducción asexual característica de muchas plantas e invertebrados implica que los nuevos organismos son derivados directamente del cuerpo o porciones del cuerpo de sus progenitores y por lo tanto llevan idéntico acervo genético.

5. Todas estas características son estudiadas en lapsos relativamente cortos, el llamado *tiempo ecológico*, compatible con el lapso de vida de un investigador. Otras se producen y ponen en evidencia en lapsos mayores: *los seres vivos varían a lo largo de grandes períodos, de modo que las generaciones sucesivas mantienen un nivel óptimo de aprovechamiento del medio. A esta característica la llamamos adaptación evolutiva.* En el *tiempo evolutivo* puede cambiar la composición genética de la especie.*

La teoría de la evolución afirma que los organismos modernos descienden, con modificaciones, de formas de vida pre-existentes y que, en última instancia, todas las formas de vida del planeta tienen un antepasado común. La fuerza más importante en la evolución es la *selección natural*. En la actualidad, se la considera equivalente al concepto de *reproducción diferencial*, es decir la posibilidad de algunos miembros de la población de dejar más descendientes que otros. Esta capacidad se relaciona con el mejor desempeño en la naturaleza de estos organismos. Este mejor desempeño está vinculado, a su vez, al hecho de que poseen ciertas adaptaciones (características que les ayudan a sobrellevar los rigores de su ambiente). Al lograr sobrevivir y reproducirse, los organismos pasan estas características ventajosas a las siguientes generaciones.

Mutación

Una mutación es un cambio en la secuencia del ADN (por sustitución, adición o delección de uno o varios nucleótidos o segmentos grandes de ADN) y puede ocurrir tanto en la parte del ADN que contiene información como en el que no contiene información. Inclusive una mutación en un gen puede no cambiar la información si el cambio produce codones sinónimos. La mutación puede en algunos casos causar cambios en la información, pero no siempre. De este modo, el mutación no es sinónimo de cambio de información genética. Pero sí es correcto considerar que es la causa primaria de cambios en la información genética.

1.4. Clasificación de los seres vivos

El ser humano, en su intento de entender la gran complejidad y diversidad de la vida, siempre trató de clasificar a los seres vivos. El primero que estableció un sistema de clasificación basado en reglas y normas precisas fue el naturalista sueco Carl von Linné quien, en 1758, propuso una clasificación de los seres llamada *Sistema Naturae* (sistema de la naturaleza). El nivel más alto de la clasificación linneana eran los reinos mineral, vegetal y animal. Si no consideramos a los minerales, tenemos entonces dos reinos: vegetales y animales.

* Busca el concepto biológico de especie bajo el título "Los niveles de organización biológica", en este mismo capítulo.

En la clasificación de todos los seres vivos en dos reinos se consideraba a las Bacterias y a ciertos Protistas (en especial los fotosintéticos) como integrantes del reino Vegetal, y a los Protozoos (Protistas no fotosintéticos) como animales.

Ernst Haeckel, en el siglo XIX, fue el primero que intentó establecer una hipótesis filogenética de la diversidad biológica y dividió a los organismos en tres reinos: Animal, Vegetal y Protista. El Reino Protista incluía a los unicelulares tanto de filiación animal como fotosintéticos. En 1925 el microbiólogo Edouard Chatton advirtió que existían protistas con y sin núcleo, y propuso diferenciarlos del resto de los seres vivos. Creó los términos eucariota, agrupando a todos los organismos nucleados (eu = verdadero; carión = núcleo), incluyendo animales y plantas, y *procariota*, para las Bacterias y Cianofíceas. Algo después, en 1938, un botánico llamado Copeland, propuso un nuevo reino para incluir a los procariotas, al que llamó Monera o Bacteria.

En 1959, Robert Whittaker, ecólogo de la Universidad de Cornell, propuso separar a los hongos de los vegetales pero incluyéndolos en un nuevo reino, llamado Fungi. Quedaron a partir de entonces establecidos cinco reinos: *Monera*, para bacterias y algas procarióticas; *Protista* para protozoos, algas y ciertos hongos inferiores; *Plantae*, para los vegetales; *Fungi*, para los hongos; y *Animalia*, para los metazoos (Curtis, 1993). Esta nueva clasificación fue difundida por Lynn Margulis (1985) de la Universidad de Massachusetts, tomando como criterios tres importantes aspectos: si los organismos poseen un modelo celular de tipo procariota o eucariota; si los organismos están formados por una o muchas células: uni o pluricelulares; y si el tipo de nutrición es autótrofa, heterótrofa o por absorción (Castro *et al.*, 1991).

La Figura 1 representa el árbol filogenético de los organismos tal como, a grandes rasgos, surge del sistema de los cinco reinos.

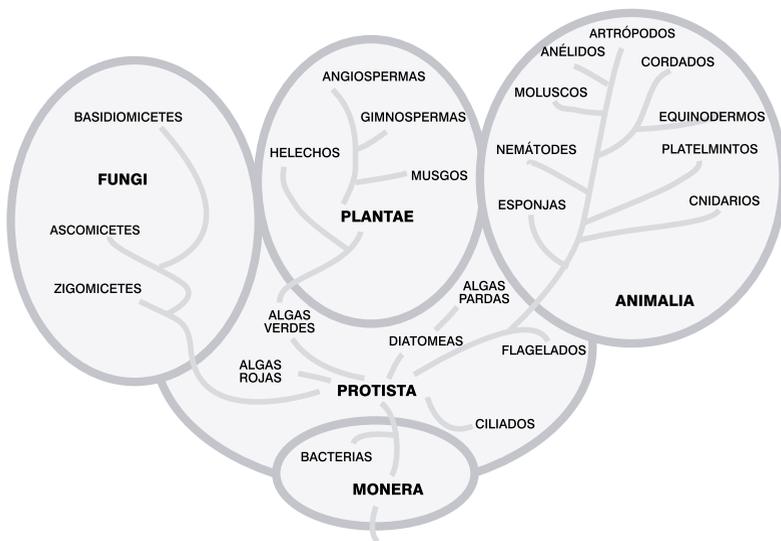


Figura 1. Árbol filogenético tradicional, basado en el sistema de cinco reinos (modificado de Spivak, 2006).

Reino Monera: células procariotas. Unicelulares o coloniales. Nutrición por absorción, fotosíntesis o quimiosíntesis. Reproducción asexual. Móviles o inmóviles.

Reino Protista: células eucariotas. Unicelulares o coloniales (puede haber multinucleados). Diversos modos de nutrición (fotosíntesis, ingestión o combinación de éstos). Reproducción por ciclos asexuales y sexuales, con meiosis. Móviles o inmóviles.

Reino Fungi: células eucariotas. Principalmente multinucleados con un sincitio mical. Sin plástidos ni pigmentos fotosintéticos. Nutrición por absorción. Principalmente inmóviles. Ciclos sexuales y asexuales.

Reino Plantae: células eucariotas. Multicelulares, con células que poseen pared de celulosa, con pigmentos en plástidos. Nutrición por fotosíntesis. Principalmente inmóviles.

Reino Animalia: células eucariotas. Multicelulares, sin paredes celulares ni pigmentos fotosintéticos. Nutrición por ingestión, en algunos casos por absorción. Con evolución de los sistemas senso-neuro-motores. Reproducción fundamentalmente sexual.

La caracterización molecular revela que las diferencias moleculares entre eubacterias, archibacterias y eucariotas son de naturaleza más profunda que aquellas que diferencian a los reinos tradicionales, como las plantas y animales (Woese *et al.*, 1990).

Los árboles filogenéticos permiten establecer las relaciones evolutivas y los ancestros comunes de las especies, tanto vivientes como extintas.

1.5. Árboles moleculares: un nuevo criterio de clasificación

Nuevos métodos y nuevas evidencias hicieron que el sistema de 5 reinos de Whittaker (1959) no representara fielmente la diversidad de la vida. Los nuevos métodos fueron, por una parte, aquellos que permitieron la construcción de árboles filogenéticos sobre la base de la estructura de las proteínas, y luego de los ácidos nucleicos. En la década de 1970, Carl Woese, profesor de microbiología en la Universidad de Illinois, comenzó a aplicar métodos que permitieron comparar segmentos de ácidos nucleicos.

El árbol filogenético que propuso Carl Woese constaba de 3 dominios y 6 reinos: este último reino fue llamado Archibacterias o Archaea, como se observa en la Figura 2 (Woese, 1981).

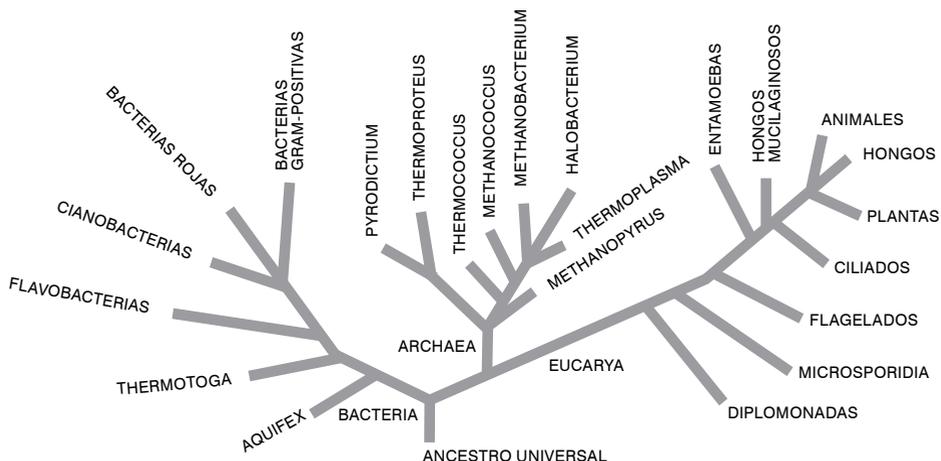


Figura 2. Árbol filogenético basado en tres grandes dominios: Bacterias, Archaea y Eucarya. Modificado de Woese (2000) *Interpreting the universal phylogenetic tree. Evolution* 97(15): 8392-8396.

Lee, reflexiona y explica por qué Spivak asignó este título al siguiente párrafo:

Tres dominios o dos imperios: la controversia del fin de siglo XX (Fuente: Spivak, 2006).

... El estudio de la filogenia molecular de los microorganismos trajo más sorpresas: el ARN ribosómico de las eubacterias y el de las arqueobacterias era algo diferente, al igual que los lípidos de las membranas celulares y ciertas proteínas involucradas en la transcripción y traducción de los ácidos nucleicos. Los seis reinos duraron poco tiempo y el mismo Woese propuso una reorganización general del sistema, sugiriendo la existencia de tres *dominios*. Para ello, reunió a los cuatro reinos de eucariotas (Protistas, Plantas, Hongos y Animales) en el dominio *Eukarya*, colocó a las eubacterias (o verdaderas bacterias del reino Monera) en el dominio *Bacteria* y a las arqueobacterias en el dominio *Archaea*. El sistema de tres dominios dio origen a un nuevo árbol. Desde 1990 ese esquema fue aceptado

El siglo XIX estableció las tres piedras fundamentales de la Biología: la teoría celular, la genética mendeliana y la evolución darwiniana. El espectacular edificio biológico del siglo XX, la Biología molecular se erigió con las dos primeras. Pero el árbol filogenético universal nos muestra que el edificio de la Biología del siglo XXI descansará sólidamente en las tres (Woese, 2000).

En el año 1966, Francis Crick dijo: “La última meta del nuevo movimiento en Biología es de hecho explicar toda la Biología en términos de la Física y la Química”.

El debate no está cerrado y hay quienes siguen a favor de la permanencia de un sistema de dos imperios: procariota y eucariota. Por ejemplo, Thomas Cavalier-Smith, de la Universidad de Oxford, publicó en 2004 un esquema de clasificación a partir de una amplia base de datos moleculares, en especial de organismos unicelulares, en el que subsisten seis reinos agrupados en dos imperios.

por la mayoría de los biólogos evolutivos, que lo convirtieron en el “paradigma” actual de la clasificación biológica.

El zoólogo evolucionista Ernst Mayr discrepó con Woese en otorgar a las arqueobacterias el mismo rango que el de la totalidad de los eucariotas, oscureciendo la división ‘natural’, que se da al nivel de la organización celular, en dos imperios: *procariotas* y *eucariotas*. Esta controversia acerca de cómo se separan las primeras dos ramas del árbol de la vida:

procariotas vs. eucariotas o bacterias vs. [arqueobacterias + eucariotas] continúa hoy en día.

| Linneo (1758) | Haeckel (1866-94) | Whittaker (1959) | Woese (1977) | Woese (1990) |
|---------------|-------------------|------------------|------------------|---------------|
| Dos reinos | Tres reinos | Cinco reinos | Seis reinos | Tres dominios |
| Animalia | Animalia | Animalia | Animalia | Eucarya |
| Protista | Protista | Protista | Protista | |
| | | | | |
| Plantae | Plantae | Fungi Plantae | Fungi Plantae | |
| monera | monera | Monera | Monera | Bacteria |
| | | | Archaeobacteria | Archaea |

Figura 3. Cuadro comparativo de los sistemas de clasificación biológica, desde Linneo (1758) hasta la actualidad, modificado de Spivak, 2006: “El árbol de la vida. Una representación de la evolución de una representación”. *Ciencia Hoy* 16 (91): 10-24.

La historia de la clasificación de los seres vivos también ha ido cambiando ya que en un principio se tomaban en cuenta caracteres morfológicos y fisiológicos; en la actualidad se agregan los aportes de la Genética y en el caso de las archibacterias, como hemos visto, cobra importancia la Biología molecular. Ya no es suficiente el alcance de nuestros ojos, ni aun con la ayuda de potentes microscopios; hay que abordar el estudio de la vida desde los aspectos moleculares y macromoleculares que analizaremos en los próximos capítulos, para intentar llegar a entender la gran complejidad de los procesos biológicos.

Hasta ahora no hemos nombrado a un grupo de partículas que desde hace muchos años se discutió si eran o no seres vivos: nos referimos a los **Virus**. Básicamente están formados por una cápsula de proteínas y una molécula de ácido nucleico (ADN o ARN). Carecen de membranas propias, de ribosomas para elaborar proteínas, de citoplasma y organelas asociadas al mismo; no se mueven ni crecen por sí solos. La simplicidad de los virus hace imposible considerarlos como células y de hecho, parece situarlos fuera de la esfera de los seres vivos (Audesirk *et al.*, 2003) que hasta el momento hemos considerado en este libro.

Veremos más adelante que los mecanismos metabólicos en las células procariotas y eucariotas siguen el patrón: ADN → ARN → proteínas, conocido como el “dogma central de la Biología molecular”. Sin embargo, algunos virus, como el del SIDA, se denominan retrovirus porque poseen ARN en lugar de ADN, y una enzima capaz de transcribir ADN a partir de ARN.

En definitiva, estas partículas víricas quedan fuera de la *diversidad biológica*, definida como el conjunto de la diversidad de la vida. Así, cada clase de entidad –gen, célula, individuo, población, comunidad y ecosistema– tiene más de una manifestación (Solbrig, 1991).

En las primeras etapas de su existencia el hombre comenzó a observar los animales y las plantas que atrajeron su atención, o bien que le eran útiles o perjudiciales. Una vez que estableció sus diferencias o semejanzas, les dio un nombre. Ese criterio de clasificación tenía un fin práctico inmediato, se podía aprender y transmitir con facilidad. En Biología la tarea de clasificar y ordenar los organismos es una tarea ímproba; hace algunas décadas se sabía de la existencia de alrededor de dos millones de especies. Actualmente se cree que existen cerca de 100 millones (Malacalza *et al.*, 2004). Sin embargo, hasta el presente, la ciencia le ha dado nombre sólo a 1,4 millones de especies! En el transcurso del tiempo, muchas especies se extinguieron. Se cree que todos los organismos descendieron de un único ancestro común, por lo que han sido agrupados sobre la base de sus relaciones evolutivas (Carranza *et al.*, 2005).

A comienzos de este nuevo siglo, podemos decir que sin dudas la Biología molecular incrementará su importancia en la clasificación de los seres vivos.

La Biología molecular postula que los seres vivos (y sus partes) siguen las mismas reglas físicas y químicas que se aplican para todo lo que existe en el Universo, es decir, que las moléculas simples que se encuentran en un ser vivo son idénticas a las mismas moléculas en los objetos inanimados, y que las relaciones entre las más complicadas moléculas que se encuentran en los seres vivos pueden ser descritas sin ninguna ley particular y específica de ellos.

Como las muñecas rusas, que las de menor tamaño son contenidas por las de tamaño progresivamente mayor, es posible identificar que la vida se manifiesta en distintos niveles de complejidad creciente. Cada uno de ellos contiene al nivel precedente.

Veamos ahora cuáles son los distintos niveles de organización en que puede manifestarse la vida.

1.6. Los niveles de organización biológica

Los compuestos biológicos (proteínas, lípidos, ácidos nucleicos, etc., que estudiaremos en las próximas páginas) se integran en la naturaleza en un cierto número de niveles de organización cada vez más complejos: célula - tejido - órgano - sistema de órganos - individuo - población - comunidad - ecosistema.



Figura 4. Los niveles de organización biológica.

- *Célula (nivel celular)*: es la unidad biológica funcional más pequeña y sencilla. Está compuesta por protoplasma, limitado por una membrana plasmática (de lípidos y proteínas), reforzada en los vegetales por una pared celular. El protoplasma está constituido por una solución coloidal de proteínas muy estructurada (citoplasma), en cuyo seno se encuentra el material genético (ADN, ARN), organizado generalmente en un núcleo, y toda una serie de orgánulos (mitocondrias, ribosomas, plastidios, etc.) que constituyen la maquinaria metabólica. Ejemplos de células son: neurona, fibra muscular, osteocito, glándula unicelular.

- *Tejido (nivel tisular)*: conjunto de células morfológica y fisiológicamente similares que se asocian para cumplir una determinada función. Tejidos: muscular, nervioso, óseo, conjuntivo, epitelial, son algunos de los ejemplos.

- **Órgano (nivel orgánico):** formado por un conjunto de tejidos que se relacionan para cumplir una determinada función. Ej: el tejido nervioso forma órganos tales como el cerebro, cerebelo, médula espinal, etcétera.

- **Sistema de órganos (nivel de sistema de órganos):** cuando los órganos se agrupan para cumplir una determinada función forman un sistema de órganos. Ej: el esófago, el estómago, la boca, el intestino delgado y grueso, entre otros, forman en conjunto el sistema digestivo que tiene como función la digestión de los alimentos, la absorción de los nutrientes y eliminación de desechos. Otros ejemplos son: sistema esquelético, sistema respiratorio, sistema excretor, etcétera.

- **Individuo (nivel de organismo):** es un sistema biológico funcional que en los casos más simples se reduce a una sola célula (unicelular) pero que, en principio, está compuesto por numerosas células, que pueden estar agrupadas en tejidos y órganos. Un individuo se caracteriza por su anatomía, fisiología y su metabolismo propio. En un momento dado, un individuo posee una determinada biomasa que se puede expresar en peso vivo (fresco) o en peso de materia seca.

? Para reflexionar

Relee el concepto biológico de especie que aparece en el recuadro de la derecha y contesta si individuos de mosquitos *Culex pipiens* de la ciudad de Santa Fe del verano de 2008 pertenecen a la misma especie que individuos de *Culex pipiens* depositados en una colección del año 1979 en el Museo de la ciudad de La Plata.

Los niveles de organización biológica que son abordados para su estudio por la Ecología son: *individuo, población, comunidad y ecosistemas* (puedes repasar el concepto de Ecología en este mismo capítulo).

R Recuerda

Es necesario que antes de analizar el concepto de Población recuerdes el concepto biológico de especie.

- **Población:** Cada especie puede estar representada por numerosas poblaciones, pero éste es ya un concepto

Especie: El concepto biológico de especie sostiene que una especie es un conjunto de individuos morfológicamente y fisiológicamente similares entre sí, que en la naturaleza pueden cruzarse libremente y dejar descendencia fértil. Éste es un concepto muy amplio y de gran aplicación, y abarca a todas las poblaciones semejantes que existen o existieron en el mundo y que son potencialmente interfértiles. La especie es una categoría teórica, que incluye organismos separados por el espacio y/o el tiempo, de modo que la reproducción es un requisito “potencial” o supuesto.

ecológico, aplicado al estudio de los niveles de organización de los seres vivos. Si tomamos la clásica definición de Odum (1972), podemos decir que la población es un conjunto de individuos de la misma especie, que viven en un mismo lugar y en un mismo tiempo. Como vemos, en esta definición se ponen tres “condiciones” para considerar población a un conjunto de individuos: que sean de la misma especie, que habiten en el mismo sitio y que compartan ese sitio en el mismo tiempo (normalmente, el tiempo durante el cual estudiamos la población). Así, hablamos de la población de jabalíes (*Sus scrofa*) del palmar de Entre Ríos, de la población de sábalos (*Prochilodus lineatus*) del río Salado, o de la población de camalotes (*Eichhornia crassipes*) de una laguna de inundación del Río Paraná. El concepto de población es muy utilizado en ecología experimental y teórica, y constituye la unidad de estudio de muchas investigaciones que a su vez, sirven de explicación a procesos que ocurren a niveles de organización superiores. Así, en la práctica, para evaluar el estado de una especie en una región o en cualquier unidad de superficie, o para establecer normas sobre su manejo, se requieren mediciones del estado de sus poblaciones. Por ejemplo, nos puede interesar medir su tamaño, es decir, cuántos individuos forman parte de la población. El tamaño de la población dividido el área o superficie que ocupa nos dará información sobre la densidad poblacional. En sistemas acuáticos, para conocer la densidad de una población, debemos dividir el número de individuos por la unidad de volumen de agua que estemos considerando.

- *Comunidad o comunidad biológica:* es el conjunto de poblaciones que interactúan entre sí de distintas formas en un determinado lugar. Muchas especies son depredadoras y se alimentan de otras clases de organismos. A su vez, casi todas son presa de otras poblaciones. Al contrario de los organismos, las comunidades no tienen límites nítidos. Por lo tanto, la comunidad es una abstracción que representa un nivel de organización en lugar de una unidad discreta de estructura en Ecología (Ricklefs, 1996).

Una comunidad puede ser definida a cualquier nivel taxonómico o funcional y escala geográfica. De igual modo podemos hablar de la comunidad de microorganismos del intestino de un herbívoro, de la comunidad de mamíferos marinos del Atlántico Sur o de la comunidad de peces del río Iguazú. A gran escala geográfica el principal factor que determina el tipo de comunidades es el clima, mientras que a menor escala resulta más difícil encontrar cuál o cuáles son los factores que explicarían los agrupamientos de especies. Uno de los primeros objetivos que persigue un ecólogo es conocer la composición de una comunidad y su estructura, entendiendo ésta como el conjunto de relaciones que existen entre las diferentes especies entre sí y con el medio en el que viven. Existen varias maneras de caracterizar una comunidad, la más adecuada sería aquella que considerase tanto la composición de especies como el número de individuos de cada una de ellas. Sin embargo, no todas las especies tienen la misma importancia dentro de una comunidad; se conocen como especies clave o dominantes aquellas que si desaparecieran provocarían un profundo cambio en la comunidad,

pues sobre ellas se articula la comunidad entera. Las comunidades pueden sufrir cambios en el tiempo llamados sucesiones; estas transformaciones suelen ser lentas y conducen a cambios en la composición o en las poblaciones de las especies.

- *Ecosistema*: está dado por la interacción entre la comunidad biológica y el conjunto de factores físicos y químicos propios del ambiente donde ésta se desarrolla. El estudio de los ecosistemas se centra en los movimientos de energía y materiales en un determinado ambiente, resultado de las actividades de los organismos y de las transformaciones físicas y químicas en el suelo, el agua y la atmósfera. El concepto, que empezó a desarrollarse entre 1920 y 1930, tiene en cuenta las complejas interacciones entre los organismos por ejemplo plantas, animales, bacterias, algas, protistas y hongos (entre otros) que forman la comunidad biológica (o biocenosis) y los flujos de energía y materiales que tienen lugar en el ecosistema. Son ejemplos de ecosistemas naturales una laguna, un arrecife de coral o un bosque. Son ejemplos de ecosistemas artificiales, es decir, construidos por el hombre, una pecera o un terrario. Dentro de un ecosistema, por ejemplo un bosque, es posible reconocer a su vez partes internas con un grado añadido de homogeneidad e integración interna, por ejemplo el suelo o un tronco muerto. Es decir, encontramos una organización jerárquica con ecosistemas dentro de los ecosistemas. Con el mismo razonamiento, pero en dirección contraria, llegamos a la noción de que la biosfera entera es un ecosistema.

R Recordemos el concepto de Ecología

La Ecología es una de las disciplinas más jóvenes de la Biología, y que recientemente ha adquirido creciente popularidad. Algunos de los temas que estudia, se relacionan con la forma en que los organismos utilizan la materia y la energía del medio en sus procesos, y las múltiples conexiones que aquéllos establecen entre sí y con su ambiente. La Ecología estudia, desde todos esos aspectos, el desarrollo de la vida sobre la Tierra.

En realidad, toda la superficie del planeta puede considerarse como una enorme unidad ecológica, que abarca múltiples ambientes e infinidad de organismos, en una constante interrelación. Para denominar esta unidad se ha acuñado el término ecosfera. Aunque como concepto global es importante, la amplitud de sus dominios determina que se la analice según enfoques parciales, o bien subdividida en unidades menores (Tyler Miller, 1992).

Hasta aquí se ha analizado el objeto de estudio y el método que utiliza la Biología para llegar al conocimiento. Hemos definido qué es la vida y cuáles son las características que nos permiten distinguir un ser vivo de cosas inanimadas. Vimos cómo el hombre, en el intento de entender la gran complejidad y diversidad de la vida, y de acuerdo con distintos niveles de organización biológica, clasificó los organismos en Reinos y

Dominios. Pero estas consideraciones no son suficientes para comprender los diferentes procesos biológicos que permiten la vida, que establecen por un lado, una notable uniformidad en los elementos de construcción de los seres vivos, y por otro, diferencias significativas en cada uno de ellos. Es necesaria una mirada a nivel molecular y/o macromolecular que nos permita comprender la uniformidad y a la vez la diversidad de la vida. Para ello, en la siguiente unidad estudiaremos los diferentes compuestos químicos inorgánicos y orgánicos que constituyen el protoplasma vivo.

Referencias bibliográficas

- Audesirk, T.; Audesirk G. y Byers B. E. (2003): *Biología: la vida en la tierra*. Pearson de México SA, 892 p.
- Bunge, M. (1997): *La ciencia, su método y su filosofía*. 2º ed., Panamericana, Bogotá, 110 p.
- Carranza, M.; Celaya, G.; Carezzano, F. y Bistoni, M.A. (2005): *Morfología de los animales. Visión funcional y adaptativa*. Sima, Buenos Aires, 409 p.
- Castro, R.; Handel M. y Rivolta G. (1991): *Actualizaciones en Biología*. Eudeba, Bs. As, 258 p.
- Curtis, H. y Barnes, N. (1993): *Biología*. 5º ed., Médica Panamericana, Buenos Aires, 1199 p.
<http://www.iesam.csic.es>
- Malacalza, L.; Momo M.; Coviella C.; Casset M.A.; Giorgi A. y Feijóo C. (2004): *Ecología y ambiente*. Instituto de Ecología de Luján, Buenos Aires, 216 p.
- Margulis, L. y Schwartz, K. (1985): *Cinco Reinos. Guía ilustrada de los Phyla de la vida en la Tierra*. Labor, Buenos Aires, 335 p.
- Reich, W.T. (editor principal) (1995): *Encyclopedia of Bioethics*. 2ª ed., MacMillan, Nueva York.
- Ricklefs, R.E. (1997): *Invitación a la Ecología. La Economía de la Naturaleza*. 4º ed., Panamericana, 692 p.
- Sistema - [wikipedia.com](http://www.wikipedia.com), la enciclopedia libre.
http://www.walt@intelligent_systems.com.ar
<http://www.iesam.csic.es>
- Solbrig, O.T. (1991): "Biodiversity, a review of the scientific issues and a proposal for a collaborative program of research." MAB, Digest 9, UNESCO. París, Francia, 77 p.
- Spivak, E. (2006): "El árbol de la vida. Una representación de la evolución de una representación" en *Ciencia Hoy* 16 (91).
- Starr, C. y Taggart, R. (2004): *Biología: La unidad y diversidad de la vida*. 10º ed., Thomson, México, 933 p.
- Thomas, L. (1976): *Las vidas de la célula*. Emecé, 226 p.
- Tyler Miller, G. (1992): *Ecología y medioambiente*. Grupo Editorial Iberoamérica, 867 p.
- Wilson, E.O. (1992): *The diversity of life*. Cambridge, Massachusetts. Harvard University Press, 410 p.
- Woese, C.R. (1981): *Archaeobacteria*. Scientific American, junio, 98-122 pp.
- Woese, C.R. (2000): "Interpreting the universal phylogenetic tree." *Evolution* 97 (15) pp. 8392-8396.
- Woese C. R.; Kandler, O. y Wheelis M.L. (1990): "Towards a natural system of organisms: proposal for the domains Archaea, Bacteria, and Eucarya." *Evolution* 87: pp. 4576-4579.