

Biología

LA VIDA EN LA TIERRA

OCTAVA EDICIÓN

Teresa Audesirk

University of Colorado at Denver and Health Science Center

Gerald Audesirk

University of Colorado at Denver and Health Science Center

Bruce E. Byers

University of Massachusetts, Amherst

TRADUCCIÓN

Augusta Victoria Flores Flores

Traductora profesional

REVISIÓN TÉCNICA

Vicente Gerardo

Hernández Hernández

Preparatoria de la Universidad

La Salle

Paula Cortés García

Colegio Gimnasio del Norte

Bogotá, Colombia

Víctor Hugo

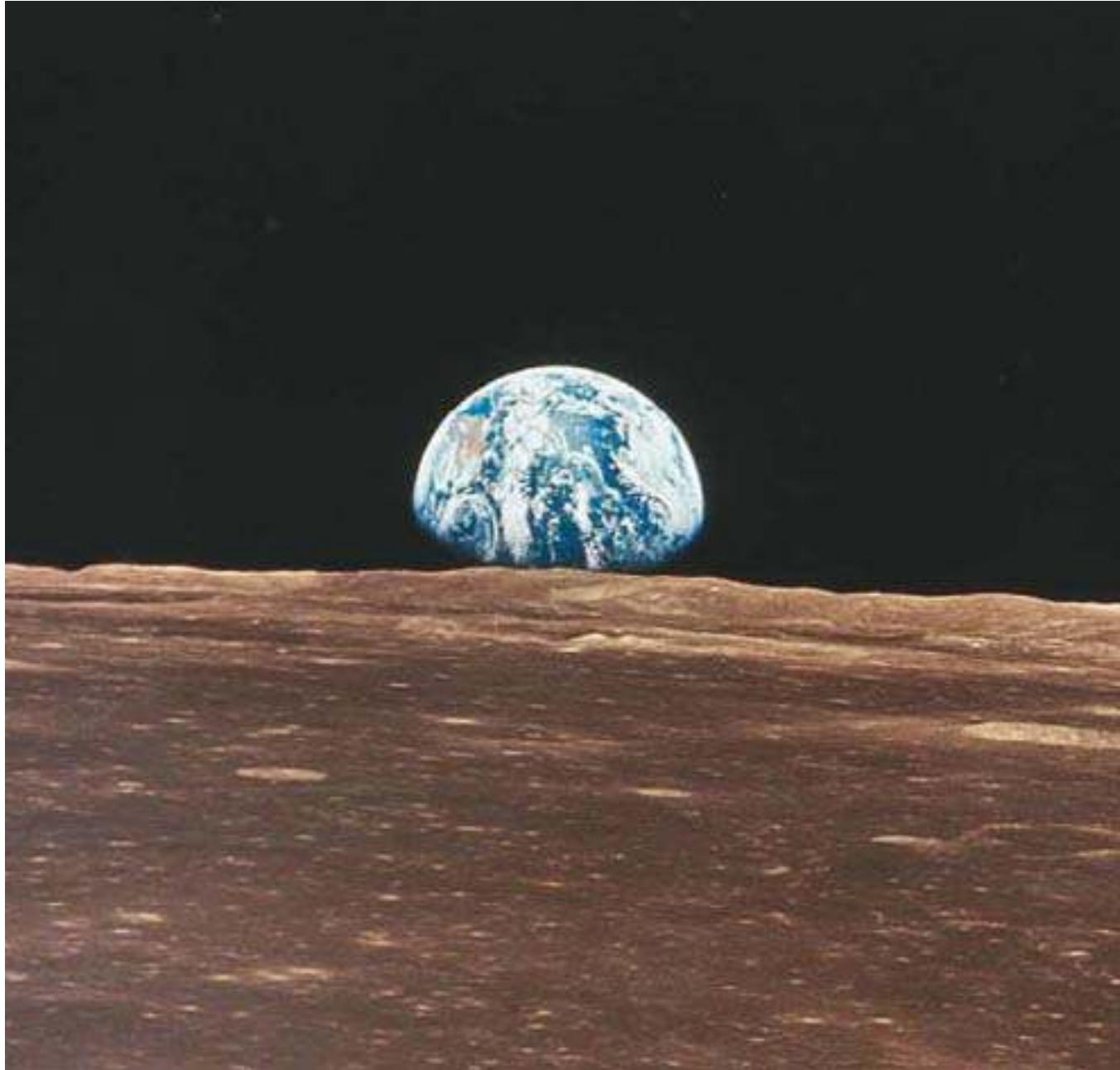
Blanco Lozano

ITESM Campus Puebla



1

Introducción a la vida en la Tierra



La vida en la Tierra está confinada a la biosfera, que es una capa delgada que cubre la superficie terrestre. Vista desde la Luna, la Tierra es un oasis de vida en nuestro sistema solar.

DE UN VISTAZO

ESTUDIO DE CASO: La vida en la Tierra ¿y en algún otro lugar?

1.1 ¿Cómo estudian la vida los científicos?

La vida puede estudiarse en diferentes niveles de organización
Los principios científicos fundamentan toda investigación científica
El método científico es la base de la investigación científica
La comunicación es esencial para la ciencia
La ciencia es un esfuerzo humano

Investigación científica: Experimentos controlados, antes y ahora

Las teorías científicas se han probado una y otra vez

1.2 Evolución: La teoría unificadora de la biología

Tres procesos naturales sustentan la evolución

1.3 ¿Cuáles son las características de los seres vivos?

Los seres vivos son complejos, están organizados y se componen de células

Guardián de la Tierra: ¿Por qué debemos preservar la biodiversidad?

Los seres vivos mantienen condiciones internas relativamente constantes mediante la homeostasis

Los seres vivos responden ante estímulos
Los seres vivos obtienen y usan materiales y energía

Enlaces con la vida: La vida que nos rodea

Los seres vivos crecen
Los seres vivos se reproducen
En conjunto, los seres vivos poseen la capacidad de evolucionar

1.4 ¿Cómo clasifican los científicos en categorías la diversidad de seres vivos?

Los dominios Bacteria y Archaea están constituidos por células procarióticas; el dominio Eukarya se compone de células eucarióticas

Los dominios Bacteria y Archaea, así como los miembros del reino Protista, son principalmente unicelulares; los miembros de los reinos Fungi, Plantae y Animalia son básicamente multicelulares

Los organismos de los distintos reinos tienen diferentes formas de obtener energía.

1.5 ¿Cómo ilumina la vida diaria el conocimiento de la biología?

OTRO VISTAZO AL ESTUDIO DE CASO La vida en la Tierra ¿y en algún otro lugar?



ESTUDIO DE CASO

LA VIDA EN LA TIERRA ¿Y EN ALGÚN OTRO LUGAR?

"Vistas desde la Luna, las cosas sorprendentes de la Tierra cortan el aliento, ya que está viva. Las fotografías muestran la superficie lunar seca y llena de cráteres en el fondo, inerte como un viejo hueso. Arriba, flotando libre debajo de la húmeda superficie brillante del luminoso cielo azul, está naciendo la Tierra, la única cosa exuberante en esta parte del Cosmos".

—Lewis Thomas en *The Lives of a Cell*
(1974)

CUANDO LEWIS THOMAS, médico e investigador biomédico, observó las primeras fotografías de la Tierra tomadas por astronautas desde la superficie lunar (véase la imagen de la página anterior), él, como la mayoría de los seres humanos, se sintió estupefacto. La desolada y árida superficie de la

Luna, en el primer plano, nos recuerda qué tan especial es realmente nuestro planeta: cubierto con plantas verdes, mares azules y nubes blancas. Sin embargo, ¿la Tierra misma está "viva"? No cabe duda de que la vida la ha invadido hasta el último rincón. Las formas de vida más resistentes son también las más sencillas, como los organismos unicelulares llamados colectivamente como extremófilos. Estos "microbios sobrevivientes" habitan los ambientes más inhóspitos de nuestro planeta. Algunos crecen en aberturas en la profundidad del lecho marino, donde la presión es 30 veces superior a la de la superficie terrestre y de donde mana agua a temperaturas mayores a los 100°C (212°F), en tanto que se han descubierto otros en muestras de hielo 360 metros (1200 pies) por debajo de la superficie de un lago en la

Antártida que ha estado congelado durante cientos de miles de años. Los extremófilos viven en los entornos de alta acidez producidos por los residuos de minería y manantiales termales, y se han descubierto en muestras de rocas extraídas a más de 6400 metros (4 millas) por debajo de la superficie de la Tierra. Estas formas de vida son tan diferentes de nosotros como lo sería la vida alienígena de otro sistema solar. De hecho, su existencia en la Tierra estimula un optimismo cauteloso sobre el hecho de que pueda existir vida, o de que quizás alguna vez existió, en las aparentemente hostiles condiciones encontradas en otros planetas. ¿Qué es la vida y cómo evolucionó? ¿Podrían los organismos sobrevivir en la accidentada superficie lunar o en los inhóspitos ambientes de otros planetas?

1.1 ¿CÓMO ESTUDIAN LA VIDA LOS CIENTÍFICOS?

La vida puede estudiarse en diferentes niveles de organización

La biología utiliza los mismos principios y métodos que las demás ciencias. De hecho, un principio básico de la biología moderna es que los seres vivos siguen las mismas leyes de la física y la química que rigen la materia no viva. Así como la arena puede formar ladrillos que sirven para construir una pared y, a la vez, ésta forma la base de una estructura, los científicos perciben a los seres vivos y a la materia inanimada co-

mo una serie de *niveles de organización*, cada uno de los cuales constituye los cimientos del siguiente nivel (**FIGURA 1-1**).

En la Tierra toda la materia se compone de sustancias llamadas **elementos**, cada uno de los cuales es de tipo único. Un **átomo** es la partícula más pequeña de un elemento que conserva las propiedades de ese elemento. Un diamante, por ejemplo, se compone del elemento llamado carbono. La unidad más pequeña posible del diamante es un átomo individual de carbono. Los átomos pueden combinarse de formas específicas para formar estructuras llamadas **moléculas**; por ejemplo, un átomo de carbono puede combinarse con dos átomos de oxígeno para formar una molécula de dióxido de carbono. Aunque muchas moléculas simples se forman espontánea-

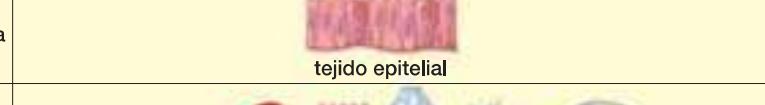
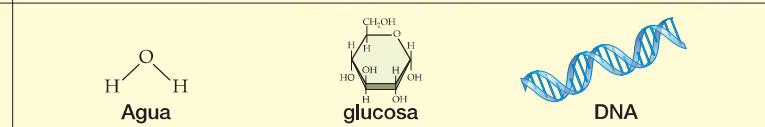
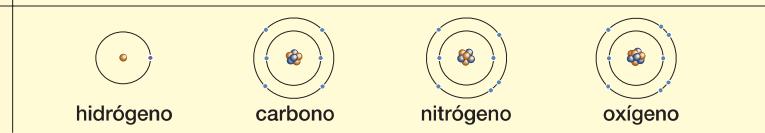
Comunidad	Dos o más poblaciones de especies diferentes que viven e interactúan en la misma área	 berrendo, halcón, pasto
Población	Miembros de una especie que habitan en la misma área	 rebaño de berrendos
Organismo multicelular	Ser vivo individual formado por muchas células	 berrendo
Sistema de órganos	Dos o más órganos que actúan en conjunto para realizar una función corporal específica	 el sistema digestivo
Órgano	Estructura que normalmente se compone de varios tipos de tejidos que forman una unidad funcional	 el estómago
Tejido	Grupo de células similares que desempeñan una función específica	 tejido epitelial
Célula	La unidad más pequeña de vida	 células sanguíneas células epiteliales célula nerviosa
Molécula	Una combinación de átomos	 Agua glucosa DNA
Átomo	La partícula más pequeña de un elemento que conserva las propiedades de ese elemento	 hidrógeno carbono nitrógeno oxígeno

FIGURA 1-1 Niveles de organización de la materia

La vida se basa en la química, pero la cualidad de la vida en sí surge en el nivel celular. Las interacciones entre los componentes de cada nivel y los niveles inferiores permiten el desarrollo del siguiente nivel más alto de organización. **EJERCICIO:** Piensa en una pregunta científica que pueda contestarse mediante la investigación a nivel celular, pero que sería imposible responder a nivel de tejido. Luego piensa en una que se responda a nivel de tejido, pero que no se conteste a nivel celular. Repite el proceso para otros dos pares inmediatos de niveles de organización.

mente, sólo los seres vivos fabrican moléculas extremadamente grandes y complejas. Los seres vivos se componen primordialmente de moléculas complejas, a las que se denomina **moléculas orgánicas**, lo cual significa que contienen una estructura de carbono a la que están unidos, al menos, algunos átomos de hidrógeno.

Aunque los átomos y las moléculas constituyen los bloques de construcción de la vida, la cualidad de la vida misma surge en el nivel celular. Así como un átomo es la unidad más pequeña de un elemento, la **célula** es la unidad más pequeña de vida (**FIGURA 1-2**). Aun cuando muchas formas de vida están compuestas de sólo una célula, en las formas de vida multicelulares, células de tipo similar se combinan para formar las estructuras que se conocen como **tejidos**; por ejemplo, el músculo es una clase de tejido. A la vez, varios tipos de tejidos se combinan para formar **órganos** (por ejemplo, el estómago o el riñón). Varios órganos que realizan conjuntamente una sola función forman un **sistema de órganos** (por ejemplo, el estómago es parte del sistema digestivo, en tanto que el riñón forma parte del sistema urinario). Por lo general, un organismo multicelular tiene varios sistemas de órganos.

Los niveles de organización van más allá de los organismos individuales. Los **organismos** con características morfológicas, fisiológicas y genéticas similares que son capaces de reproducirse entre sí constituyen una **especie**. Los organismos de la misma especie que viven en cierta área se consideran una **población**. El conjunto de poblaciones diferentes que interactúan entre sí forman una **comunidad** (véase la figura 1-1). Observa que cada nivel de organización incorpora a muchos miembros del nivel inferior: una comunidad incluye a muchas poblaciones, una población incluye a muchos organismos, etcétera.

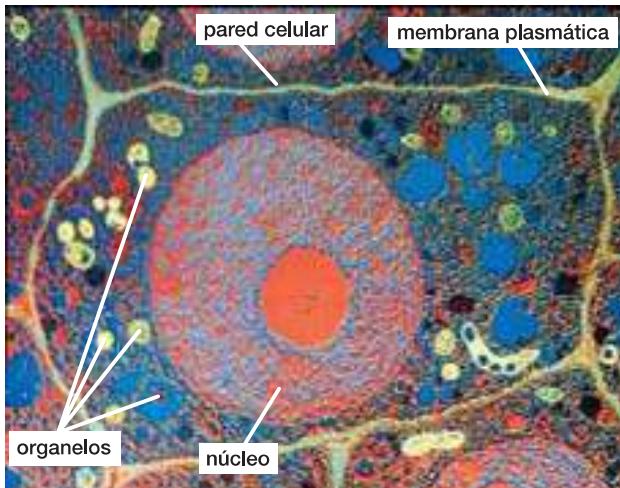


FIGURA 1-2 La célula es la unidad más pequeña de la vida
Esta micrografía de una célula vegetal, coloreada de manera artificial, muestra la pared celular que rodea y da soporte a las células vegetales (no a las animales). Junto a la pared, la membrana plasmática (presente en todas las células) controla las sustancias que entran en la célula y las que salen de ella. El núcleo contiene el DNA de la célula. Ésta también contiene varios tipos de organelos especializados. Algunos almacenan los alimentos; otros los descomponen para obtener energía útil. En las plantas, algunos organelos captan la energía luminosa.

Los biólogos trabajan con los distintos niveles de organización, dependiendo de la pregunta que se hayan formulado. Por ejemplo, para investigar cómo los berrendos digieren sus alimentos, un biólogo podría estudiar los órganos del sistema digestivo de ese animal o, a un nivel inferior, las células que cubren su tracto gastrointestinal. Al profundizar aún más, el científico podría investigar las moléculas biológicas secretadas por el tracto gastrointestinal que digieren el alimento del berrendo. Por otro lado, para indagar si la destrucción de su hábitat está mermando el número de berrendos, los científicos investigarían tanto la población de éstos como las poblaciones de otras especies con quienes interactúan y que forman la comunidad a la que pertenece el berrendo. Los investigadores deben reconocer y elegir el nivel de organización que sea más adecuado para responder la pregunta que se plantearon.

Los principios científicos fundamentan toda investigación científica

La investigación científica, incluida la biológica, se basa en un conjunto pequeño de suposiciones. Aunque nunca es posible demostrar absolutamente tales suposiciones, se les ha probado y validado de forma tan exhaustiva que las llamamos principios científicos. Se trata de los principios de *causalidad natural, uniformidad en el espacio y el tiempo, y percepción común*.

La causalidad natural es el principio que indica que todos los sucesos tienen causas naturales

A lo largo de la historia de la humanidad, se han adoptado dos enfoques para estudiar el origen de la vida y otros fenómenos naturales. El primero considera que algunos sucesos ocurren gracias a la intervención de fuerzas sobrenaturales que están más allá de lo que podemos comprender. Durante la Edad Media, mucha gente pensaba que la vida surgía espontáneamente de materia inerte. En el siglo XVII las personas creían que los gusanos se originaban a partir de la carne en putrefacción (véase “Investigación científica: Experimentos controlados, antes y ahora”) y que los ratones podrían crearse a partir de ropa interior sudada combinada con cascarilla de trigo dentro de un frasco abierto. Las convulsiones epilépticas alguna vez se consideraron resultado de la visita de los dioses al cuerpo del enfermo. En cambio, la ciencia se adhiere al principio de la **causalidad natural**, que señala que todos los sucesos tienen causas naturales que somos capaces de comprender. En la actualidad, sabemos que los gusanos son larvas de las moscas y que la epilepsia es una enfermedad del cerebro en la cual grupos de células nerviosas se activan de manera incontrolada. El principio de la causalidad natural tiene un corolario importante: la evidencia natural que reunimos no ha sido distorsionada de forma deliberada para engañarnos. Esta conclusión parecería obvia, pero no hace mucho tiempo algunos argumentaban que los fósiles no eran prueba de la evolución, sino que Dios los colocó en la Tierra para poner a prueba nuestra fe. Los grandes descubrimientos de la ciencia se basan en la premisa de la causalidad natural.

Las leyes naturales que rigen los sucesos son válidas en todo lugar y en cualquier momento

formes tanto en el espacio como en el tiempo. Las leyes de la gravedad, el comportamiento de la luz y las interacciones de los átomos, por ejemplo, son las mismas en la actualidad que hace mil millones de años y se cumplen tanto en Moscú como en Nueva York, o incluso en Marte. La uniformidad en el espacio y el tiempo resulta especialmente indispensable en biología, ya que muchos sucesos de gran importancia para esta disciplina, como la evolución de la diversidad actual de los seres vivos, ocurrieron antes de que hubiera seres humanos para observarlos. Hay quienes creen que cada uno de los diferentes tipos de organismos fue creado individualmente en algún momento del pasado por intervención directa de Dios; esta filosofía se conoce como *creacionismo*. Los científicos admiten sin reservas que no es posible demostrar que tal idea sea falsa. No obstante, el creacionismo se opone tanto a la causalidad natural como a la uniformidad en el tiempo. El abrumador éxito de la ciencia al explicar los sucesos ambientales por sus causas naturales logró que la mayoría de los científicos rechazaran el creacionismo como explicación de la diversidad de la vida en la Tierra.

La investigación científica se basa en la suposición de que las personas perciben los sucesos naturales de forma similar

Una tercera suposición básica de la ciencia es que, por regla general, todos los seres humanos perciben los sucesos naturales básicamente de la misma forma y que tales percepciones nos brindan información confiable acerca del mundo que nos rodea. Hasta cierto punto, la percepción común es una peculiaridad de la ciencia. Los sistemas de valores, como los que intervienen en la apreciación del arte, la poesía y la música, no suponen una percepción común. Quizá percibamos los colores y las formas de una pintura de manera similar (el aspecto científico del arte); pero no percibiríamos de forma idéntica el valor estético de la pintura (el aspecto humanista del arte; FIGURA 1-3). Los valores también difieren entre los individuos, a menudo como resultado de su cultura o de sus creencias religiosas. Como los sistemas de valores son subjetivos, no objetivos ni medibles, la ciencia no puede resolver ciertos tipos de problemas filosóficos o morales, como la moralidad en el caso del aborto.

El método científico es la base de la investigación científica

Considerando tales suposiciones, ¿cómo estudian los biólogos el funcionamiento de la vida? La investigación científica es un método riguroso para efectuar observaciones de fenómenos específicos y buscar el orden subyacente a dichos fenómenos. Por lo general, la biología y las demás ciencias utilizan el **método científico**, el cual consiste en seis operaciones interrelacionadas: *observación, pregunta de investigación, hipótesis, predicción, experimento y conclusión* (FIGURA 1-4a). Toda la investigación científica inicia con la **observación** de algún fenómeno específico. La observación, a la vez, lleva a **preguntas** del tipo “¿cómo sucedió esto?”. Luego, por un destello de perspicacia, o más comúnmente después de largo e intenso razonamiento, se formula una **hipótesis**, que es una suposición basada en observaciones previas, que se ofrece como respuesta a la pregunta y como explicación natural del fenómeno observado. Para ser útil, la hipótesis debe conducir a una , que por lo general se expresa como un enunciado

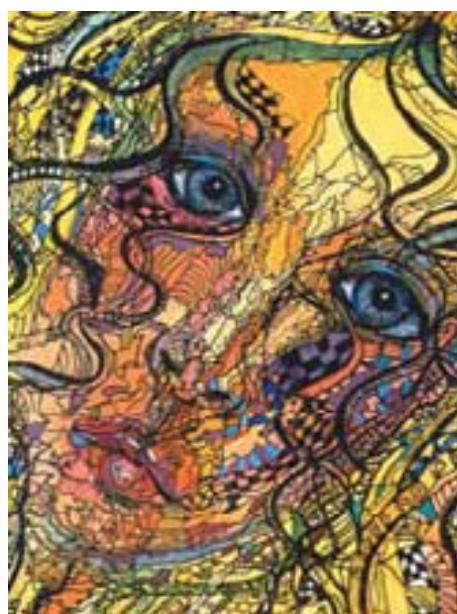


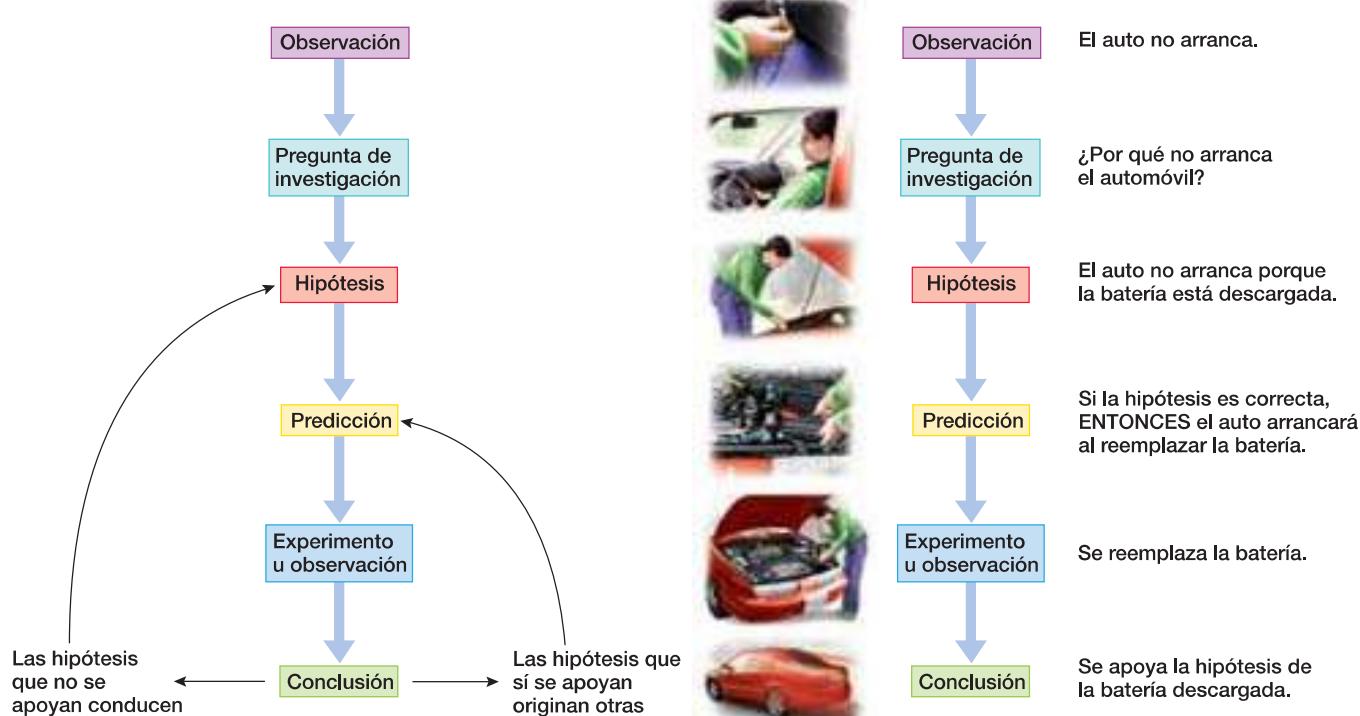
FIGURA 1-3 Los sistemas de valores difieren

Aunque por lo general las personas están de acuerdo acerca de los colores y las formas de esta obra de arte, preguntas como “¿qué significa?” o “¿es hermosa?” tendrían diferentes respuestas de observadores distintos.

de la forma “Si... entonces”. La predicción es susceptible de probarse con observaciones cuidadosamente controladas llamadas **experimentos**. Tales experimentos producen resultados que apoyan o refutan la hipótesis, lo cual permite que los científicos obtengan una **conclusión** acerca de la validez de la hipótesis. Un solo experimento nunca es una base suficiente para llegar a una conclusión: los resultados deben ser reproducibles o replicables, no sólo por el investigador original, sino también por otros investigadores.

Los experimentos simples prueban la afirmación de que un solo factor, o **variable**, es la causa de una sola observación. Para tener validez científica, el experimento debe descartar otras posibles variables como la causa de la observación. Por ello, los científicos diseñan **controles** en sus experimentos. En los controles, todas las variables que no se someten a prueba permanecen constantes. Luego, los controles se comparan con la situación experimental, donde sólo cambia la variable que se está probando. En el siglo XVII, Francesco Redi empleó el método científico para probar la hipótesis de que las moscas no surgen de forma espontánea a partir de la carne en descomposición, método que aún se usa en la actualidad, como ilustra el experimento de Malte Andersson, para probar la hipótesis de que las hembras de las aves llamadas viudas del paraíso preferían aparearse con machos de colas largas (véase “Investigación científica: Experimentos controlados, antes y ahora”).

Quizá tú utilizas alguna variación del método científico para resolver problemas cotidianos (FIGURA 1-4b). Por ejemplo, cuando se te hace tarde para llegar a una cita importante, subes de prisa al automóvil, giras la llave de encendido y haces la **observación** de que no quiere arrancar. Tú **pregunta** es ¿por qué no quiere arrancar?, la cual de inmediato te conduce a una

**FIGURA 1-4** El método científico

a) El proceso general. b) Un ejemplo de la vida cotidiana.

a una *predicción*: si la batería está descargada, entonces una batería nueva te permitirá encender el motor. Rápidamente, diseñas un *experimento*: reemplazas la batería por la del auto nuevo de tu compañero de habitación e intentas arrancarlo de nuevo. El resultado apoya tu hipótesis, porque el automóvil enciende de inmediato. Pero, ¡un momento! No incluiste controles para algunas variables. Tal vez el cable de la batería estaba flojo y lo único que hacía falta era apretarlo. Al darte cuenta de que necesitas un buen *control*, vuelves a instalar tu vieja batería, asegurándote de que los cables estén bien apretados, y tratas de arrancar el auto otra vez. Si una y otra vez el automóvil se niega a arrancar con la batería vieja y los cables bien apretados, pero arranca de inmediato con la batería nueva de tu compañero, aislaste una sola *variable*, la batería. Así, aunque quizás sea muy tarde para tu cita, seguramente podrás obtener la *conclusión* de que tu batería vieja estaba descargada.

El método científico es poderoso, pero es importante reconocer sus limitaciones. En particular, los científicos pocas veces pueden tener la certeza de que han controlado *todas* las variables, además de la que tratan de estudiar. Por lo tanto, las conclusiones científicas siempre deben permanecer como tentativas y estar sujetas a revisión, si nuevas observaciones o experimentos así lo exigen.

La comunicación es esencial para la ciencia

Un último elemento importante para la ciencia es la *comunicación*. No importa qué tan bien diseñado esté un experimento, resultará infructuoso si no se comunica minuciosa y exactamente. En la actualidad, el diseño experimental y las conclusiones de Redi sobreviven sólo porque registró cuida-

dosamente sus métodos y observaciones. Si los experimentos no se dieran a conocer a otros científicos con los suficientes detalles como para que puedan repetirse, no sería posible verificar las conclusiones. Sin verificación, los resultados científicos no pueden utilizarse con seguridad como la base de nuevas hipótesis y experimentos adicionales.

Un aspecto fascinante de la investigación científica es que cuando un científico obtiene una conclusión, ésta de inmediato origina más preguntas que conducen a otras hipótesis y a más experimentos (¿por qué se descargó tu batería?). La ciencia es una búsqueda interminable de conocimientos.

La ciencia es un esfuerzo humano

Los científicos son personas comunes. Los impulsan los mismos intereses, ambiciones, logros y temores que a otros individuos, y a veces cometan errores. Como veremos en el capítulo 9, la ambición jugó un papel importante en el descubrimiento de la estructura del DNA realizado por James Watson y Francis Crick. Los accidentes, las conjecturas afortunadas, las controversias con científicos rivales y, desde luego, las facultades intelectuales de algunos investigadores hacen grandes aportaciones a los avances científicos. Para ilustrar lo que podríamos llamar “ciencia verdadera”, consideraremos un caso real.

Cuando los microbiólogos estudian bacterias utilizan *cultivos* puros, es decir, recipientes con bacterias que no estén contaminados por otras bacterias o mohos. Sólo si estudian un único tipo a la vez podrán conocer las propiedades de esa bacteria específica. Así, al primer indicio de contaminación, normalmente se desechan los cultivos, casi siempre farfullando por la técnica descuidada. Sin embargo, en una de esas ocasiones, a finales de la década de 1920, el bacteriólogo escocés

INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Experimentos controlados, antes y ahora

Un experimento clásico realizado por el médico italiano Francesco Redi (1621-1697) demuestra bellamente el método científico y ayuda a ilustrar el principio de causalidad natural y también constituye la base de la ciencia moderna. Redi investigó por qué los gusanos (que son las larvas de las moscas) aparecen en la carne en descomposición. En la época de Redi, el hecho de que se formaran gusanos en la carne se consideraba prueba de la generación espontánea, es decir, la producción de seres vivos a partir de la materia inerte.

Redi observó que las moscas pululaban cerca de la carne fresca y que los gusanos aparecían en la carne que se dejaba a la intemperie unos cuantos días. Formuló una hipótesis demostrable: Las moscas producen los gusanos. En su experimento, Redi intentó probar sólo una variable: el acceso de las moscas a la carne. Así que tomó dos frascos transparentes y colocó dentro de ellos trozos de carne semejantes. Dejó un frasco abierto (el frasco de control) y cubrió el otro con una gasa para mantener afuera a las moscas (el frasco experimental). Se esforzó lo mejor que pudo para mantener constantes las demás variables (por ejemplo, el tipo de frasco, el tipo de carne y la temperatura). Después de unos cuantos días, observó gusanos en el frasco que estaba abierto; pero no notó ninguno en la carne del frasco cubierto. Redi concluyó que su hipótesis era correcta y que los gusanos eran producidos por las moscas, no por la carne (**FIGURA E1-1**). Sólo mediante experimentos controlados fue posible descartar la duradera hipótesis de la generación espontánea.

En la actualidad, más de 300 años después del experimento de Redi, los científicos emplean el mismo enfoque para diseñar sus experimentos. Piensa en el experimento que diseñó Malte Andersson para investigar las colas largas de las aves llamadas viudas del paraíso. Andersson observó que las viudas del paraíso machos, y no las hembras, tenían colas extraordinariamente largas, las cuales despliegan mientras vuelan por las praderas africanas (**FIGURA E1-2**). Esta observación llevó a Anders-

FIGURA E1-1 Los experimentos de Francesco Redi

PREGUNTA: El experimento de Redi descartó la generación espontánea; pero, ¿demuestra de manera concluyente que las moscas producen los gusanos? ¿Qué clase de experimento de seguimiento sería necesario para determinar mejor el origen de los gusanos?

son a plantear la pregunta de investigación: ¿Por qué sólo los machos tienen colas tan largas? Su hipótesis fue que los machos tienen colas largas porque las hembras prefieren aparearse con machos de colas largas, los cuales, desde luego, tienen mayor descendencia que los machos de cola más corta. Con base en esa hipótesis, Andersson predijo que si su hipótesis era verdadera, entonces más hembras construirían nidos en los territorios de los machos con colas artificialmente alargadas, que las que construirían los nidos en los territorios de los machos con la cola artificialmente recortada. Después, atrapó algunos machos y les recortó sus colas hasta aproximadamente la mitad de su longitud original y luego los soltó (grupo experimental 1). Otro grupo de machos tenían pegadas las plumas de las colas que se quitaron a los machos del primer grupo (grupo experimental 2). Por último, Andersson tuvo dos grupos de control: a uno se le cortó la cola y luego se le volvió a poner (para contro-

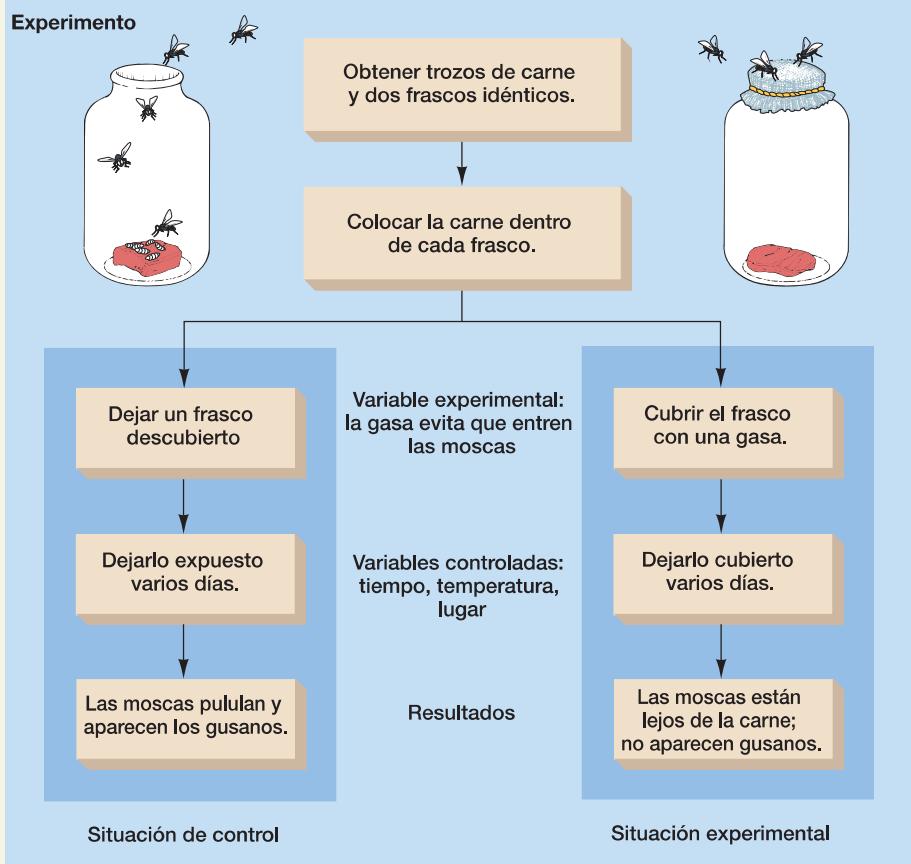
Observación: Las moscas pululan alrededor de la carne que se deja descubierta; los gusanos aparecen en la carne.

Pregunta de investigación: ¿De dónde provienen los gusanos en la carne?

Hipótesis: Las moscas engendran los gusanos.

Predicción: Si la hipótesis es correcta, ENTONCES mantener a las moscas alejadas de la carne evitará que aparezcan los gusanos.

Experimento



Conclusión: El experimento apoya la hipótesis de que las moscas son la causa de los gusanos y que los gusanos no surgen por generación espontánea.

lar el efecto de atrapar a las aves y manipular sus plumas); en el otro, los animales fueron simplemente atrapados y liberados. El investigador hizo lo posible para asegurarse de que la longitud de las colas fuera la única variable modificada. Después de unos cuantos días, Andersson contó el número de nidos que las hembras habían construido en cada uno de los territorios de los machos. Encontró que los machos con colas alargadas tenían más nidos en sus territorios, los machos con colas recortadas tenían menos y los machos de control (con las colas de tamaño normal) tenían un número intermedio de nidos (**FIGURA E1-3**). Andersson concluyó que su hipótesis era correcta y que las viudas del paraíso hembras preferían aparearse con machos de cola larga.



FIGURA E1-2 Viuda del paraíso macho

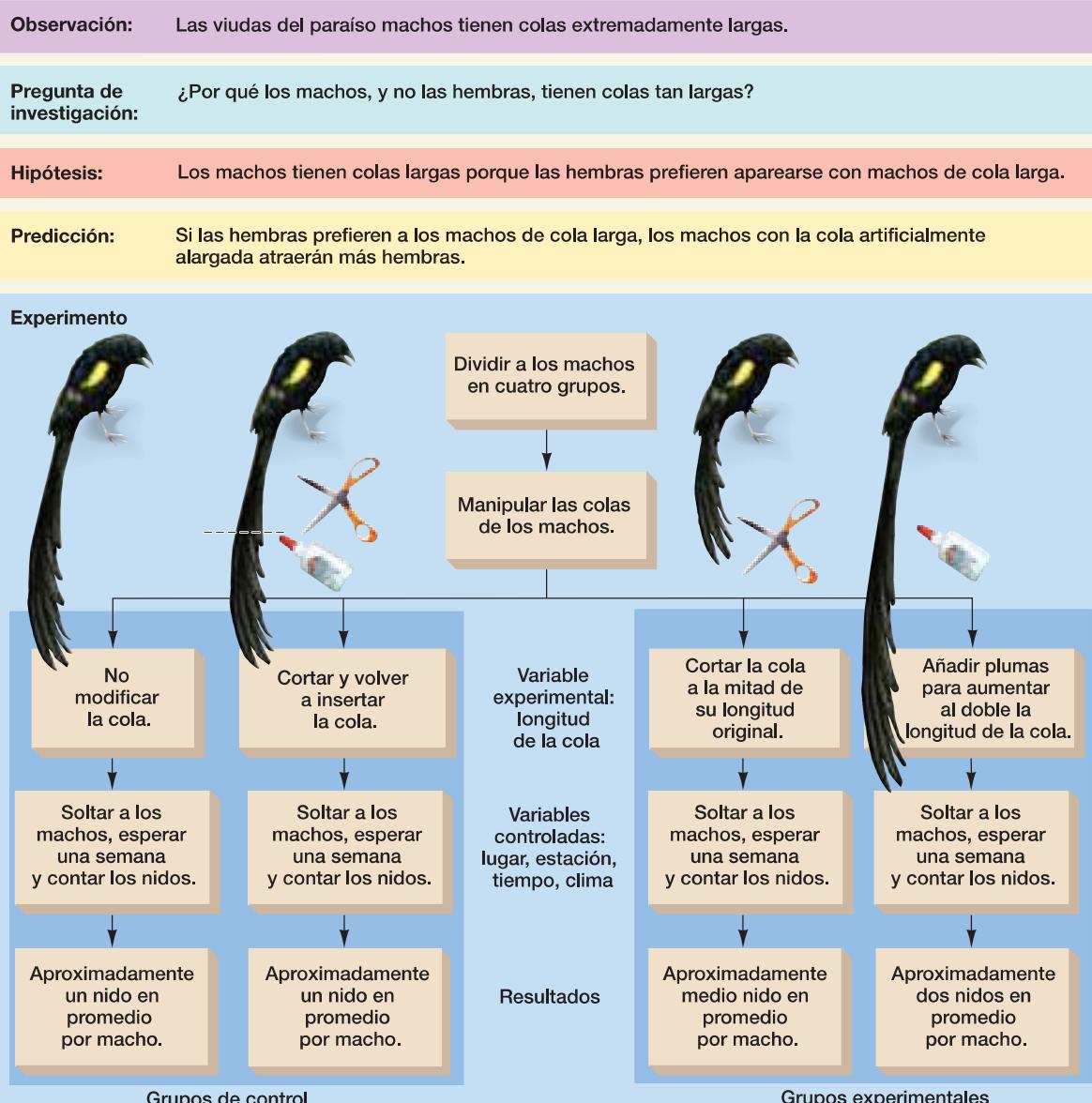
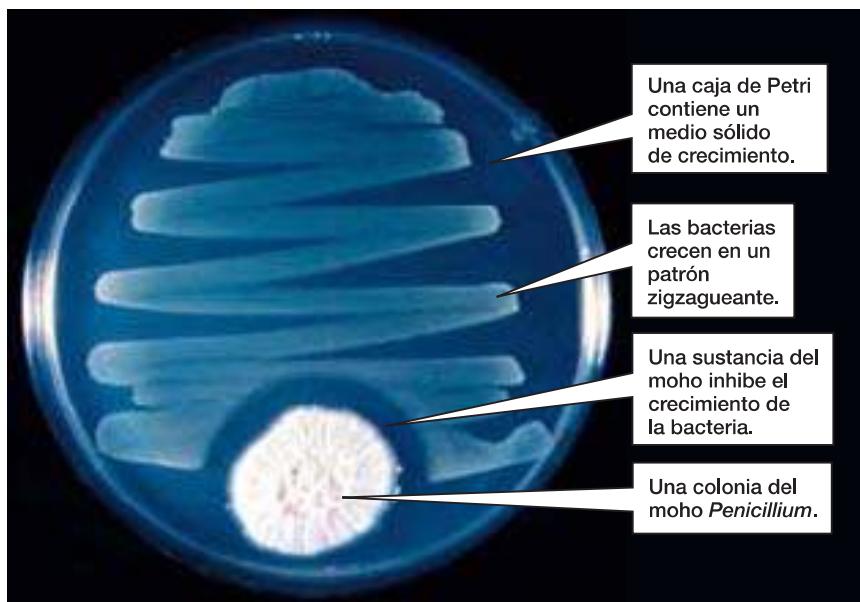


FIGURA E1-3 Los experimentos de Malte Andersson



Alexander Fleming convirtió un cultivo contaminado en uno de los más grandes avances médicos de la historia.

Uno de los cultivos bacterianos de Fleming se contaminó con una mancha de un moho llamado *Penicillium*. Antes de tirar el recipiente del cultivo, Fleming observó que cerca del moho no crecían bacterias (FIGURA 1-5). ¿Por qué no? Fleming estableció la hipótesis de que el *Penicillium* libera una sustancia que acaba con las bacterias que crecen cerca de él. Para probar tal hipótesis, Fleming cultivó algo de *Penicillium* puro en un caldo nutritivo líquido. Luego quitó el moho *Penicillium* filtrando el caldo y aplicó el líquido donde se había reproducido el moho a un cultivo bacteriano no contaminado. En efecto, algo en el líquido mataba las bacterias. Investigaciones posteriores de tales extractos de mohos llevaron a la producción del primer antibiótico: la penicilina, que es una sustancia que acaba con las bacterias y que, desde entonces, ha salvado millones de vidas. Los experimentos de Fleming son un ejemplo clásico del uso de la metodología científica. Partieron de una observación que originó una hipótesis, seguida de pruebas experimentales de la hipótesis que, a final de cuentas, llevaron a una conclusión. No obstante, el método científico por sí solo habría sido inútil sin la afortunada combinación de un accidente y una mente científica brillante. Si Fleming hubiera sido un microbiólogo “perfecto”, no habría tenido cultivos contaminados. Si hubiera sido menos observador, la contaminación sólo habría sido otro recipiente de cultivo echado a perder. En cambio, fue el principio de la terapia con antibióticos para combatir enfermedades bacterianas. Como señaló el microbiólogo francés Louis Pasteur: “La casualidad favorece a las mentes preparadas”.

Las teorías científicas se han probado una y otra vez

Los científicos dan a la palabra *teoría*

FIGURA 1-5 La penicilina mata bacterias

Una colonia blanca difusa del moho *Penicillium* inhibe el crecimiento de la colonia de la bacteria causante de la enfermedad *Staphylococcus aureus*, que se untó en forma de zigzag en este recipiente con un medio de crecimiento gelatinoso. Tanto el molde como las bacterias son visibles sólo cuando crecen a altas densidades, como en las colonias que se observan aquí.

PREGUNTA: ¿Por qué algunos mohos producen sustancias que son tóxicas para las bacterias?

científica es mucho más general y confiable que una hipótesis. Lejos de ser una conjetura informada, una teoría científica es una explicación general de fenómenos naturales importantes, desarrollada a través de observaciones extensas y reproducibles. Es más parecida a un *principio* o una *ley natural*. Por ejemplo, teorías científicas como la teoría atómica (de que toda la materia se compone de átomos) y la teoría de la gravedad

tación (de que los objetos se atraen mutuamente) son fundamentales para la ciencia de la física. Asimismo, la *teoría celular* (de que todos los seres vivos se componen de células) y la *teoría de la evolución* son fundamentales para el estudio de la biología. Los científicos describen los principios fundamentales como “teorías” en vez de como “hechos”, porque una premisa básica de la investigación científica es que se debe realizar con la mente abierta. Si surgen evidencias convincentes, la teoría se modificará.

Un ejemplo moderno de la necesidad de tener la mente abierta ante el hallazgo de nuevas pruebas científicas es el descubrimiento de los *priones*, que son proteínas infecciosas (véase el estudio de caso del capítulo 3). Antes de la década de 1980, todos los agentes de las enfermedades infecciosas conocidas poseían material genético —ya fuera DNA o la molécula relacionada, RNA. Cuando el neurólogo Stanley Prusiner, de la Universidad de California en San Francisco, publicó evidencia en 1982 de que el scrapie o tembladera (una enfermedad infecciosa que provoca la degeneración del cerebro en los bovinos) en realidad es originada y transmitida por una proteína sin material genético, sus hallazgos fueron recibidos con mucha incredulidad. Se descubrió que los priones son los causantes de “la enfermedad de las vacas locas”, que mató no sólo a ganado, sino a más de 150 personas que consumieron carne de reses infectadas. Antes del descubrimiento de los priones, el concepto de una proteína infecciosa era desconocido para la ciencia. Sin embargo, al tener la voluntad de modificar las creencias arraigadas para aplicar nueva información, los científicos conservan la integridad del proceso científico, mientras aumentan su conocimiento de las enfermedades. Gracias a su investigación pionera, Stanley Prusiner fue galardonado con el Premio Nobel de Medicina en 1997.

La ciencia se basa en el razonamiento

Las teorías científicas nacen del **razonamiento inductivo**

teoría de que la Tierra ejerce fuerzas gravitacionales sobre los objetos nace de observaciones repetidas de los cuerpos que caen hacia la Tierra y de la total carencia de observaciones de objetos que “caigan hacia arriba”. Asimismo, la teoría celular surge de la observación de que todos los organismos que tienen los atributos de la vida se componen de una o más células, y de que nada que no esté formado por células posee todos esos atributos.

Una vez que se formula una teoría científica, puede servir para apoyar el razonamiento deductivo. En las ciencias, el **razonamiento deductivo** es el proceso de generar hipótesis acerca del resultado de un experimento o una observación específicos, con base en una generalización bien sustentada, como una teoría científica. Según la teoría celular, por ejemplo, si se halla un organismo nuevo que presente todos los atributos de la vida, los científicos pueden conjeturar o deducir con certeza que estará compuesto por células. Desde luego, hay que someter al nuevo organismo a un examen microscópico cuidadoso para detectar su estructura celular: si aparecen pruebas convincentes, una teoría puede modificarse.

Las teorías científicas se establecen de manera que potencialmente puedan refutarse

Una diferencia fundamental entre una teoría científica y una creencia basada en la fe es que la primera puede *refutarse*, mientras que la segunda no puede hacerlo. El potencial que debe refutarse es por qué los científicos continúan refiriéndose a los preceptos básicos de la ciencia como “teorías”. Por ejemplo, veamos la existencia de los elfos. El enfoque científico en cuanto a los elfos es que no hay pruebas sólidas que demuestren su existencia y que, por lo tanto, no existen. La gente que tiene fe en la existencia de los elfos podría describirlos como seres tan discretos que es imposible atraparlos, observarlos o incluso detectarlos. En cambio, tales personas dirían que los elfos se manifiestan sólo ante quienes creen en ellos. La teoría científica de que los elfos no existen fácilmente podría refutarse si alguien atrapara a uno u ofreciera alguna otra evidencia comprobable y objetiva de su existencia. En contraste, las afirmaciones basadas en la fe de que los elfos existen, así como otras suposiciones fundamentadas en la creación divina, se establecen de manera que nunca puedan refutarse. Por tal razón, los artículos de fe están más allá del alcance de la ciencia.

1.2 EVOLUCIÓN: LA TEORÍA UNIFICADORA DE LA BIOLOGÍA

tre las diferentes formas de vida. Desde que, a mediados del siglo XIX, dos naturalistas ingleses, Charles Darwin y Alfred Russel Wallace, formularon la teoría de la evolución, ésta ha sido apoyada por el hallazgo de fósiles, los estudios geológicos, el fechado radiactivo de rocas, la genética, la biología molecular, la bioquímica y los experimentos de crianza animal. Quienes consideran la evolución como “una mera teoría” tienen una idea totalmente equivocada de lo que significa *teoría* para los científicos.

Tres procesos naturales sustentan la evolución

La teoría científica de la **evolución** afirma que los organismos modernos descendieron, con ciertas modificaciones, de formas de vida preexistentes. La fuerza más importante en la evolución es la **selección natural**, es decir, el proceso mediante el cual organismos con características específicas que les ayudan a enfrentar los rigores de su ambiente sobreviven y se reproducen con mayor éxito que otros que no tienen esas características. Los cambios que ocurren durante la evolución son resultado de la selección natural que actúa sobre las variaciones heredadas que suceden entre los individuos de una población, lo cual origina cambios en la población de una generación a otra. La variación sobre la cual actúa la selección natural es un resultado de pequeñas diferencias en la composición genética de los individuos dentro de la población.

La evolución es consecuencia de tres procesos naturales: *variación genética* entre miembros de una población debida a diferencias en su DNA, *herencia* de esas modificaciones a la descendencia de individuos que son portadores de la variación y *selección natural*, es decir, la reproducción favorecida de organismos con variaciones que les ayudan a enfrentar su ambiente.

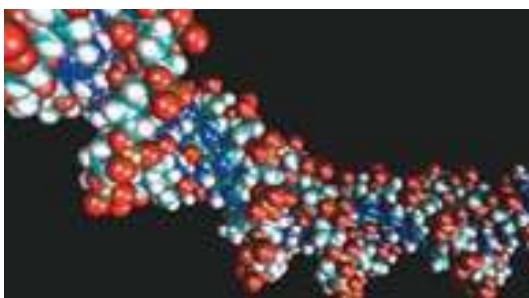
La variabilidad genética entre los organismos se hereda

Examina a tus compañeros de clase y observa qué tan diferentes son, o ve a una clínica veterinaria y fíjate en las diferencias entre los perros en cuanto a tamaño, forma y color del pelo. Aunque parte de esta variación (en especial entre tus compañeros de clase) se debe a diferencias en el ambiente y el estilo de vida, la influencia principal son los genes. Casi todos nosotros, por ejemplo, seríamos capaces de levantar pesas durante el resto de nuestra vida y nunca desarrollaríamos una musculatura como la de “Mister Universo”.

Pero, ¿qué son los genes? La información hereditaria de todas las formas de vida conocidas está contenida dentro de un tipo de molécula llamada **ácido desoxirribonucleico** o **DNA** (**FIGURA 1-6**). El DNA de un organismo está contenido en los **cromosomas** de cada célula y es el proyecto genético o el manual de instrucciones molecular de la célula, es decir, es la guía para la construcción y el funcionamiento de su cuerpo. Los genes son segmentos de la molécula de DNA. Cada uno de los genes dirige la formación de uno de los componentes moleculares fundamentales del cuerpo del organismo. Cuando se reproduce un organismo, pasa una copia de sus cromosomas con DNA a su progenie.

La exactitud del proceso de copiado del DNA es asombrosamente alta: en los seres humanos ocurren sólo 25 errores, llamados **mutaciones**, por cada mil millones de bits de la información que se copia.

Las mutaciones también ocurren por daños al DNA causados, por ejemplo, por exposición a la luz ultravioleta, a partícu-

**FIGURA 1-6 DNA**

Un modelo generado por computadora del DNA, la molécula de la herencia. Como señaló su descubridor James Watson, “una estructura así de maravillosa simplemente tiene que existir”.

las radiactivas o a sustancias químicas tóxicas como las del humo del cigarrillo. Tales errores ocasionales alteran la información genética o los grupos de genes dentro de los cromosomas. La mayoría de las mutaciones no tienen efecto alguno o son inocuas. Por ejemplo, las mutaciones en las células de la piel causadas por demasiada exposición a la luz ultravioleta pueden ocasionar cáncer en la piel. Las mutaciones causadas en las células de los pulmones por las sustancias tóxicas del humo del cigarrillo pueden provocar cáncer pulmonar. No obstante, en muy raras ocasiones, sucederá una mutación cuando se forman un espermatozoide o un óvulo, lo cual permite que se transmita a la progenie del organismo. Como resultado, cada célula del cuerpo del nuevo individuo llevará esta *mutación hereditaria*, que podría afectar de forma negativa el desarrollo del nuevo organismo; en tanto que otros cambios en el material genético provocarían enfermedades como el síndrome Down. Incluso otras mutaciones, muchas de las cuales se presentaron hace millones de años y se han transmitido de padres a hijos a través de incontables generaciones, provocan diferencias en altura, proporción corporal, rasgos faciales, y color de piel, cabello y ojos.

La selección natural tiende a preservar los genes que ayudan a un organismo a sobrevivir y a reproducirse

En promedio, los organismos que mejor enfrentan los desafíos de su ambiente son los que dejan más progenie. Los descendientes heredan los genes que permitieron tener éxito a sus progenitores. Así, la selección natural preserva los genes que ayudan a los organismos a desarrollarse en su ambiente. Por ejemplo, un gen mutado que transmite información para que los castores tengan dientes más grandes permitió que aquellos que presentaban esa mutación cortaran mejor los árboles, construyeran diques y refugios más grandes y comieran más corteza que los castores “ordinarios”. Puesto que esos castores con dientes más grandes obtendrían más alimentos y mejor abrigo que sus parientes de dientes más pequeños, probablemente criarián más hijos, los cuales heredarían de los padres los genes para dientes grandes. Con el paso del tiempo, los castores de dientes más pequeños, menos exitosos, serían cada vez más escasos. Y después de muchas generaciones, todos los castores tendrían dientes grandes.

Las estructuras, los procesos fisiológicos o las conductas que ayudan a la supervivencia y a la reproducción en un ambiente específico se denominan **adaptaciones**. Casi todas las características que tanto admiramos en otros seres vivos, como

las patas largas de los ciervos, las alas majestuosas de las águilas y las columnas poderosas de los troncos de las secuoyas, son adaptaciones moldeadas durante millones de años de mutaciones aleatorias y selección natural.

A lo largo de milenios, la interacción del ambiente, la variación genética y la selección natural han dado como resultado inevitable la evolución: la modificación en las frecuencias genéticas de las poblaciones. Se trata de cambios que han sido documentados muchas veces tanto en laboratorios como en ambientes naturales. Por ejemplo, los antibióticos han actuado como agentes de la selección natural sobre poblaciones de bacterias, provocando la evolución hacia formas de bacterias resistentes a los antibióticos. Las podadoras de césped originaron cambios en la composición genética de poblaciones de dientes de león, al favorecer a aquellos que producen flores con tallos más cortos. Los científicos han explicado el surgimiento espontáneo de especies de plantas totalmente nuevas a causa de mutaciones que alteran el número de cromosomas de aquéllas.

Lo que alguna vez ayudó a sobrevivir a un organismo, más adelante podría convertirse en un impedimento para éste. Si el ambiente cambia, por ejemplo, como sucede con el calentamiento global, la composición genética que mejor adapte a los organismos a su ambiente también cambiará con el paso del tiempo. Cuando nuevas mutaciones aleatorias incrementan la adaptabilidad de un organismo a un ambiente alterado, tales mutaciones se difundirán por toda la población. Las poblaciones de una misma especie que viven en ambientes diferentes estarán sujetas a distintos tipos de selección natural. Si las diferencias son suficientemente considerables y continúan durante el tiempo necesario, a final de cuentas occasionarán que las poblaciones se volvieran bastante diferentes como para reproducirse entre sí: una nueva especie habrá evolucionado.

Sin embargo, si no ocurren mutaciones favorables, un ambiente que cambie condenaría a algunas especies a la extinción. Los dinosaurios (**FIGURA 1-7**) se extinguieron no porque tuvieran malformaciones (después de todo, dominaron durante 100 millones de años), sino porque no pudieron adaptarse con la suficiente rapidez a las condiciones cambiantes.

Dentro de hábitat específicos, diversos organismos han desarrollado complejas interrelaciones entre sí y con el medio. El término **biodiversidad** abarca la diversidad de las especies y la forma en que éstas interactúan. En décadas recientes, la rapidez del cambio ambiental se ha incrementado significativamente debido a las actividades del ser humano. Muchas especies silvestres son incapaces de adaptarse a cambios tan rápidos. En los hábitat más afectados por el hombre, muchas especies se están acercando hacia la extinción. Este concepto se tratará más a fondo en la sección “Guardián de la Tierra: ¿Por qué debemos conservar la biodiversidad?”

1.3 ¿CUÁLES SON LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS SERES VIVOS?

¿Qué es la vida? Si consultamos la palabra *vida* en un diccionario, encontraríamos definiciones como “la cualidad que distingue a un ser vital y funcional, de un cuerpo inerte”; pero no sabríamos en qué consiste tal “cualidad”. La cualidad de la vida surge como resultado de las increíblemente complejas interacciones ordenadas entre moléculas no vivas. ¿Cómo se



FIGURA 1-7 Esqueleto de Triceratops

Este *Triceratops* vivió en lo que ahora es el estado de Montana hace aproximadamente 70 millones de años. Nadie sabe con certeza qué provocó la extinción de los dinosaurios; pero sí sabemos que fueron incapaces de desarrollar nuevas adaptaciones para seguir el ritmo de los cambios en su hábitat.

originó la vida? Aunque los científicos tienen varias hipótesis acerca de como surgió por primera vez vida en la Tierra (véase el capítulo 17), no hay teorías científicas que describan el origen de la vida. La vida es una cualidad intangible que desafía una simple definición. No obstante, podemos describir algunas de las características de los seres vivos que, en conjunto, no se encuentran en los objetos inanimados. Si caminas por un lugar al aire libre, verás muchas de tales características (véase “Enlaces con la vida: La vida que nos rodea”):

- Los seres vivos están compuestos de células que tienen una estructura compleja y organizada.
- Los seres vivos responden a los estímulos de su ambiente.
- Los seres vivos mantienen activamente su compleja estructura y su ambiente interno; este proceso se denomina *homeostasis*.

- Los seres vivos obtienen y usan materiales y energía de su ambiente, y los convierten en diferentes formas.
- Los seres vivos crecen.
- Los seres vivos se reproducen utilizando un patrón molecular de DNA.
- Los seres vivos, en general, tienen la capacidad de evolucionar.

Explaremos esas características con mayor profundidad.

Los seres vivos son complejos, están organizados y se componen de células

En el capítulo 4 veremos cómo, a principios del siglo xix, mientras examinaban seres vivos con microscopios antiguos, los científicos crearon la **teoría celular**, la cual señala que la célula es la unidad básica de la vida. Incluso una sola célula posee una elaborada estructura interna (véase la figura 1-2). Todas las células contienen **genes**, que son unidades de herencia que brindan la información necesaria para controlar la vida de la célula, y algunas, como las eucariotas, tienen **organelos**, es decir, pequeñas estructuras que se especializan en realizar funciones específicas como el movimiento de la célula, la obtención de energía y la síntesis de moléculas grandes. Las células están rodeadas de una delgada capa de **membrana plasmática**, que cubre el **citoplasma** (que incluye los organelos y el medio acuoso que los rodea) y separa la célula del mundo exterior. Algunas formas de vida, casi todas microscópicas, consisten en una sola célula. Tu cuerpo y los cuerpos de los organismos que nos son más familiares están compuestos de muchas células muy bien organizadas para realizar funciones especializadas. La pulga de agua ilustra bellamente la complejidad de una forma de vida multicelular más pequeña que la letra “o” de este libro (**FIGURA 1-8**).

Los seres vivos mantienen condiciones internas relativamente constantes mediante la homeostasis

No es fácil mantener estructuras complejas y bien organizadas. Ya se trate de las moléculas de nuestro cuerpo o de los libros y papeles sobre nuestro escritorio, la organización tiende hacia el caos, si no se utiliza energía para sustentarlo. (Estudiaremos dicha tendencia más a fondo en el capítulo 6). Para conservarse vivos y funcionar con eficacia, los organismos deben mantener relativamente constantes las condiciones internas de su cuerpo, que es un proceso denominado **homeostasis** (que se deriva de vocablos griegos que significan “mantenerse igual”). Por ejemplo, los organismos deben regular con precisión la cantidad de agua y sal dentro de sus células. Sus cuerpos también deben mantenerse a temperaturas adecuadas para que ocurran las funciones biológicas. Entre los animales de sangre caliente, los órganos vitales como el cerebro y el corazón se mantienen a una temperatura constante,



FIGURA 1-8 La vida es compleja y está organizada

La pulga de agua, *Daphnia longispina*, mide sólo 1 mm de largo (0.001 metros); pero tiene patas, boca, tracto digestivo, órganos de reproducción, ojos sensibles a la luz e incluso un cerebro muy impresionante en relación con su tamaño.

“La pérdida de especies es la insensatez que es menos probable que nuestros descendientes vayan a perdonarnos”.
—E. O. Wilson, profesor de la Universidad de Harvard

¿Qué es la biodiversidad y por qué debemos preocuparnos por conservarla? *Biodiversidad* se refiere a la totalidad de especies en una región específica y es el resultado de la complejidad de las interacciones entre ellas. Durante los 3500 millones de años de existencia de la vida en la Tierra, se calcula que la evolución ha producido entre 8 y 10 millones de especies únicas e insustituibles. De ellas, los científicos han dado nombre a tan sólo cerca de 1.4 millones, de las cuales apenas se ha estudiado una porción mínima. Sin embargo, la evolución no se ha dedicado únicamente a producir millones de especies independientes. A lo largo de milenios, los organismos de una zona determinada han sido moldeados por las fuerzas de la selección natural ejercidas por otras especies vivas y por el ambiente inanimado donde viven. El resultado ha sido una comunidad, es decir, la muy compleja trama de formas de vida interdependientes, cuyas interacciones las preservan mutuamente. Al participar en el ciclo natural del agua, el oxígeno y los nutrientes, así como al producir suelos fértilles y purificar los desechos, esas comunidades contribuyen también al mantenimiento de la vida humana. El concepto de biodiversidad ha surgido como resultado de nuestra creciente preocupación por la pérdida de incontables formas de vida y del hábitat que les da sustento.

Los trópicos albergan a la gran mayoría de todas las especies del planeta: tal vez de 7 a 8 millones de ellas, las cuales viven en comunidades complejas. La rápida destrucción del hábitat en los trópicos —desde las selvas tropicales hasta los arrecifes de coral—, como resultado de las actividades humanas, está causando elevadas tasas de extinción en muchas especies (**FIGURA E1-4**). La mayoría de tales especies aún no tiene nombre, en tanto que otras ni siquiera han sido descubiertas. Aparte del aspecto ético de erradicar formas de vida irremplazables, al empujar a organismos desconocidos hacia la extinción, perdemos fuentes potenciales de medicinas, alimentos y materias primas para la industria.

Por ejemplo, se descubrió que un parente silvestre del maíz, el cual no sólo es muy resistente a las enfermedades, sino que además es perenne (es decir, dura más de una temporada de crecimiento), crecía en México únicamente en una parcela de unas 10 hectáreas (25 acres), la cual estaba programada para su corte y quema una semana después del descubrimiento. Algun día los genes de esta planta podrían mejorar la resistencia a las enfermedades del maíz o crear una planta de maíz perenne. El arrayán rosa, una fanerógama que crece en la selva tropical de la isla de Madagascar (frente a la costa oriental de África), produce dos sustancias que se han comercializado ampliamente para el tratamiento de la leucemia y la enfermedad de Hodgkin, un cáncer de los órganos linfáticos. No obstante, tan sólo se ha examinado cerca de 3% de las fanerógamas del planeta en busca de sustancias que ayudarían en la lucha contra el cáncer u otras enfermedades. En nuestro propio continente, los taladores del noroeste de Estados Unidos a menudo cortaban y quemaban el tejo del Pacífico, por considerarlo una “especie nociva”, hasta que en su corteza se descubrió la sustancia activa que se utiliza en la producción de Taxol®, un fármaco contra el cáncer.

aunque la temperatura ambiente fluctúe de manera significativa. La homeostasis se mantiene con una variedad de mecanismos. En el caso de la regulación de la temperatura, tales mecanismos incluyen sudar cuando hace calor o hay actividad física considerable, refrescarse con agua (**FIGURA 1-9**), meta-

Además, muchos conservacionistas están preocupados de que conforme se eliminan especies, ya sea localmente o en todo el mundo, cambien las comunidades de las cuales formaban parte, y se vuelvan menos estables y más vulnerables al daño por las enfermedades o por las condiciones ambientales adversas. Algunos resultados de pruebas experimentales sustentan este punto de vista; pero las interacciones dentro de las comunidades son tan complejas que es muy difícil probar tales hipótesis. Es evidente que algunas especies juegan papeles mucho más importantes que otras en la conservación de la estabilidad de algún ecosistema. ¿Qué especies son más esenciales en cada ecosistema? Nadie lo sabe. Las actividades humanas han incrementado la rapidez natural de extinción en un factor de por lo menos 100 y posiblemente hasta 1000 veces la rapidez pre-humana. Al reducir la biodiversidad para mantener a números cada vez mayores de seres humanos y al fomentar estilos de vida derrochadores, sin pensarlo hemos iniciado un experimento global no controlado, utilizando la Tierra como laboratorio. En su libro *Extinction* (1981), los ecólogos de Stanford, Paul y Anne Ehrlich, comparan la pérdida de biodiversidad con la eliminación de los remaches de las alas de un avión. Quienes eliminan los remaches siguen suponiendo que hay mucho más remaches de los necesarios, hasta que un día, al despegar, se dan cuenta de su trágico error. Mientras las actividades humanas empujan a las especies hacia la extinción, sin que conozcamos mucho acerca del papel que cada una desempeña en la compleja trama de la vida, corremos el riesgo de “eliminar demasiados remaches”.



FIGURA E1-4 Biodiversidad en peligro

La destrucción de las selvas tropicales por la tala indiscriminada amenaza la mayor reserva de diversidad biológica del planeta. Las interrelaciones, como las que se han desarrollado entre esta flor *Heliconia* y el colibrí que la poliniza, o entre una rana y la bromelia donde vive, sustentan estas comunidades tan diversas; no obstante, las actividades humanas hacen que peligren.

bolizar más alimentos cuando hace frío, tomar el sol o ajustar el termostato de una habitación.

Desde luego, no todas las cosas permanecen inmutables durante toda la vida de un organismo. Se presentan cambios importantes, como el crecimiento y la reproducción; sin embargo,

ello no significa que falle la homeostasis. Más bien, son partes específicas, genéticamente programadas, del ciclo vital de ese organismo.

Los seres vivos responden ante estímulos

Para mantenerse con vida, reproducirse y conservar la homeostasis, los organismos deben percibir estímulos de sus ambientes interno y externo, y responder ante ellos. Los animales han desarrollado complejos órganos sensoriales y sistemas musculares que les permiten detectar y responder a la luz, los sonidos, los objetos, las sustancias químicas y muchos otros estímulos que hay a su alrededor. Los estímulos internos se perciben mediante receptores de estiramiento, temperatura, dolor y diversos compuestos químicos. Cuando sientes hambre, por ejemplo, percibes las contracciones del estómago vacío, y el bajo nivel de azúcares y grasas en la sangre. Luego respondes a los estímulos externos eligiendo algo adecuado para comer, como un emparedado en vez de algún platillo. Sin embargo, los animales, con sus complejos sistemas nerviosos y cuerpos móviles, no son los únicos organismos que perciben estímulos y responden a ellos. Las plantas junto a una ventana crecen hacia la luz e incluso las bacterias de nuestro intestino producen un conjunto diferente de enzimas digestivas dependiendo de si bebemos leche, comemos un dulce o ingerimos ambos.

Los seres vivos obtienen y usan materiales y energía

Los organismos necesitan materiales y energía para mantener su elevado nivel de complejidad y organización, tanto como la homeostasis, y para crecer y reproducirse (véase la figura 1-8). Los organismos adquieren los materiales que necesitan, llamados **nutrientos**, del aire, el agua o el suelo, o incluso de otros seres vivos. Los nutrientos incluyen minerales, oxígeno, agua y demás sustancias químicas que construyen los bloques de las moléculas biológicas. Estos materiales se extraen del ambiente, donde se reciclan continuamente entre los seres vivos y sus entornos inanimados (**FIGURA 1-10**).

Para mantener su vida, los organismos deben obtener **energía**, que es la capacidad para realizar trabajo, lo cual incluye efectuar reacciones químicas, producir hojas en primavera o contraer un músculo. A final de cuentas, la energía que sus-



FIGURA 1-9 Los seres vivos mantienen la homeostasis

El enfriamiento por evaporación del agua, tanto del sudor como de la botella, ayuda al ciclista Lance Armstrong (siete veces ganador del Tour de Francia) a mantener la homeostasis de la temperatura corporal. **PREGUNTA:** Además de reducir la temperatura corporal, ¿de qué otra forma la sudoración afecta la homeostasis?

tenta casi la totalidad de la vida proviene de la luz solar. Las plantas y algunos organismos unicelulares captan directamente la energía de la luz solar y la almacenan en moléculas muy energéticas, como los azúcares, mediante un proceso llamado **fotosíntesis**. Tales organismos se denominan **autótrofos**, es decir, que se “autoalimentan”. En cambio, los organismos que no pueden realizar la fotosíntesis, como los animales y los hongos, deben obtener energía ya almacenada en las moléculas de los cuerpos de otros organismos; por ello, se les llama **heterótrofos**, lo que quiere decir que “se alimentan de otros”. De esta manera, la energía proveniente del Sol fluye en un sentido hacia casi todas las formas de vida y al final se libera en forma de calor, el cual ya no se utiliza para impulsar la vida (véase la figura 1-10).

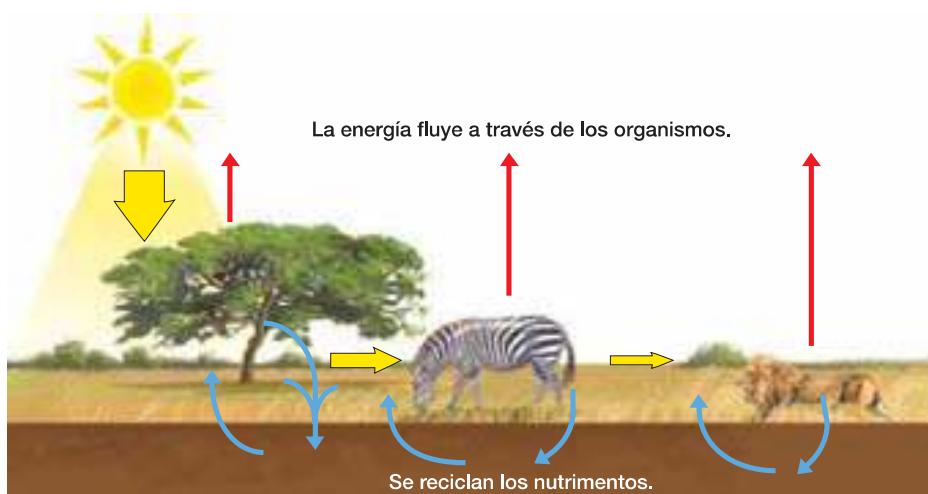


FIGURA 1-10 El flujo de energía y el reciclaje de los nutrientos

Los nutrientos se reciclan entre los organismos y su ambiente inanimado. En cambio, la energía se adquiere de la luz solar y se transfiere a los heterótrofos (flechas amarillas) y se pierde como calor (flechas rojas) en un flujo unidireccional. Los organismos fotosintéticos (autótrofos) captan energía solar, y obtienen nutrientes del suelo y del agua. Otras formas de vida (heterótrofas) obtienen su energía y la mayoría de sus nutrientos de los autótrofos, ya sea directamente (en el caso de los herbívoros) o indirectamente al consumir a otros heterótrofos (en el caso de los carnívoros).

ENLACES CON LA VIDA

La vida que nos rodea

La próxima vez que camines por las instalaciones de tu escuela, fíjate en la asombrosa variedad de seres vivos que hay en un entorno tan familiar como un recinto académico. En las estaciones propias, sin lugar a dudas pasarás junto a múltiples flores, y podrás ver a las abejas o a las mariposas que revolotean entre sí y recogen el dulce néctar que les da energía para volar.

Cuando observes la vida, piensa en el "porqué" detrás de lo que ves. El color verde de las plantas se debe a una sola molécula: la clorofila, que absorbe longitudes de onda específicas de la energía solar y las utiliza para impulsar la vida de la planta y sintetizar los azúcares del néctar recogido por las abejas y las mariposas. Las flores vistosas evolucionaron para atraer a los insectos a su néctar rico en energía. ¿Por qué? Si observas cuida-

dosamente a una abeja, verás el polen amarillo adherido a sus patas o al vello que cubre su cuerpo. Las plantas "utilizan" a los insectos para fertilizarse entre sí y ambos se benefician. El azúcar del néctar se acumula mediante reacciones químicas que combinan dióxido de carbono y agua, liberando oxígeno como producto residual. De manera que cuando exhalas aire rico en dióxido de carbono, con el "gas residual" estás "alimentando" las plantas. Por el contrario, con cada respiración inhalas el "gas residual" que sustenta la vida proveniente de las plantas que te rodean: el oxígeno. A donde quiera que mires, si observas de la forma correcta verás pruebas de la interdependencia de los seres vivos, y nunca dudarás de cómo funciona la vida en la Tierra.

Los seres vivos crecen

En algún punto de su ciclo vital, todo organismo se vuelve más grande, es decir, *crece*. Aunque esta característica es evidente en la mayoría de las plantas y los animales, incluso las bacterias unicelulares crecen hasta casi el doble de su tamaño original antes de dividirse. En todos los casos, el crecimiento implica la conversión de materiales obtenidos del ambiente para formar las moléculas específicas del organismo.

Los seres vivos se reproducen

Los organismos se reproducen, dando origen a descendientes del mismo tipo y permitiendo la continuidad de la vida. Los procesos para que ello ocurra varían, pero el resultado es el mismo: la perpetuación de los genes de los progenitores.

En conjunto, los seres vivos poseen la capacidad de evolucionar

Las poblaciones de organismos evolucionan en respuesta a un ambiente cambiante. Aunque la composición genética de un solo organismo esencialmente no cambia durante su periodo de vida, la composición genética de una población sí cambia conforme pasan las generaciones como resultado de la selección natural.

lares llamados colectivamente "protistas" (**FIGURA 11-1**). Hay excepciones a cualquier conjunto básico de criterios empleados para caracterizar los dominios y los reinos; no obstante, tres características son especialmente útiles: tipo de célula, número de células en cada organismo y forma de obtención de energía (**tabla 1-1**).

A la vez, los diferentes reinos tienen las categorías *filum*, clase, orden, familia, género y especie. Esta agrupación forma una jerarquía donde cada categoría incluye a las otras. En la categoría final, la especie, todos sus miembros son tan semejantes que pueden reproducirse entre sí. Los biólogos utilizan el concepto **sistema binomial** para referirse a una especie. Como indica la palabra *binomial*, a cada tipo de organismo se asigna un nombre científico que consiste en dos partes: género y especie. El nombre del género va siempre en mayúscula inicial, y el de la especie, no. Ambos deben ir en cursivas. Así, *Daphnia longispina*, la pulga de agua de la **FIGURA 1-8**, está en el género *Daphnia* (que incluye a muchas otras "pulgas de agua") y la especie *longispina* (que se refiere a púa larga que sobresale de su parte trasera). Los seres humanos se clasifican como *Homo sapiens*, y somos los únicos miembros de este género y de esta especie. El sistema binomial para dar nombre a los organismos permite a los científicos de todo el mundo comunicarse con mucha precisión en cuanto a cualquier organismo. En los siguientes párrafos veremos una breve introducción a los dominios y los reinos de la vida. En la Unidad Tres aprenderás mucho más sobre la increíble diversidad de la vida y de cómo ha evolucionado.

1.4 ¿CÓMO CLASIFICAN LOS CIENTÍFICOS EN CATEGORÍAS LA DIVERSIDAD DE LOS SERES VIVOS?

Aunque todos los seres vivos tienen las características generales que hemos visto, la evolución ha producido una sorprendente variedad de formas de vida. Los organismos pueden agruparse en tres categorías principales, llamadas **dominios**: Bacteria, Archaea y Eukarya. Esta clasificación refleja diferencias fundamentales entre los tipos de células que componen a dichos organismos. Los miembros de los dominios Bacteria y Archaea normalmente consisten en células individuales simples. Los miembros del dominio Eukarya están formados por una o más células altamente complejas, y se subdividen en tres **reinos**:

Los dominios Bacteria y Archaea están constituidos por células; el dominio Eukarya se compone de células eucarióticas

Hay dos tipos fundamentalmente distintos de células: **procarióticas** y **eucarióticas**. *Cariótico* se refiere al **núcleo** de la célula, una estructura rodeada por una membrana que contiene el material genético de la célula (véase la figura 1-2). *Eu* significa "verdadero" en griego; las células eucarióticas poseen un núcleo "verdadero" rodeado por una membrana. Estas células suelen ser mayores que las procarióticas y además contienen diversos organelos, muchos de los cuales están rodeados por membranas. *Pro* significa "antes" en griego; es casi seguro que las células procarióticas evolucionaron antes que las

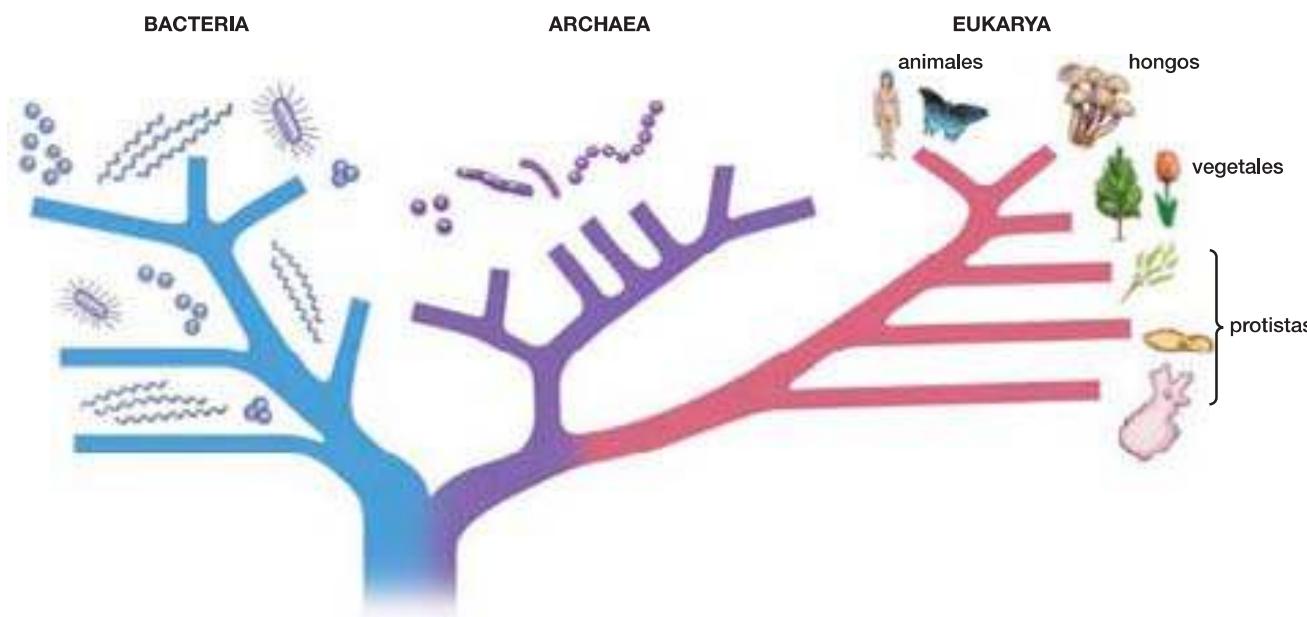


FIGURA 1-11 Los dominios y reinos de la vida

eucarióticas (y estas últimas con toda probabilidad evolucionaron a partir de células procarióticas, como veremos en el capítulo 17). Las células procarióticas no tienen núcleo; su material genético se encuentra en el citoplasma. Por lo regular son pequeñas, de sólo 1 o 2 micrómetros de diámetro, y carecen de organelos delimitados por membranas. Los dominios Bacteria y Archaea constan de células procarióticas; como su nombre indica, las células del reino Eukarya son eucarióticas.

Los dominios Bacteria y Archaea, así como los miembros del reino Protista, son principalmente unicelulares; los miembros de los reinos Fungi, Plantae y Animalia son básicamente multicelulares

Casi todos los miembros de los dominios Bacteria y Archaea, y los protistas del dominio Eukarya, son **unicelulares**; no obstante, algunos viven en cadenas o tramas de células con escasas comunicación, cooperación u organización entre sí. La mayoría de los miembros de los reinos Fungi, Plantae y Animalia son **multicelulares**, y su vida depende de la comunicación y cooperación estrechas entre muchas células especializadas.

Los miembros de los distintos reinos tienen formas diferentes de obtener energía

Los organismos fotosintéticos —incluyendo plantas, algunos protistas y algunas bacterias— son autótrofos, es decir, se “autoalimentan”. Los organismos que no pueden realizar fotosíntesis se denominan heterótrofos, es decir, “se alimentan de otros”. Muchas arqueas, bacterias y protistas, así como todos los hongos y animales, son heterótrofos. Éstos difieren en cuanto al tamaño del alimento que consumen. Algunos, como las bacterias y los hongos, absorben moléculas de alimento individuales; otros, como la mayoría de los animales, comen trozos de alimento (*ingestión*) y los descomponen en moléculas dentro de su tracto digestivo.

1.5 ¿CÓMO ILUMINA LA VIDA DIARIA EL CONOCIMIENTO DE LA BIOLOGÍA?

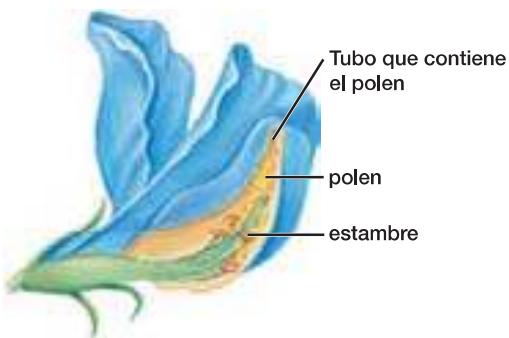
Algunas personas ven a la ciencia como una actividad “deshumanizante” y piensan que una comprensión demasiado profunda del mundo nos quita visión y asombro. Nada podría

Tabla 1-1 Algunas características empleadas en la clasificación de organismos

Dominio	Reino	Tipo de células	Número de células	Forma de obtención de energía
Bacteria	(Aún no definido)	Procariótica	Unicelular	Autótrofa o heterótrofa (absorción de nutrientos)
Archaea	(Aún no definido)	Procariótica	Unicelular	Heterótrofa (absorción)
Eukarya	Fungi	Eucariótica	Multicelular	Heterótrofa (absorción)
	Plantae	Eucariótica	Multicelular	Autótrofa
	Animalia	Eucariótica	Multicelular	Heterótrofa (ingestión)
	“protistas”*	Eucariótica	Unicelular y multicelular	Autótrofa y heterótrofa (ingestión o absorción)

* Los “protistas” son un conjunto diverso de organismos que incluyen varios reinos que aún no están bien definidos.

a)



b)



FIGURA 1-12 Las adaptaciones complejas ayudan a garantizar la polinización

En las flores de lupino jóvenes, los pétalos inferiores forman un tubo que cubre las estructuras reproductoras como los estambres, que sueltan el polen dentro del tubo. b) Cuando el peso de una abeja que busca alimento presiona el tubo, los estambres son empujados hacia adelante, lo cual hace que el polen salga del tubo del extremo hacia su abdomen. Algo de polen se adhiere al abdomen y podría caer en el viscoso estigma receptor de polen de la siguiente flor que visite la abeja, logrando así polinizar la flor.

estar más alejado de la realidad, como volvemos a descubrir una y otra vez en nuestra propia vida.

Hace algunos años, vimos a una abeja buscar el alimento en una espiga de flores de lupino. Las flores de esta planta, miembro de la familia de los guisantes, tienen una estructura compleja, con dos pétalos en la mitad inferior de la flor, que cubren tanto las estructuras reproductoras masculinas (*estambres*) cargadas de polen, como las estructuras reproductoras femeninas (*estigma*), que reciben el polen dentro de una parte tubular. Hace poco averiguamos que en las flores de lupino jóvenes (FIGURA 1-12A), el peso de una abeja que se posa sobre esos pétalos comprime los estambres, y extrae y coloca el polen sobre el abdomen de la abeja (FIGURA 1-12B).



FIGURA 1-13 Lupinos silvestres y abetos subalpinos

Cada verano miles de personas visitan Hurricane Ridge en el Parque Nacional Olímpico del estado de Washington, para contemplar con asombro el monte Olympus, pero pocos se toman la molestia de investigar las maravillas que ofrece.

del estado de Washington, donde las praderas alpinas se llenan de colores en agosto (FIGURA 1-13).

OTRO VISTAZO AL ESTUDIO DE CASO

LA VIDA EN LA TIERRA ¿Y EN ALGÚN OTRO LUGAR?



¿Hay vida en la Luna? La NASA no considera ninguna posibilidad. Cuando los astronautas del Apolo 11, quienes pasaron 2.5 horas sobre la superficie lunar, llegaron al océano el 24 de julio de 1969, los recibió un especialista en descontaminación, quien les entregó trajes de aislamiento biológico cuando aún estaban dentro del módulo del Apolo 11. Después de que los tripulantes salieron de la nave, el especialista esterilizó con desinfectante la parte exterior de los trajes de aislamiento y la ventanilla de la nave. Luego, los astronautas permanecieron cuatro días dentro de una unidad de descontaminación portátil a bordo del buque de limpieza, hasta que llegaron al Centro Espacial Johnson en Houston, Texas, donde continuaron en cuarentena por tres semanas más.

No se encontró ningún microorganismo ni en las rocas lunares que ellos trajeron consigo. Los únicos microbios encontrados en la Luna fueron descubiertos por los astronautas del Apolo 12 en noviembre de 1969. Es-

tos visitaron la nave espacial no tripulada Surveyor 3, que había llegado a la Luna en 1967, y recolectaron material del interior del Surveyor 3 en un contenedor esterilizado. A partir de esa muestra, en la Tierra los científicos obtuvieron bacterias cultivadas del género *Streptococcus*; irónicamente este residente de la boca, nariz y garganta humanas pudo haber sido depositado por un técnico de la NASA que estornudó mientras armaba la nave espacial antes de que fuera lanzada. Por lo general, residentes de partes tibias y húmedas del cuerpo humano, estos sorprendentes microbios sobrevivieron durante dos años en el vacío del espacio exterior y en temperaturas tan bajas como los -110°C (-170°F).

Los astrónomos calculan que en el Universo podría haber miles de millones de planetas semejantes a la Tierra. Así, es muy alta la posibilidad de que la vida haya evolucionado en algún otro lugar, aunque la probabilidad de vida inteligente es mucho menor y se debate acaloradamente. No obstante, como una especie inteligente, los seres humanos apenas comenzamos a entender la diversi-

dad, la complejidad y la increíble versatilidad de la vida en nuestro propio planeta.

Piensa en esto A finales de la década de 1970 y principios de la siguiente, el doctor James Lovelock, un químico británico, publicó la controvertida e inspiradora "hipótesis de Gaia" (este último era el nombre de una deidad griega que se considera la creadora de la vida a partir del caos). Lovelock sugirió que los componentes vivos y no vivos de la Tierra en conjunto constituyen un superorganismo: un inmenso ser vivo. Él notó que las interconexiones entre todas las formas vivientes y su ambiente, así como la forma en que los seres vivos modifican su entorno no vivo, ayudan a mantener condiciones propicias para la vida. Consulta la hipótesis de Gaia de Lovelock en la biblioteca o en Internet, y analiza cómo la definición de vida que vimos en este capítulo necesitaría cambiarse para ajustarse a sus ideas. ¿Crees que la hipótesis de Gaia sea útil? ¿Sería refutable? ¿Debería llevarse a la categoría de teoría científica? Explica tus respuestas.

REPASO DEL CAPÍTULO

RESUMEN DE CONCEPTOS CLAVE

1.1 ¿Cómo estudian la vida los científicos?

Los científicos identifican una jerarquía de niveles de organización, como vimos en la figura 1-1. La biología se basa en los principios científicos de causalidad natural, uniformidad en el espacio y el tiempo, y percepción común. Los conocimientos en biología se adquieren mediante la aplicación del método científico, el cual se inicia con una observación que conduce a una pregunta de investigación, que a la vez lleva a formular una hipótesis. Ésta sirve para predecir el resultado de experimentos controlados. Los resultados experimentales, que deben ser susceptibles de repetirse, pueden apoyar o refutar la hipótesis, llevando a una conclusión acerca de la validez de la hipótesis. Una teoría científica es una explicación general de los fenómenos naturales, desarrollada a partir de experimentos y observaciones amplios que son reproducibles.

Web tutorial 1.1 Formulación y prueba de hipótesis

Web tutorial 1.2 Generación espontánea

1.2 Evolución: La teoría unificadora de la biología

La evolución es la teoría científica de que los organismos modernos descendieron, con ciertas modificaciones, de formas de vida preexistentes. La evolución es consecuencia de la variación genética entre los miembros de una población, causada por mutaciones, herencia de esas modificaciones a la progenie y selección natural de las variaciones que mejor adaptan a un organismo con su ambiente.

1.3 ¿Cuáles son las características de los seres vivos?

Los organismos tienen las siguientes características: su estructura es compleja y está organizada, conservan la homeostasis, obtienen

energía y materiales del ambiente, responden ante estímulos, crecen, se reproducen y pueden evolucionar. La mayoría de los organismos autótrofos captan y almacenan la energía solar en moléculas ricas en energía mediante la fotosíntesis, y obtienen nutrientes de su ambiente inanimado. Los organismos heterótrofos obtienen toda su energía y la mayoría de sus nutrientes del cuerpo de otros organismos.

Web tutorial 1.3 Definición de vida

1.4 ¿Cómo clasifican los científicos en categorías la diversidad de seres vivos?

Los organismos se pueden agrupar en tres categorías principales, llamadas dominios: Archaea, Bacteria y Eukarya. Dentro de los Eukarya hay tres reinos: Fungi, Plantae y Animalia, y organismos unicelulares eucarióticos llamados colectivamente "protistas". Entre las características que se emplean para clasificar a los organismos están el tipo de célula (eucariótica o procariótica), el número de células (unicelular o multicelular) y la forma de obtención de la energía (autótrofa o heterótrofa). El material genético de las células eucarióticas está encerrado dentro de la membrana de un núcleo. Las células procarióticas no tienen núcleo. Los organismos heterótrofos ingieren trozos de alimento o absorben una molécula a la vez del ambiente. Las características de los dominios y reinos se resumen en la tabla 1-1.

1.5 ¿Cómo ilumina la vida diaria el conocimiento de la biología?

Cuanto más sabemos acerca de los seres vivos, ¡más fascinantes se vuelven!