**1.2: El Proceso de la Ciencia**

Figura1.2.11.2.1. (a) Las cianobacterias vistas a través de un microscopio óptico son algunas de las formas de vida más antiguas de la Tierra. Estos (b) estromatolitos a lo largo de las orillas del lago Thetis en Australia Occidental son estructuras antiguas formadas por la estratificación de cianobacterias en aguas poco profundas. (Crédito a: modificación de obra por parte de la NASA; datos de barra de escala de Matt Russell; crédito b: modificación de obra de Ruth Ellison)

Al igual que otras ciencias naturales, la ciencia ambiental es una ciencia que reúne conocimientos sobre el mundo natural. Los métodos de la ciencia incluyen la observación cuidadosa, el mantenimiento de registros, el razonamiento lógico y matemático, la experimentación y el sometimiento de conclusiones al escrutinio de otros. La ciencia también requiere considerable imaginación y creatividad; un experimento bien diseñado es comúnmente descrito como elegante o hermoso. La ciencia tiene considerables implicaciones prácticas y algunas ciencias se dedican a aplicaciones prácticas, como la prevención de enfermedades (figura 2). Otra ciencia procede en gran parte motivada por la curiosidad. Sea cual sea su objetivo, no cabe duda de que la ciencia ha transformado la existencia humana y seguirá haciéndolo.

Figura1.2.21.2.2. Los biólogos pueden optar por estudiar Escherichia coli (E. coli), una bacteria que es un residente normal de nuestro tracto digestivo pero que a veces también es responsable de brotes de enfermedades. En esta micrografía, la bacteria se visualiza mediante un microscopio electrónico de barrido y la colorización digital. (crédito: Eric Erbe; colorización digital por Christopher Pooley, USDA-ARS)

**La naturaleza de la ciencia**

La biología es una ciencia, pero ¿qué es exactamente la ciencia? ¿Qué comparte el estudio de la biología con otras disciplinas científicas? La **ciencia** (del latín *scientia,* que significa “conocimiento”) puede definirse como un proceso de adquisición de conocimiento sobre el mundo natural.

La ciencia es una forma muy específica de aprender sobre el mundo. La historia de los últimos 500 años demuestra que la ciencia es una forma muy poderosa de adquirir conocimiento sobre el mundo; es en gran parte responsable de las revoluciones tecnológicas que han tenido lugar durante este tiempo. Hay áreas de conocimiento, sin embargo, a las que no se pueden aplicar los métodos de la ciencia. Estos incluyen cosas como la moralidad, la estética o la espiritualidad. La ciencia no puede investigar estas áreas porque están fuera del ámbito de los fenómenos materiales, los fenómenos de la materia y la energía, y no pueden ser observadas y medidas.

El **método científico** es un método de investigación con pasos definidos que incluyen experimentos y observación cuidadosa. Los pasos del método científico serán examinados en detalle posteriormente, pero uno de los aspectos más importantes de este método es la prueba de hipótesis. Una **hipótesis** es una exposición explicativa propuesta, para un fenómeno natural dado, que puede ser probada. Las hipótesis, o explicaciones tentativas, son diferentes a una **teoría científica**. Una teoría científica es una explicación ampliamente aceptada, probada a fondo y confirmada para un conjunto de observaciones o fenómenos. La teoría científica es la base del conocimiento científico. Además, en muchas disciplinas científicas (menos en biología) existen **leyes científicas**, muchas veces expresadas en fórmulas matemáticas, que describen cómo se comportarán los elementos de la naturaleza bajo ciertas condiciones específicas, pero no ofrecen explicaciones de por qué ocurren.

**Ciencias Naturales**

¿Qué esperarías ver en un museo de ciencias naturales? ¿Ranas? ¿Plantas? ¿Esqueletos de dinosaurios? Exhibe sobre cómo funciona el cerebro? ¿Un planetario? ¿Gemas y minerales? ¿O tal vez todo lo anterior? La ciencia incluye campos tan diversos como la astronomía, las ciencias de la computación, la psicología, la biología y las matemáticas. Sin embargo, aquellos campos de la ciencia relacionados con el mundo físico y sus fenómenos y procesos son considerados **ciencias naturales** e incluyen las disciplinas de física, geología, biología y química. La ciencia ambiental es una ciencia natural interdisciplinaria porque se basa en las disciplinas de química, biología y geología.

**Investigación Científica**

Una cosa es común a todas las formas de ciencia: un objetivo último que hay que conocer. La curiosidad y la indagación son las fuerzas impulsoras del desarrollo de la ciencia. Los científicos buscan entender el mundo y la forma en que opera. Se utilizan dos métodos de pensamiento lógico: el razonamiento inductivo y el razonamiento deductivo.

El **razonamiento inductivo** es una forma de pensamiento lógico que utiliza observaciones relacionadas para llegar a una conclusión general. Este tipo de razonamiento es común en la ciencia descriptiva. Un científico de la vida como un biólogo hace observaciones y las registra. Estos datos pueden ser cualitativos (descriptivos) o cuantitativos (consistentes en números), y los datos brutos se pueden complementar con dibujos, imágenes, fotos o videos. A partir de muchas observaciones, el científico puede inferir conclusiones (inducciones) con base en la evidencia. El razonamiento inductivo implica formular generalizaciones inferidas de la observación cuidadosa y el análisis de una gran cantidad de datos. Los estudios cerebrales suelen funcionar de esta manera. Se observan muchos cerebros mientras la gente está haciendo una tarea. Entonces se demuestra que la parte del cerebro que se ilumina, indicando actividad, es la parte que controla la respuesta a esa tarea.

El **razonamiento deductivo** o deducción es el tipo de lógica utilizada en la ciencia basada en hipótesis. En el razonamiento deductivo, el patrón de pensamiento se mueve en dirección opuesta en comparación con el razonamiento inductivo. El razonamiento deductivo es una forma de pensamiento lógico que utiliza un principio o ley general para pronosticar resultados específicos. A partir de esos principios generales, un científico puede extrapolar y predecir los resultados específicos que serían válidos siempre y cuando los principios generales sean válidos. Por ejemplo, una predicción sería que si el clima es cada vez más cálido en una región, la distribución de plantas y animales debería cambiar. Se han hecho comparaciones entre distribuciones en el pasado y en el presente, y los muchos cambios que se han encontrado son consistentes con un clima cálido. Encontrar el cambio en la distribución es evidencia de que la conclusión sobre el cambio climático es válida.

Ambos tipos de pensamiento lógico están relacionados con las dos vías principales del estudio científico: la ciencia descriptiva y la ciencia basada en hipótesis. **La ciencia** **descriptiva** (o descubrimiento) tiene como objetivo observar, explorar y descubrir, mientras que la **ciencia basada en hipótesis** comienza con una pregunta o problema específico y una respuesta o solución potencial que puede ser probada. El límite entre estas dos formas de estudio suele ser borroso, porque la mayoría de los esfuerzos científicos combinan ambos enfoques. Las observaciones conducen a preguntas, las preguntas conducen a formar una hipótesis como posible respuesta a esas preguntas, y luego se prueba la hipótesis. Así, la ciencia descriptiva y la ciencia basada en hipótesis están en diálogo continuo.

***“Los científicos se han convertido en los portadores de la antorcha del descubrimiento en nuestra búsqueda del conocimiento”.****— Stephen Hawking y Leonard Mlodinov, en El gran diseño (2010), Bantam Books*

**Prueba de Hipótesis**

Los biólogos estudian el mundo vivo planteando preguntas al respecto y buscando respuestas basadas en la ciencia. Este enfoque también es común a otras ciencias y a menudo se le conoce como el método científico. El método científico se utilizó incluso en la antigüedad, pero fue documentado por primera vez por Sir Francis Bacon de Inglaterra (1561-1626) quien estableció métodos inductivos para la investigación científica. El método científico no es utilizado exclusivamente por los biólogos sino que se puede aplicar a casi cualquier cosa como método lógico de resolución de problemas.

Figura1.2.31.2.3. A Sir Francis Bacon se le atribuye ser el primero en documentar el método científico.

El proceso científico suele comenzar con una observación (a menudo un problema por resolver) que lleva a una pregunta. Pensemos en un problema sencillo que comience con una observación y apliquemos el método científico para resolver el problema. Un lunes por la mañana, un estudiante llega a clase y rápidamente descubre que el aula es demasiado cálida. Esa es una observación que también describe un problema: el aula es demasiado cálida. Entonces el alumno hace una pregunta: “¿Por qué el aula es tan cálida?”

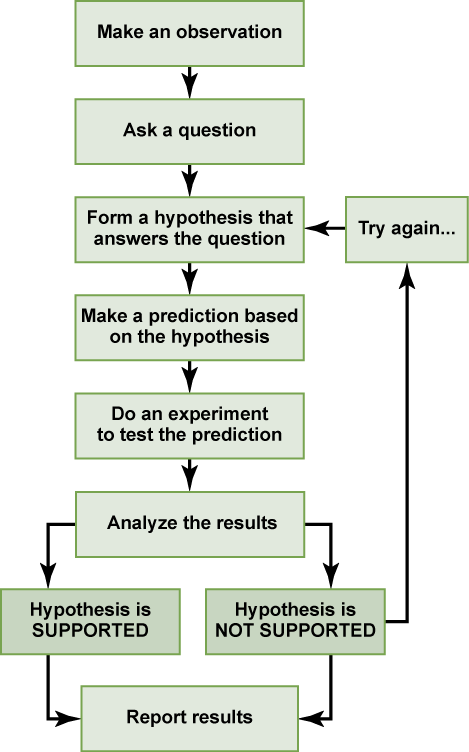
Recordemos que una hipótesis es una explicación sugerida que puede ser probada. Para resolver un problema, se pueden proponer varias hipótesis. Por ejemplo, una hipótesis podría ser: “El aula es cálida porque nadie encendió el aire acondicionado”. Pero podría haber otras respuestas a la pregunta y, por lo tanto, se pueden proponer otras hipótesis. Una segunda hipótesis podría ser, “El aula está caliente porque hay un corte de energía, y así el aire acondicionado no funciona”.

Una vez que se ha seleccionado una hipótesis, se puede hacer una predicción. Una predicción es similar a una hipótesis pero normalmente tiene el formato “Si. entonces.”. Por ejemplo, la predicción para la primera hipótesis podría ser: “*Si* el alumno enciende el aire acondicionado, *entonces* el aula ya no estará demasiado caliente”.

Una hipótesis debe ser comprobable para garantizar que sea válida. Por ejemplo, una hipótesis que depende de lo que piense un oso no es comprobable, porque nunca se puede saber lo que piensa un oso. También debe ser **falsificable**, es decir, que puede ser desmentido por resultados experimentales. Un ejemplo de hipótesis no falsificable es “El *nacimiento de Venus de* Botticelli es hermoso”. No hay ningún experimento que pueda demostrar que esta afirmación es falsa. Para probar una hipótesis, un investigador realizará uno o más experimentos diseñados para eliminar una o más de las hipótesis. Esto es importante. Una hipótesis puede ser desmentida, o eliminada, pero nunca se puede probar. La ciencia no trata de pruebas como las matemáticas. Si un experimento no logra desmentir una hipótesis, entonces encontramos apoyo para esa explicación, pero esto no quiere decir que en el futuro no se encontrará una mejor explicación, o se encontrará un experimento más cuidadosamente diseñado para falsificar la hipótesis.

Cada experimento tendrá una o más variables y uno o más controles. **Las variables** **experimentales** son cualquier parte del experimento que puede variar o cambiar durante el experimento. **Las variables controladas** son partes del experimento que no cambian. Por último, los experimentos pueden tener un **grupo control**: un grupo de sujetos de prueba que son lo más similares posible a todos los demás sujetos de prueba, con la excepción de que no reciben el tratamiento experimental (los que sí lo reciben se conocen como el **grupo experimental**). Por ejemplo, en un estudio que prueba un medicamento para bajar de peso, el grupo de control serían sujetos de prueba que no reciben el medicamento (pero podrían recibir un placebo, como una píldora de azúcar, en su lugar). Busque estas diversas cosas en el ejemplo que sigue:

Se podría realizar un experimento para probar la hipótesis de que el fosfato (un nutriente) promueve el crecimiento de algas en estanques de agua dulce. Una serie de estanques artificiales se llenan de agua y la mitad de ellos se tratan agregando fosfato cada semana, mientras que la otra mitad se trata agregando un mineral no nutricional que no es utilizado por las algas. La variable experimental aquí es presencia/ausencia de un nutriente (fosfato). Una variable potencial controlada sería el volumen de agua en cada tanque. La cantidad de agua a la que tienen acceso las algas puede influir en los resultados, por lo que los investigadores quieren *controlar* su influencia en los resultados asegurándose de que todos los sujetos de prueba obtengan la misma cantidad. El grupo control consiste en los tanques que recibieron un placebo (mineral no nutricional) en lugar del fosfato. Si los estanques con fosfato muestran más crecimiento de algas, entonces hemos encontrado soporte para la hipótesis. Si no lo hacen, entonces rechazamos nuestra hipótesis. Tenga en cuenta que rechazar una hipótesis no determina si las otras hipótesis pueden ser aceptadas o no; simplemente elimina una hipótesis que no es válida (Figura1.2.31.2.3). Utilizando el método científico, se rechazan las hipótesis que son inconsistentes con los datos experimentales.

Figura1.2.41.2.4. El método científico es una serie de pasos definidos que incluyen experimentos y observación cuidadosa. Si una hipótesis no está sustentada por datos, se puede proponer una nueva hipótesis.

En el siguiente ejemplo, se utiliza el método científico para resolver un problema cotidiano. ¿Cuál parte del siguiente ejemplo es la hipótesis? ¿Cuál es la predicción? Con base en los resultados del experimento, ¿se sustenta la hipótesis? Si no se apoya, proponga algunas hipótesis alternativas.

1. Mi tostadora no tosta mi pan.
2. ¿Por qué no funciona mi tostadora?
3. Hay algo mal con la toma de corriente.
4. Si algo anda mal con el tomacorriente, mi cafetera tampoco funcionará cuando se enchufa a ella.
5. Enchufe mi cafetera a la toma de corriente.
6. Mi cafetera funciona.

En la práctica, el método científico no es tan rígido y estructurado como podría aparecer al principio. A veces un experimento lleva a conclusiones que favorecen un cambio de enfoque; a menudo, un experimento trae al rompecabezas preguntas científicas completamente nuevas. Muchas veces, la ciencia no opera de manera lineal; en cambio, los científicos continuamente hacen inferencias y hacen generalizaciones, encontrando patrones a medida que avanza su investigación. El razonamiento científico es más complejo de lo que sugiere el método científico por sí solo.

**Ciencias Básicas y Aplicadas**

¿Es valioso perseguir la ciencia por el simple hecho de obtener conocimiento, o el conocimiento científico solo tiene valor si podemos aplicarlo para resolver un problema específico o mejorar nuestras vidas? Esta pregunta se centra en las diferencias entre dos tipos de ciencia: la ciencia básica y la ciencia aplicada.

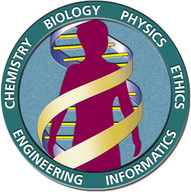
**La ciencia básica o ciencia** “pura” busca ampliar el conocimiento independientemente de la aplicación a corto plazo de ese conocimiento. No se centra en desarrollar un producto o un servicio de valor público o comercial inmediato. El objetivo inmediato de la ciencia básica es el conocimiento por el bien del conocimiento, aunque esto no significa que al final no resulte en una aplicación.

En contraste, **la ciencia aplicada** tiene como objetivo utilizar la ciencia para resolver problemas del mundo real, como mejorar el rendimiento de los cultivos, encontrar una cura para una enfermedad en particular o salvar animales amenazados por un desastre natural. En la ciencia aplicada, el problema suele definirse para el investigador.

Algunos individuos pueden percibir la ciencia aplicada como “útil” y la ciencia básica como “inútil”. Una pregunta que estas personas podrían plantear a un científico que aboga por la adquisición de conocimientos sería: “¿Para qué?” Una mirada cuidadosa a la historia de la ciencia, sin embargo, revela que los conocimientos básicos han dado como resultado muchas aplicaciones notables de gran valor. Muchos científicos piensan que es necesaria una comprensión básica de la ciencia antes de que se desarrolle una aplicación; por lo tanto, la ciencia aplicada se basa en los resultados generados a través de la ciencia básica. Otros científicos piensan que es hora de pasar de la ciencia básica y en su lugar de encontrar soluciones a problemas reales. Ambos enfoques son válidos. Es cierto que hay problemas que exigen atención inmediata; sin embargo, pocas soluciones se encontrarían sin la ayuda del conocimiento generado a través de la ciencia básica.

Un ejemplo de cómo la ciencia básica y aplicada pueden trabajar juntas para resolver problemas prácticos ocurrió después del descubrimiento de la estructura del ADN condujo a una comprensión de los mecanismos moleculares que rigen la replicación del ADN. Las hebras de ADN, únicas en cada ser humano, se encuentran en nuestras células, donde proporcionan las instrucciones necesarias para la vida. Durante la replicación del ADN, se realizan nuevas copias de ADN, poco antes de que una célula se divida para formar nuevas células. Comprender los mecanismos de replicación del ADN (a través de la ciencia básica) permitió a los científicos desarrollar técnicas de laboratorio que ahora se utilizan para identificar enfermedades genéticas, identificar individuos que estaban en la escena del crimen y determinar la paternidad (todos ejemplos de ciencia aplicada). Sin la ciencia básica, es poco probable que la ciencia aplicada existiera.

Otro ejemplo del vínculo entre la investigación básica y aplicada es el Proyecto Genoma Humano, un estudio en el que se analizó y mapeó cada cromosoma humano para determinar la secuencia precisa del código de ADN y la ubicación exacta de cada gen. (El gen es la unidad básica de la herencia; la colección completa de genes de un individuo es su genoma). También se han estudiado otros organismos como parte de este proyecto para obtener una mejor comprensión de los cromosomas humanos. El Proyecto Genoma Humano (Figura1.2.51.2.5) se basó en investigaciones básicas realizadas con organismos no humanos y, posteriormente, con el genoma humano. Un objetivo final importante finalmente se convirtió en el uso de los datos para la investigación aplicada que buscaba curas para enfermedades genéticas.

Figura1.2.51.2.5. El Proyecto Genoma Humano fue un esfuerzo colaborativo de 13 años entre investigadores que trabajan en varios campos diferentes de la ciencia. El proyecto se completó en 2003. (crédito: los Programas Genómicos del Departamento de Energía de los Estados Unidos)

**El trabajo científico es transparente y abierto a la crítica**

Ya sea que la investigación científica sea ciencia básica o ciencia aplicada, los científicos deben compartir sus hallazgos para que otros investigadores se expandan y construyan sobre sus descubrimientos. Por ello, un aspecto importante del trabajo de un científico es la difusión de resultados y la comunicación con sus compañeros. Los científicos pueden compartir resultados presentándolos en una reunión o conferencia científica, pero este enfoque puede llegar solo a los pocos que están presentes. En cambio, la mayoría de los científicos presentan sus resultados en artículos revisados por pares que se publican en revistas científicas. Los **artículos revisados por pares son artículos** científicos que son revisados, generalmente de forma anónima por colegas de un científico, o pares. Estos compañeros son individuos calificados, a menudo expertos en la misma área de investigación, que juzgan si el trabajo del científico es adecuado o no para su publicación. El proceso de revisión por pares ayuda a asegurar que la investigación descrita en un artículo científico o propuesta de subvención sea original, significativa, lógica, ética y minuciosa. Los científicos publican su trabajo para que otros científicos puedan reproducir sus experimentos en condiciones similares o diferentes para ampliar los hallazgos. Los resultados experimentales deben ser consistentes con los hallazgos de otros científicos.

Al revisar la información científica, ya sea en un entorno académico o como parte de su día a día, es importante pensar en la credibilidad de esa información. Podrías preguntarte: ¿esta información científica ha pasado por el riguroso proceso de revisión por pares? ¿Las conclusiones se basan en los datos disponibles y son aceptadas por la comunidad científica en general? Los científicos son inherentemente escépticos, especialmente si las conclusiones no están respaldadas por evidencia (y tú también deberías estarlo).

Webgrafía.

<https://espanol.libretexts.org/Biologia/Ecolog%C3%ADa/Biolog%C3%ADa_Ambiental_(Fisher)/01%3A_Ciencias_Ambientales/1.02%3A_El_Proceso_de_la_Ciencia>