

# El proceso científico

Nuestra discusión de este tema se beneficiará de una descripción del proceso que utilizan los científicos para buscar explicaciones. Una versión simplificada de los pasos de dicha investigación se puede describir de la siguiente manera:

1. Las observaciones despiertan interés en un tema en particular
2. Las observaciones iniciales sugieren hipótesis que deben probarse o preguntas que deben responderse
3. Siguen más observaciones, produciendo evidencia, datos, que son útiles para probar hipótesis o responder preguntas
4. Conclusiones

Esos pasos parecen sencillos, pero, por supuesto, esta es una descripción simplificada de un proceso increíblemente intrincado que casi nunca es tan simple. La lógica involucrada en la aplicación de ese proceso también es significativamente diferente en diferentes tipos de investigación.

No toda la ciencia sigue el mismo proceso de pensamiento. Hay varias formas de categorizar la ciencia, y compararé dos aspectos particulares de nuestro enfoque del estudio científico. Las manzanas ilustrarán lo que llamaré ciencia, tipo uno. Si deseo saber en qué estación del año están maduras las manzanas de mi huerto, empiezo a probarlas a intervalos semanales. A medida que crecen, el sabor finalmente comienza a cambiar. En la fecha en que el sabor y la textura alcanzan el estado que indica madurez, he recopilado la evidencia necesaria y mi investigación está completa. Esta es la ciencia de tipo uno: la conclusión se basa en evidencia física.

Una ilustración de lo que llamaré ciencia de tipo dos involucra una historia sobre un evento que sucedió hace algunos años en un viaje a través del país. Alguien me dijo que conducía hacia el oeste desde Delta, Utah, y se quedó sin gasolina en una estación de servicio en la frontera entre Utah y Nevada. Queremos saber si esa fue realmente la razón por la que se detuvieron en la frontera. ¿Era un tanque de gasolina vacío, o necesitaban un refrigerio, o hubo un terremoto? ¿Cómo puede la ciencia ayudarnos a encontrar la respuesta? Podemos buscar los tiempos de los terremotos en esta área, pero no tenemos idea de si su parada en la estación de servicio llegó en uno de esos momentos. Podemos suponer que coincidió con uno de los terremotos. Pero sin evidencia, ¿es eso ciencia? En realidad, la parada fue un evento en la historia, y es posible que la ciencia no pueda decirnos la razón del

evento, ya que no tenemos evidencia en la que basar la conclusión. Puede ser que el

La única forma de saber la explicación de tal evento desde hace mucho tiempo es preguntarle a alguien que estaba allí en el momento del evento.

Para aplicar este pensamiento a un evento real, comenzaremos con un ejemplo: ¿cómo se originaron los anfibios? La teoría darwiniana sostiene que un tipo de pez evolucionó hasta convertirse en lo que reconocemos como anfibios (los paleontólogos no suelen usar el término anfibios; son los primeros tetrápodos, pero como es el término comúnmente entendido, los llamaré anfibios). Esto es parte de lo que se interpreta como una secuencia evolutiva más amplia: los primeros animales vertebrados fueron algún tipo de pez. Se cree que los peces irradian (evolucionaron) en varios grupos de peces, y los anfibios evolucionaron a partir de uno de estos grupos. Los anfibios también se dividieron en varios tipos, y de un grupo de anfibios surgieron los reptiles, y de los tipos divergentes de reptiles, afirma la historia evolutiva, surgieron mamíferos, dinosaurios y aves. Me centraré en el proceso científico para determinar el origen de los anfibios, los primeros tetrápodos, y esta discusión también se aplica a los otros vertebrados.

La Figura 3 es un resumen de la teoría de la evolución de los vertebrados (Benton 2015). Eusthenopteron es un pez fósil, y Ichthyostega y Acanthostega son dos anfibios fósiles. Hay algunos otros especímenes, no tan bien conservados, y hay investigaciones continuas sobre qué especies fósiles ofrecen la evolución más cercana

Pájaros	Seres humanos
Dinosaurios	Mamíferos
Cocodrilos	Terápsidos

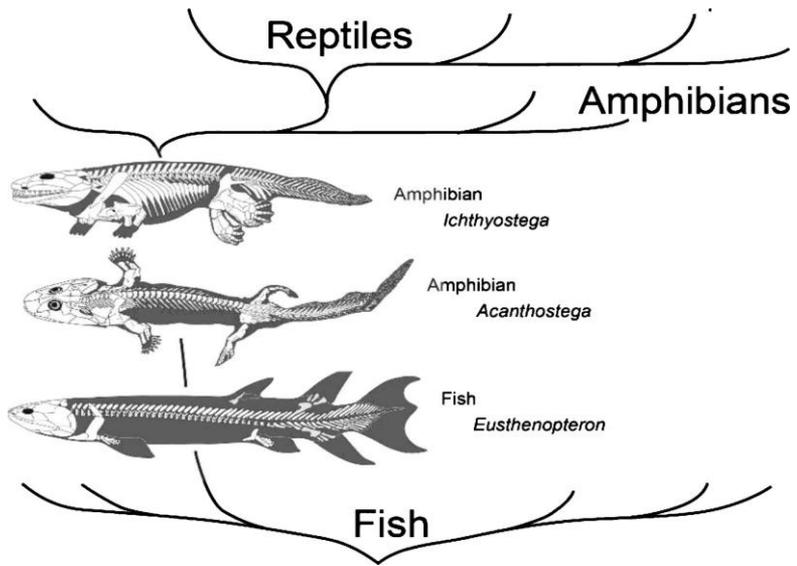


Figura 3. Resumen de la teoría darwiniana de la evolución de los vertebrados.  
Figura redibujada por el autor, después de Benton 2015.

conexión entre peces y anfibios, pero estos tres son aceptados como organismos centrales en esta transición propuesta. Usaré un anfibio, Ichthyostega, para representar el grupo pertinente de anfibios. Al estudiar cuidadosamente los esqueletos de la Figura 3, ¿te convences de que los anfibios se originaron por evolución a partir de los peces? Eusthenopteron es claramente un pez, con la anatomía adecuada para nadar en el agua. Los otros dos tienen esqueletos mucho más robustos, e Ichthyostega tiene patas que parecen ser adecuadas para la locomoción en una superficie firme. Parece claro que



Figura 4. Ejemplos de ardillas. De izquierda a derecha, una ardilla listada, un carbonero o ardilla roja y una ardilla terrestre de manto dorado. Fotos del autor.

si estos son parte de la transición evolutiva a los anfibios, no se han encontrado la mayoría de las especies de transición necesarias. Pero, por supuesto, una explicación evolutiva de esta transición debe basarse en cualquier evidencia disponible, incluso si no es concluyente. Para evolucionar un pez como Eusthenopteron en Ichthyostega se requerirían innumerables mutaciones genéticas pequeñas y aleatorias, para inventar pies, tobillos, huesos de las extremidades y cinturas fuertes adecuados para la locomoción en una superficie firme. Si está familiarizado con las interacciones en curso entre los biólogos evolutivos y los creacionistas, sin duda podría pensar en expresiones que probablemente provengan de ambos grupos con respecto a lo que el "otro" grupo piensa sobre esta transición propuesta. Pero evitaremos usar expresiones como "ridículo", "imposible" o "cabeza vacía" y solo trataremos de entender por qué ambos grupos piensan como lo hacen. La respuesta del creacionista es probablemente la más fácil de entender, si estamos dispuestos a tratar de ver esto desde su perspectiva: la Biblia nos dice que Dios es un Creador asombroso, y la evolución de Eusthenopteron es demasiado biológicamente improbable para

ser tomada en serio. Es probable que un científico evolutivo esté pensando: la evolución de los anfibios es un escenario difícil de explicar, pero la ciencia nos ha demostrado que los milagros no son reales, y el creacionista no está dispuesto a ejercer el esfuerzo creativo necesario para encontrar una solución científica apropiada, Saltar rápidamente a una explicación creacionista no se considera, para la mayoría de los científicos, un enfoque científico. Afirmar que "aquí ocurrió un milagro" es un enfoque que, tal como se entiende hoy, un científico también tiene que rechazar. Sin embargo, procederemos con una discusión más profunda de las opciones que enfrentamos con respecto a los orígenes. En el proceso, necesitaremos entender claramente más de lo que quiero decir con ciencia tipo uno y ciencia tipo dos.

Aquí hay un ejemplo de investigación de tipo uno: antes de volver a capacitarme en geología, pasé varios años investigando sobre la biología de las ardillas, especialmente las ardillas listadas (Figura 4). Una característica útil de esa investigación fue que las ardillas listadas y otras ardillas estaban vivas, viviendo justo frente a mí, y podía observarlas y registrar sus actividades en papel o con grabaciones. Había limitaciones. Un martes por la tarde, por ejemplo, no siempre hicieron lo que esperaba observar. Además, mis limitaciones en esta investigación fueron el resultado de otros problemas prácticos, como mi incapacidad para seguirlos mientras corrían a través de densos arbustos o trepaban árboles. Sin embargo, la evidencia estaba potencialmente disponible. Con persistencia pude reunir la evidencia que necesitaba para hacer de este un proyecto de investigación sólido.

Mis amigos prefieren la investigación en bioquímica o biología molecular, buscando comprender cosas como proteínas o ADN. Tienen una desventaja, ya que no pueden ver estas moléculas. Sin embargo, con instrumentos sofisticados es posible aprender cómo funcionan las moléculas, cómo interactúan con otras moléculas e incluso cómo se forman. Para mí, parece que esta investigación es mucho más difícil que estudiar ardillas listadas. Sin embargo, durante varias décadas me ha fascinado ver cómo estos amigos usan la instrumentación y la lógica inteligente para averiguar qué está sucediendo dentro de esos sistemas intracelulares abrumadoramente complejos. A pesar de la desafiante complejidad, estos investigadores compartieron un beneficio con mi estudio de las ardillas. Están estudiando estructuras y procesos en organismos vivos que están activos justo frente a ellos, y los procedimientos de investigación se pueden repetir una y otra vez, y mejorar con instrumentos recién inventados y nuevas técnicas, para descubrir respuestas a sus preguntas e hipótesis, recopilando evidencia, sí, evidencia. Compáren esos dos proyectos con un tercer

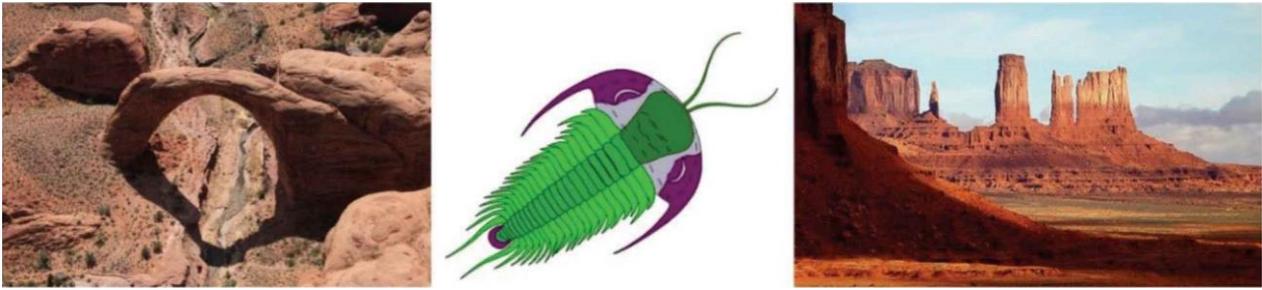


Figura 5. Izquierda: Arco natural en el Monumento Nacional Rainbow Bridge, en el lago Powell. Medio: un trilobite. Derecha: Monument Valley. Fotos y dibujos del autor.

ejemplo de investigación: estudio de la historia antigua. Por historia antigua no estoy hablando de los griegos y romanos, ni siquiera de los babilonios. La antigüedad a la que me refiero va antes de que los científicos humanos tomaran notas. Obsérvese, en la Figura 5, el elegante arco de arenisca o las columnas en Monument Valley. ¿Conoces a alguien que haya visto formarse estas estructuras? ¿Conoces a alguien que haya visto a los trilobites nacer por primera vez? Esta es la historia verdaderamente antigua, el estudio de estructuras o procesos del pasado antiguo, antes del comienzo de la ciencia humana. Como creyentes serios de la Biblia, pensamos que había humanos aquí cuando ocurrieron la mayoría de estos eventos, pero, por ejemplo, Noé no estaba tomando notas ni fotografías. Por lo tanto, no tenemos un registro de los procesos que estaban ocurriendo. No tengo una máquina del tiempo que funcione y que me lleve al pasado lejano, y ninguno de mis amigos tiene una. No estuvimos allí, y podemos estudiar las rocas y los fósiles solo como son ahora, y tratar de entender lo que estaba sucediendo hace mucho tiempo, cuando se formaron. No podemos observar y reunir evidencia cuándo ocurrieron los eventos, y estas son las limitaciones características de la investigación de tipo dos.

Alguien puede responder que la diferencia entre el estudio del pasado antiguo y la investigación sobre los procesos actuales no es una diferencia real. Hoy podemos estudiar los ríos y comprender cómo depositan los sedimentos que componen las rocas antiguas. Podemos estudiar la anatomía y fisiología de los animales que viven hoy en día, y a partir de esto podemos interpretar la estructura y las funciones de los fósiles antiguos. Sí, podemos estudiar estos procesos en el mundo moderno. La pregunta más interesante y significativa es si, por ejemplo, las antiguas capas de roca en lugares como Monument Valley se formaron por los mismos procesos que podemos observar hoy. Es justo afirmar que las leyes de la naturaleza funcionaron igual en el pasado que hoy. Sin duda, el agua nunca corrió

cuesta arriba en el pasado, y el agua que fluye siempre tuvo el poder de mover rocas sorprendentemente grandes. Pero eso es solo el comienzo.

Una capa de roca antigua puede tener evidencia que nos convenza de que fue depositada por agua corriente en lugar de en un lago, pero ¿cuáles fueron las circunstancias? ¿Eran aguas profundas o poco profundas, y qué tan rápido fluía? ¿Cuál era la fuente de arena o lodo (sedimento) que transportaba y qué tan extensa era esa fuente? ¿Funcionaron estos procesos a un ritmo rápido y catastrófico, o más lenta y gradualmente, como fluye un río normal en la actualidad? Observamos inundaciones hoy, pero en el pasado antiguo, ¿hubo inundaciones mucho más catastróficas que las que ocurren hoy? La Biblia dice que sí, que hubo un evento muy catastrófico con una seria importancia geológica global, pero la ciencia convencional dice que no. Sin embargo, no había geólogo en ese momento, entonces, ¿sabe la ciencia lo que sucedió? Queremos mirar más allá de las opiniones y saber qué puede decirnos realmente la evidencia física sobre las rocas y los anfibios. Encontramos evidencia, pero a veces la única forma de saber la explicación de un evento en la historia es preguntarle a alguien que estaba allí en el momento del evento, o incluso a alguien que causó el evento.