

Las ABSTRACCIONES

en el DESARROLLO CIENTÍFICO o el desarrollo de las abstracciones científicas

Gerardo **Rojas Piloni**

Parece ser inherente al ser humano el tratar de analizar y modelar los fenómenos que ocurren en nuestro entorno. Dentro de las actividades humanas, la ciencia trata de dar explicación a estos fenómenos haciéndolos predecibles, cuantificables, es decir, objetivos. De acuerdo al desarrollo histórico de la ciencia que Thomas Kuhn propone, los modelos que la ciencia genera se encuentran en coherencia con una determinada concepción científica, un paradigma. Estos paradigmas surgen de una serie de posibilidades intelectuales, las cuales al estar en permanente cambio provocan que nuevos paradigmas desplacen a los anteriores en un proceso que involucra una “revolución científica”. En estas revoluciones intelectuales, los paradigmas se derrumban por influencia de abstracciones (experimentos teóricos), pues las fronteras de los paradigmas están determinadas por limitantes en las estrategias metodológicas que se ocupan para verificar o falsear la teoría. Sin embargo, parece haber una excepción en las matemáticas con relación a las demás ciencias pues las abstracciones matemáticas, al sustentarse en sistemas axiomáticos, no son verificables, por lo tanto no tienen fronteras metodológicas. En ese sentido, el desarrollo de las matemáticas más bien se parece al progreso de otras actividades humanas como el arte.

La tarea del científico consiste básicamente en proponer un enunciado, o un sistema de enunciados, y luego ponerlos a prueba uno por uno. Estos enunciados o “hipótesis” se ponen en relación con un conjunto de conocimientos que son aceptados por la comunidad científica. De esta manera, si las hipótesis pasan una serie de pruebas se habrá realizado un nuevo descubrimiento, pero si esto no sucede entonces el investigador trata de resolver el problema ayudándose de otra hipótesis (o bien, olvidándose de él). Este tipo de investigación científica es lo que Kuhn denomina “ciencia normal”.¹ Durante el periodo de ciencia normal, las investigaciones realizadas toman como cimiento ciertas teorías, las cuales determinan las reglas a seguir. De esta forma, la comunidad científica toma el fracaso de las pruebas realizadas sobre las hipótesis como un error en el trabajo del investigador, de tal suerte que el sometido a prueba es el científico y no la teoría que prevalece en ese momento. Desde este punto de vista, la solución a interrogantes del conocimiento incluye dos aspectos: uno tiene que ver con el someter a prueba la incógnita, el otro con el análisis y el ingenio del investigador.

Durante los periodos de ciencia normal existe una oposición del pensamiento para aceptar errores; en el ejemplo clásico del sistema ptolomaico, los “errores” se corregían haciendo nuevos epiciclos. Es así que la ciencia revolucionaria es menos frecuente y prácticamente toda la formación del científico ocurre sobre la práctica de la ciencia normal, por lo que resulta difícil aceptar los hallazgos revolucionarios. Así, la aprobación de una nueva teoría es precedida por un periodo de crisis en el cual entra en juego la confrontación de teorías rivales, y es en ese momento que los científicos se comportan como filósofos.

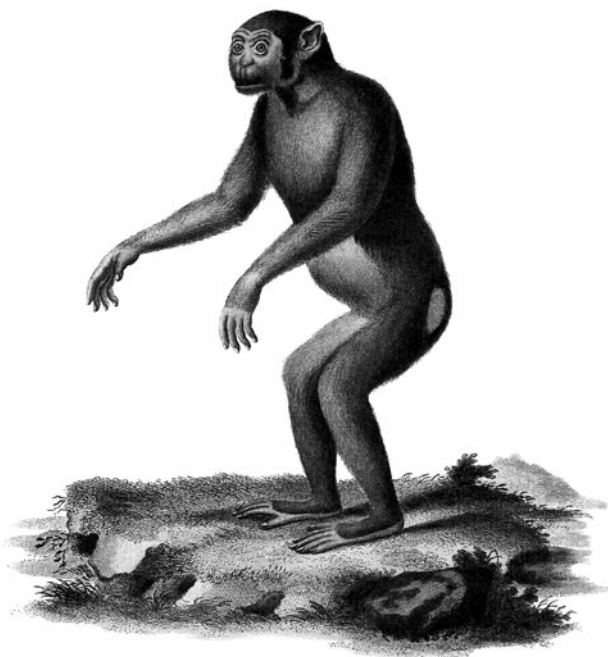
Debido a que la lógica inductiva de la ciencia es inherente,² las comunidades científicas aceptan que una teoría falsa es resultado de un error en la inducción. Sin embargo, resulta imposible demostrar que una teoría científica se aplique a todos los casos, más bien se puede afirmar que no se aplica a algunos; la pregunta obligada es si se puede considerar como refutación lo que

ocurre cuando una teoría no contempla un caso dado. Kuhn cree³ que, en términos generales, las teorías pueden modificarse por todos los ajustes imaginables sin que esta teoría deje de ser la misma, por lo que, el conocimiento en la ciencia crece por refutación de las observaciones, pero también por el ajuste de las teorías. Sin embargo, el ajuste de las teorías sólo puede darse por un enunciado de observación y no por la observación real. En contraste, la refutación de una teoría, que origina cambios en los paradigmas científicos, surge como consecuencia de la imposibilidad de los ajustes a demostrar enigmas que se acumulan y ejercen una cierta tensión en la teoría hasta que se rompe.

Una teoría sólo es aceptada cuando resuelve los problemas cuantitativos y numéricos que no fueron resueltos por la teoría anterior, lo que la hace “mejor”. Pero aquí nos encontramos con el más puro relativismo; los términos correcto o incorrecto sólo dependen del momento histórico pues las teorías únicamente son válidas en un tiempo determinado que depende en gran medida de fenómenos sociales y hasta psicológicos, es decir, de una ideología impuesta por los problemas de la época. La ciencia se encarga de analizar de manera objetiva los sucesos, así como sus relaciones lógicas, lo que implica una “lógica del conocimiento”. Esta lógica se contrapone con la subjetividad de los hechos empíricos impuesta por el carácter inductivo de la experimentación científica. De esta manera, las comunidades científicas presentan una fluctuante “psicología del conocimiento”, que siempre está ligada a la lógica del conocimiento.

LA IMPORTANCIA DEL “TEÓRICO”

Ya he hablado de que la ciencia trata de generar predicciones y contrastarlas empíricamente. Sin embargo, durante el desarrollo de la ciencia, los experimentos teóricos⁴ han tenido efectos muy significativos en el surgimiento de nuevos paradigmas y, generalmente, tratan de situaciones que no se han analizado en el laboratorio. Los experimentos teóricos tratan de situaciones que “tal vez se presenten en la naturaleza”, así que es prudente preguntarse ¿cómo es que la ciencia teórica puede influir tanto en el desarrollo científico?, ¿cómo con datos teóricos se puede llegar a un



Simio antropomorfo. J. C. D. von Schreber, *Die Säugtiere in Abbildungen nach der Natur mit Beschreibungen*, Erlangen 1775-1791. (Milán, Museo de Historia Natural.)

conocimiento objetivo? y de este modo, ¿cómo es que se puede aprender algo de este tipo de experimentos?

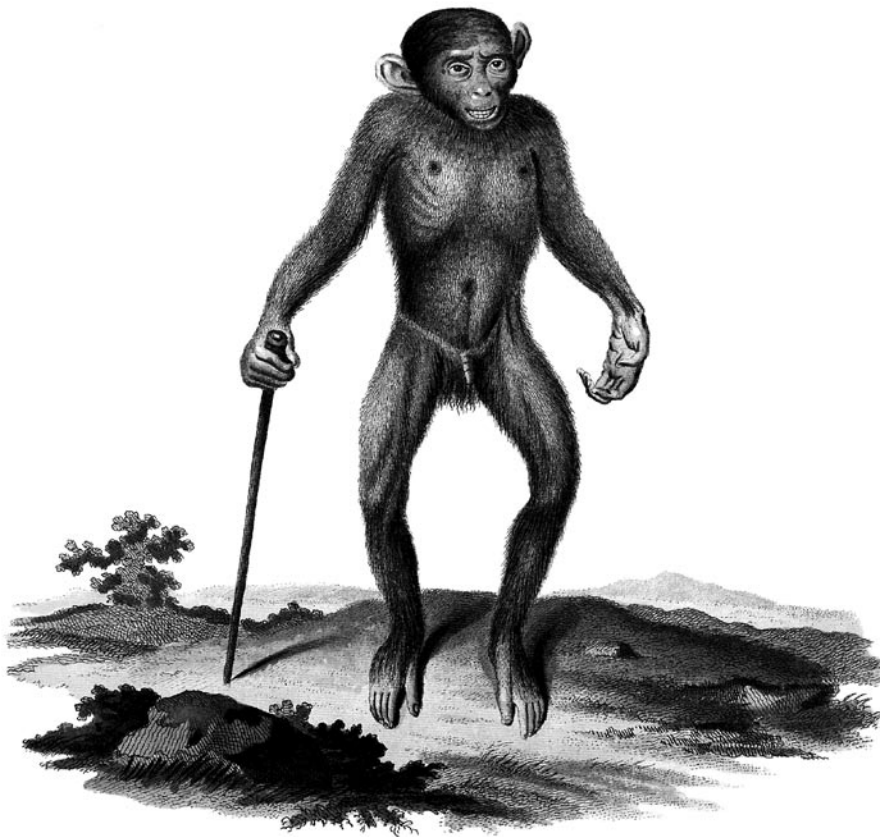
Lejos de entender a la naturaleza por medio de la experimentación imaginaria, la ciencia teórica representa un aparato conceptual para los científicos, es decir, significa una herramienta que impulsa al entendimiento de situaciones que no son concebidas dentro de un paradigma determinado.

Un ejemplo que ilustra la función que han cumplido las investigaciones teóricas en el desarrollo de la ciencia, lo representa el proceso del concepto físico de velocidad. Para Aristóteles el movimiento es un cambio en el que, la velocidad más rápida entre dos móviles es cursada por aquel que recorre más distancia en el mismo tiempo; concepto que se define ahora como velocidad promedio. Así, en la concepción aristotélica no existe la velocidad instantánea, no se entiende en términos físicos que puede haber variaciones en la velocidad durante el recorrido de un móvil. A pesar de ello, Aristóteles sabía que un cuerpo que se suelta de cierta altura, aumenta su velocidad de manera gradual; sin embargo, no definió el concepto de aceleración.

Antes de la aparición de Galileo ya no eran válidas las ideas de velocidad aristotélicas; en particular, se había introducido la distinción entre “velocidad total

del movimiento” e “intensidad de la velocidad a cada punto del movimiento”. Sin embargo, estos conceptos fueron incompletos pues sólo podían usarse para comparar dos movimientos diferentes que habían cubierto la misma distancia, o empleado el mismo tiempo.⁵ Así, Galileo preparó un experimento teórico que de manera más general acabó con la concepción aristotélica de velocidad. Imaginó un triángulo rectángulo en el cual la base se encontraba sobre el suelo y, la hipotenusa y el cateto más pequeño convergen a una cierta altura. Si dos objetos iguales se sueltan desde el vértice del triángulo, uno recorre la hipotenusa y el otro recorre el cateto sin fricción, es lógico pensar que el objeto que recorre el cateto llegará primero a la base del triángulo que el que se proyecta por la hipotenusa. Sin embargo, en el modelo aristotélico un móvil presenta una velocidad mayor cuando recorre una mayor distancia en un menor tiempo, lo que representa una serie de dificultades para explicar, en el experimento de Galileo, cuál de los dos objetos es más rápido (pues ambos movimientos abarcan distancias diferentes). En el ejemplo anterior no podemos decir cuál de los dos objetos tuvo una mayor velocidad a menos que introduzcamos el concepto de velocidad instantánea, por lo que, los términos “más rápido” y “velocidad” ahora adquieren una dimensión distinta, relativa. Así, Galileo ayudó a modificar los aparatos conceptuales de la física de la época al concebir al movimiento desde una nueva perspectiva. De esta manera, el concepto aristotélico de velocidad sólo es incorrecto desde la perspectiva actual; este mismo ejemplo se repite al comparar la teoría de la mecánica newtoniana y la de la relatividad especial de Einstein.

Para Kuhn, un experimento imaginario es simplemente una demostración teórica de un hecho ya conocido que aporta una corrección en los modelos que explican un determinado fenómeno. Asimismo, una función de los experimentos teóricos es la de enfrentar al investigador con un conflicto que existe en su manera de pensar. Así, se desarrollan determinados conceptos y se eliminan los confusos; tal vez esta sustitución de conceptos también cause problemas, pero serán menores a los que causaba el uso de los conceptos



Simio antropomorfo. J. C. D. von Schreber, *Die Säugtiere in Abbildungen nach der Natur mit Beschreibungen*, Erlanger 1775-1791. (Milán, Museo de Historia Natural.)

obtenidos de una ley o teoría experimental. Desde este punto de vista, las investigaciones experimentales permiten el acúmulo de datos que pueden o no ajustarse al paradigma, lo que gradualmente va generando una insatisfacción en la comunidad científica; en cambio, las investigaciones teóricas aparecen como una consecuencia de tales insatisfacciones que, al no presentar limitantes metodológicas, promueven las revoluciones científicas y los cambios de concepción.

FRONTERAS

Hasta ahora he defendido que durante el desarrollo de la ciencia, al igual que otras actividades durante la historia de la humanidad, han existido cambios en las concepciones y en las formas de pensar. Un caso particular en el que el desarrollo no se adapta al fenómeno revolucionario de otras ciencias lo constituyen las matemáticas, a pesar de que el uso de las matemáticas como herramienta trae como consecuencia directa o indi-

recta la experimentación en todas las demás.⁶ Las matemáticas son estrictamente teóricas y conservan un rasgo de elegancia que hace que sus demostraciones sean una combinación entre lo objetivo y subjetivo, lo deductivo y lo intuitivo; son más parecidas a otras actividades, como el arte.

Una comparación de los objetivos en las disciplinas artísticas, las matemáticas y el arte podría revelar una relación en el empleo de conceptos y normas, la cual es paralela sólo en apariencia. En este sentido, la simetría, sencillez y hasta elegancia de las simbologías artísticas y matemáticas, a pesar de desempeñar funciones importantes en las demás ciencias, en las matemáticas y en el arte son su objeto de trabajo, pero en las ciencias son instrumentos para resolver problemas técnicos. Es indudable que tanto artistas como científicos tienen que resolver problemas técnicos en su trabajo, pero la diferencia reside en que el artista tiene como objetivo la producción de objetos estéticos (independientemente a lo que se refiera con estética), a diferencia de los científicos, para quienes la solución de los problemas técnicos es precisamente su objetivo; en

matemáticas, sin embargo, no existen problemas técnicos que resolver, pues la única limitante es mental.

Por otro lado, una característica de la ciencia es la de estar dirigida hacia un grupo particular de personas; es por ello que podemos encontrar personas que digan que no les gusta la ciencia. En cambio, para el arte el rechazo no es generalizado, pues esta disciplina está dirigida a todos; más bien un rechazo sería que alguien dijera que no le gusta la música clásica. En arte como en las matemáticas no existe una competencia como la que se presenta en la ciencia; un científico puede desmentir a otro con un posterior análisis de un fenómeno, pero la música de Chopin no desprestigia a la de Liszt, ni las pinturas de Monet desplazan a las del Greco. Asimismo, debido a la naturaleza axiomática de las matemáticas, no hay un matemático que desmienta a otro y el fracaso en resolver problemas matemáticos no se origina en los propios fundamentos matemáticos, sino en la capacidad de resolverlos. Tal vez por ello, las crisis en matemáticas a través de la historia no existen.⁷ Pero quizá el aspecto más relevante de la distinción entre la ciencia y el arte, que también se comparte con las matemáticas, sea que la ciencia destruye su pasado, pero el arte lo conserva y engrandece. En las matemáticas, como en el arte, existe el impulso, por principio, de buscar cosas nuevas que expresar e incluso maneras nuevas para expresarlas y, esta es una más de las similitudes, el no intentar descubrir, sino crear.

Es propiedad (no sé si exclusiva) de nuestra especie, la función de simulación subjetiva, es decir, la vivencia de experiencias mentales o imaginarias y, además, la capacidad de transmitir las de modo verbal. Un perro, por ejemplo, expresa alegría (o por lo menos así lo interpretamos) cuando lo sacan a pasear, no porque se imagine lo que sucederá durante el paseo, sino porque recuerda el paseo anterior y lo asocia con el que viene. Sin embargo, en nosotros, la imaginación o las experiencias subjetivas nos hacen capaces de anticipar resultados así como de preparar una acción y, en ello no hay fronteras pues no existen limitantes en la imaginación. ¿Deberíamos decir entonces que no existen las fronteras en el conocimiento humano? No intento abordar semejante cuestión pues ni estoy capacitado y no creo además que alguien lo esté. Sin embargo quiero creer que no existen fronteras al conocimiento pues las

fronteras no están definidas por los propios paradigmas. Los cambios históricos en los paradigmas científicos no expresan un límite en el saber, un paradigma es simplemente una forma de explicar el mundo que depende de la época, las circunstancias del entorno social, político, en fin, es una concepción global. Probablemente las fronteras al conocimiento humano estén determinadas por limitantes metodológicas, pero la ciencia es un proceso mental y es el método el que impone límites, no la imaginación.

La ciencia ha tenido importantes consecuencias en el desarrollo histórico de la humanidad y es a ella a la que le debemos nuestra libertad intelectual ante las añejas y rígidas formas de pensamiento. Pero, debe quedar claro que no existe una explicación única de nuestro entorno en todos sus aspectos y detalles, y menos aún en lo relativo a nuestra subjetividad.

NOTAS Y REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

¹ Kuhn TS. *La estructura de las revoluciones científicas*, Fondo de Cultura Económica, México (1985).

² Las ciencias empíricas se caracterizan por el hecho de que emplean los llamados "métodos inductivos". Según esta tesis, la lógica de la investigación científica sería idéntica a la lógica inductiva. Es común llamar "inductiva" a una inferencia cuando pasa de enunciados singulares, tales como descripciones de resultados o experimentos, a enunciados universales, tales como hipótesis o teorías. Popper K. *La lógica de la investigación científica*. Tecnos, España (1982).

³ Kuhn TS. Historical Structure of Scientific Discovery: To the historian discovery is seldom a unit event attributable to some particular man, time, and place. *Science* 136 (1962) 760-764.

⁴ Kuhn TS. La tensión esencial. Fondo de Cultura Económica, México (1987) 263-289.

⁵ Para una descripción detallada sobre el asunto de la concepción medieval de la aceleración véase: Asimov I. *Nueva guía de la ciencia. Ciencias físicas*. RBA editores, Barcelona (1993) 7-403.

⁶ Un análisis de los fundamentos en las matemáticas puede revisarse en: Harada OE. El cuasi-empirismo en la filosofía de las matemáticas. *Elementos* 59 (2005) 15-21.

⁷ Thomas Kuhn plantea que las matemáticas no son una actividad tendiente a resolver acertijos, por lo que las crisis en esta actividad son raras. Se reconocen pocos problemas matemáticos antes del momento en que sean solucionados.

Gerardo Rojas Piloni, Instituto de Neurobiología, Campus UNAM-Juriquilla, Querétaro. piloni@inb.unam.mx