

# La innovación a menudo es difícil en la ciencia

Iván Darío Parra



Armando Montoya. De la serie *Flora Urbana*. Impresión digital / Papel. 70 x 50 cm. 2009

## Introducción

Las personas que viven alejadas del quehacer científico creen, en general, que los científicos son seres extraños, completamente racionales, abiertos al cambio y a la innovación y que cuando uno de ellos concibe una nueva teoría que parece explicar mejor los fenómenos, esta se impone por la sola fuerza de la razón. Nada más alejado de la realidad, pues la historia de la ciencia nos muestra que casi siempre las teorías que implican un cambio radical en la visión que se tiene de algún aspecto de la naturaleza tienen que luchar a brazo partido para ser aceptadas por la comunidad científica y, a

veces con más dificultad aun, por los poderes políticos y religiosos que dominan la escena social del momento. La innovación en la ciencia es, la mayoría de las veces, un camino tortuoso y lleno de dificultades. Exige de quienes lo emprenden, tenacidad, autoconfianza y una gran capacidad de espera, todo ello basado en la creencia profunda en que lo que se propone es mejor que lo existente.

Entiendo aquí por innovación científica el resultado de un proceso que, partiendo de una idea iluminadora, integra conceptos existentes y nuevos de una manera ingeniosa y nunca antes considerada. Este resultado puede ser una nueva teoría científica o una nueva manera de experimentar y observar a la naturaleza que es, en adelante, aceptada y usada por la comunidad de la respectiva disciplina científica en su labor de observar, describir, explicar y pronosticar los fenómenos naturales que le son pertinentes.

Veremos tres historias de científicos que hicieron cambiar nuestra visión del mundo y cómo tuvieron que luchar para que sus propuestas innovadoras, aunque contraintuitivas, fueran finalmente aceptadas.

## Copérnico. Un sacerdote que puso a girar la Tierra

Nicolás Copérnico (1473–1543) fue un sacerdote polaco con un gran talento matemático, además de una enorme afición por la astronomía. Sacaba tiempo de sus deberes religiosos para estudiar matemáticas, leer a los astrónomos y filósofos antiguos y observar el firmamento.

La visión astronómica del mundo occidental, desde el siglo ii e. c.<sup>1</sup> hasta el siglo xv, estuvo dominada por la teoría del griego alejandrino Claudio Ptolomeo (100–170), quien dio forma matemática rigurosa al modelo geocéntrico del cosmos (la Tierra como centro del universo) asumido intuitivamente desde la antigüedad y posicionado en la cultura griega por la gran autoridad de Aristóteles, casi cinco siglos antes de Ptolomeo. A pesar de que el modelo de Ptolomeo era supremamente complejo, lleno de ciclos, unos dentro de otros, describía de manera bastante precisa las órbitas de los planetas, la Luna y el Sol alrededor de la Tierra. Por esa precisión era muy usado para elaborar las tablas de efemérides astronómicas que servían no sólo para predecir los solsticios y equinoccios que indicaban cuándo sembrar y cuándo cosechar, sino también para predecir cuándo un determinado planeta estaría en una constelación del zodiaco y, con ello, apoyar la labor adivinatoria de los astrólogos y magos sobre los sucesos que podrían sobrevenir a hombres y reinos.

Pero el joven Copérnico era una mente inquieta y se le ocurrió que, si se colocaba el Sol en el centro del universo y se desplazaba la Tierra a ser un simple planeta girando a su alrededor, la teoría matemática con la que se describirían las órbitas de los planetas sería mucho más sencilla que la teoría de Ptolomeo.<sup>2</sup> Una idea sencilla pero iluminadora que cambiaría no sólo la visión científica sino también las visiones filosóficas y teológicas con las que se concebía el mundo y nuestro lugar en él, visiones que, integradas, se habían posicionado y perfeccionado en la Edad Media construyendo una cosmovisión que hacía compatibles la ciencia, la filosofía y las enseñanzas de la Sagrada Biblia. Copérnico, como sacerdote que era, sabía lo herético que sería considerado su modelo, razón por la cual no lo publicó y sólo hizo circular entre sus amigos y discípulos un pequeño folleto en latín, titulado *Commentariolus*, escrito hacia 1514 o un poco antes, en el que planteaba sus hipótesis. Luego de publicado este texto, Copérnico

se concentró en organizar y argumentar matemáticamente, y con mayor detalle, sus ideas y, con la ayuda de algunos de sus discípulos, que se encargaron del proceso de edición, publicó en 1543 (el año de su muerte) su libro más importante, titulado *Sobre la revolución de las órbitas celestes*, en el que expuso ampliamente y con respaldo matemático el sistema heliocéntrico; es decir, el cosmos centrado en el Sol.

Inicialmente, el modelo copernicano se consideró una herramienta matemática que ayudaba a mejorar los cálculos de las posiciones de los planetas en el tiempo y, con ello, hacer más precisas las tablas astronómicas, pero que no describía la realidad del mundo. Fueron los sucesores intelectuales del sabio polaco, especialmente los italianos Giordano Bruno y Galileo Galilei, quienes se dieron a la tarea de promulgar y defender el sistema heliocéntrico como el que mostraba la verdadera arquitectura del cosmos. Este sistema iba en contra del cosmos aristotélico-ptolemaico que, gracias a los escritos de Tomás de Aquino en el siglo xiii, era el aceptado tanto por la iglesia de Roma como por las demás iglesias cristianas surgidas con el protestantismo de Lutero. Además, el sistema copernicano sacaba al hombre del centro del universo, situando a la Tierra como cualquier otro de los planetas que giraban alrededor del Sol. Debido a esto se vio enfrentado a vigorosos ataques desde todos los flancos. Los astrónomos argumentaban que, si la Tierra iba a tal velocidad por el universo y además giraba sobre sí misma en 24 horas como un trompo, todo lo que hubiese sobre su superficie saldría disparado por la rápida rotación, y las nubes, los pájaros y las piedras tiradas hacia arriba se quedarían atrás con relación a la superficie terrestre. Por otro lado, los filósofos y teólogos no podían aceptar que el hombre fuese relegado de su posición central en el sistema de la creación. Todo esto llevó a la inclusión del libro de Copérnico en el índice de libros prohibidos y a que la sagrada inquisición condenara a Bruno a la hoguera y

a que, a Galileo, gracias a que se retractó, se le diera la cadena perpetua y fuera confinado como prisionero en su casa debido a su avanzada edad. Copérnico se salvó de tan infausto destino gracias a que murió el mismo año de publicación de su libro.

Aunque muchos astrónomos de esa época no dieron su brazo a torcer y se fueron a la tumba aferrados al sistema ptolemaico sin aceptar el nuevo sistema, las ideas de Copérnico se impusieron poco a poco en las mentes de los científicos posteriores debido a las evidencias observacionales en favor del modelo heliocéntrico que aparecieron con los trabajos de Galileo, de Kepler y, posteriormente, de Isaac Newton. La rotación de la Tierra sobre su eje fue demostrada experimentalmente por el físico francés Leon Foucault en 1851 con la ayuda de un péndulo que puso a oscilar colgado de la cúpula del Panteón de París, donde puede verse actualmente. La iglesia católica rehabilitó a Galileo (y, por ende, a Copérnico) sólo hasta 1992 con el Papa Juan Pablo II.

## Darwin. El biólogo que unificó al hombre con el resto de la naturaleza

Charles Robert Darwin (1809-1882) fue un biólogo inglés que inició una revolución gigantesca en la manera como concebimos los seres vivos y en la forma en que consideramos la posición del hombre con relación al resto del cosmos. Esa revolución puede equiparse en importancia a la revolución copernicana. Darwin era un gran observador de la naturaleza y se maravillaba con las múltiples formas que adquieren los seres vivos. Coleccionaba desde niño escarabajos y mariposas. Esta afición y esta capacidad de observación lo llevaron a plantearse una pregunta que, para la época, era una herejía: ¿se transforman los seres vivos unos en otros? Y de ser así, ¿mediante qué proceso ocurre esta transformación?

La tradición judeo-cristiana que imperaba en el mundo occidental sólo aceptaba las enseñanzas de la Biblia en cuanto al origen y a las formas corporales de los seres vivos. Estas enseñanzas dictan que todos los seres vivos fueron creados por Dios, tal y como se nos muestran actualmente, y el hombre fue creado a imagen y semejanza de Dios con la potestad para dominar la Tierra y servirse de los demás seres de la naturaleza. El sabio griego Aristóteles, que en el siglo iv a. e. c. había iniciado el estudio científico de los seres vivos (por eso se considera el fundador de la biología), sostenía que los animales y las plantas mantenían fija su forma corporal en el tiempo, sin importar cómo cambiara el entorno en el que vivían. A esta posición se le llamó *fijismo*. La poderosa autoridad científica de Aristóteles y la autoridad religiosa de la Biblia crearon un marco de pensamiento tan sólido e inexpugnable, que pocos osaron salirse de él. Sólo algunos pensadores como Anaximandro de Mileto (610-545 a. e. c.), en la Grecia antigua, y los franceses Georges Louis Leclerc, conde de Buffon (1707-1788) y Jean Baptiste de Lamarck (1744-1829) plantearon la posibilidad de la transformación de los seres vivos. Lamarck incluso desarrolló una teoría que podría explicar ese proceso de transformación según la cual los animales adecuaban su cuerpo y comportamiento para responder a las exigencias del entorno y esos cambios los transmitían a sus hijos. El mecanismo de cambio era pues el de la herencia de los caracteres adquiridos por el organismo. Puso el ejemplo de las jirafas que eran inicialmente de cuello corto, pero se esforzaban, estirando el cuello, por alcanzar las hojas más altas de los árboles. Ese estiramiento lo transmitieron a sus hijos que, de generación en generación, nacían con el cuello cada vez más largo. Sin embargo, estas teorías no convencían a la comunidad científica, pues iban en contra del marco de pensamiento dominante. Además, a principios del siglo xix, el francés Georges Cuvier (1769-1832) era el biólogo más famoso del mundo y, como defensor del fijismo, su palabra era ley.



Armando Montoya. De la serie *Flora Urbana*. Impresión digital / Papel. 70 x 50 cm. 2009

Pero Darwin, con el ímpetu de la juventud, no se dejó encerrar en ese marco mental que imponían las autoridades científicas y religiosas de su tiempo. Aprovechó, a los veintitrés años, la feliz oportunidad que le dio un viaje de exploración científica alrededor del mundo patrocinado por la Corona Británica. Aceptó formar parte de la tripulación del buque HMS Beagle que tenía como misión realizar, durante dos años (que se extendieron a cinco, de 1831 a 1836), un recorrido para investigar sobre especímenes de animales y plantas existentes en diferentes lugares, tanto en algunas islas como en puntos seleccionados de África, América y Oceanía. Esta expedición debía estudiar también los distintos pueblos aborígenes que encontrara en esos lugares.

Gracias a su capacidad de observación, a su perspicacia mental y apoyado por la lectura de varios autores, entre ellos, el economista

Thomas Malthus y el geólogo Charles Lyell, ambos ingleses, se le ocurrió la poderosa idea de que, igual que los hombres hacían selección de animales y plantas para mejorar algunas de sus características (como la velocidad en los caballos de carreras pura sangre en las competencias hípicas o en los galgos que debían perseguir una presa en los torneos de caza), la naturaleza también imponía condiciones que seleccionaban a los organismos más aptos para determinado entorno, posibilitando que estos tuviesen más crías que aquellos organismos menos aptos. Esta idea, salida del hermético marco de pensamiento imperante, lo llevó a plantear la teoría del origen de las especies animales y vegetales por el mecanismo de la selección natural que lo hizo famoso. Darwin se propuso dos objetivos; en primer lugar, demostrar que las especies no fueron creadas ni surgieron separadamente y, en segundo lugar, que la selección natural ha sido el principal agente del cambio.

Pero debido al rígido marco mental de su época y más en la Inglaterra victoriana de la segunda mitad del siglo XIX, regida por estrictas costumbres puritanas y de observancia fiel de las normas y verdades reveladas en las Escrituras, su teoría, que sacaba al hombre de su cómodo lugar de culmen y señor de la creación y lo unificaba en su naturaleza con el resto de los organismos vivos, no sólo fue duramente criticada por científicos, filósofos y teólogos. Incluso el mismo Darwin fue sujeto de burlas como en la ocasión en que, durante un debate sobre su teoría, alguien le preguntó si él descendía de un mono por parte del abuelo o de la abuela. También fue caricaturizado en periódicos y revistas donde, a menudo, lo representaban con cuerpo de chimpancé. En otra ocasión, en una conferencia sobre las propuestas del científico, una señora de la alta sociedad londinense se dirigió preocupada a su vecino de silla diciendo: "Ojalá que esta teoría no sea verdad, pero si resulta que lo es, ojalá nadie se entere".

La teoría darwiniana siguió siendo objeto de críticas virulentas durante el resto del siglo xix y todo el siglo xx, a pesar de los adelantos en genética y de los numerosos descubrimientos paleontológicos de fósiles de ancestros de las especies actuales que llevaron a una versión más sólida de la teoría. En Estados Unidos de América se prohibió, durante un tiempo, su enseñanza a nivel escolar en varios estados<sup>3</sup> y aún hoy cerca del 50% de los estadounidenses no cree en ella. Los creacionistas, fanáticos que interpretan la Biblia al pie de la letra, y los seguidores del diseño inteligente, muchos de ellos científicos de renombre, realizan constantes campañas en contra de la teoría de la evolución de Darwin.

Vemos pues que una idea poderosa, pero que se sale del paradigma mental de una época y lugar, es difícilmente aceptada a pesar de las pruebas y argumentos a su favor. La cerrazón mental es peor que la ceguera física.

## Einstein. El niño que quería viajar en un rayo de luz

Albert Einstein (1879–1955) llamó la atención siempre por algo. Cuando era un bebé, sus padres se preocuparon porque tardaba mucho en aprender a hablar. ¿Será retrasado? Se preguntaban. Vino a hablar a los tres años. Ya adolescente, su actitud crítica hacia los profesores le produjo serios problemas, pues ellos no querían que estuviera en sus clases. Uno de ellos le dijo que su sola presencia en clase hacía que los demás alumnos le perdieran el respeto. Posteriormente en la universidad, donde estudió física, conservó el mismo talante crítico y no asistía a las clases que no le gustaban. No tomaba apuntes y sólo estudiaba con las notas de clase de un amigo. Este comportamiento llevó a que, una vez graduado, no consiguiera la recomendación de sus antiguos profesores para lograr un trabajo como docente universitario. Lo salvó del desempleo un amigo cuyo

padre tenía influencias en la oficina de patentes de la ciudad de Berna en Suiza. Allí entró a trabajar como revisor de solicitudes de patentes de inventos.

Cuando Einstein era un adolescente se preguntó cómo se vería el mundo si él pudiese viajar en un rayo de luz. El joven revisor de patentes en Berna parece que tuvo tiempo para retomar esa pregunta y responderla. Su respuesta, que plasmó en un artículo científico publicado en 1905, fue la base de la teoría especial de la relatividad.<sup>4</sup> Einstein, el físico, se preguntó por qué las dos teorías físicas más importantes y aparentemente perfectas que existían en su tiempo, la mecánica newtoniana y la teoría electromagnética, no se compaginaban entre sí. La primera describe las interacciones gravitacionales y las leyes del movimiento de los cuerpos, desde las piedras que caen al suelo hasta los planetas que orbitan alrededor del Sol, y la segunda, debida al físico inglés James Maxwell, describe a la perfección los fenómenos relativos a las interacciones eléctricas y magnéticas. Para algunos fenómenos, las dos teorías daban respuestas discordantes. Ante este problema, Einstein tuvo una idea genial: tal vez el espacio y el tiempo no eran tal como los había considerado Newton. Tal vez las cosas se verían distintas miradas por observadores en movimiento relativo (por eso lo de “relatividad”). Esta idea revolucionaria llevó a Einstein a lograr una de las mayores innovaciones en la forma en que apreciamos la realidad física; una innovación que, igual que la copernicana, echaba por el suelo las intuiciones más arraigadas. ¿Cómo es posible que la simultaneidad de dos eventos dependa del tiempo y lugar desde el cual se miran? ¿Cómo es posible que un rayo de luz salga con la misma velocidad si es emitido desde una fuente en reposo para un observador, que si es emitido desde una fuente que se está moviendo a gran velocidad para ese mismo observador? Esto no lo admitían los físicos clásicos (los seguidores de Newton) ni tampoco los filósofos.



Armando Montoya. De la serie *Flora Urbana*. Impresión digital / Papel. 70 x 50 cm. 2009

Para empeorar las cosas (para los físicos clásicos), Einstein se dedicó, durante los siguientes diez años, a desarrollar una generalización de su teoría que incluía objetos con movimiento acelerado. A finales de 1915 publicó un artículo con las bases de su teoría general de la relatividad. Para desespero de los físicos aferrados a la teoría de Newton, Einstein afirmó que, según su teoría, un rayo de luz se curvaría al pasar cerca de un objeto masivo como el Sol y que el tiempo se haría más lento cerca de un campo gravitatorio intenso. Dijo también que una perturbación gravitacional, como la que puede producir una estrella gigante cuando explota o la que resulta del choque de dos estrellas masivas genera una ondulación en el tejido del espacio-tiempo. ¿Cómo puede ondular el espacio vacío? Afortunadamente, para Einstein, un eclipse solar total ocurrido en 1919 pudo mostrar que él estaba en lo cierto con relación a la curvatura de los rayos de luz.<sup>5</sup> Sin embargo,

el escepticismo de los físicos más recalcitrantes se mantenía porque el fenómeno podría haberse debido a otra causa entonces no descubierta.

Por esa razón no le dieron a Einstein el premio Nobel en 1921 por su teoría de la relatividad, sino por un artículo, publicado también en 1905, sobre el efecto fotoeléctrico, que fue uno de los artículos seminales de otra rama de la física que apenas estaba emergiendo: la mecánica cuántica. La ondulación del tejido del espacio-tiempo fue detectada, por fin, en el año 2015, cien años después de enunciada la teoría general de la relatividad, gracias a que se contó con la tecnología apropiada para construir un detector funcional: el observatorio de ondas gravitacionales LIGO situado en los Estados Unidos.

Una teoría tan contraintuitiva sólo se impuso por la fuerza de las evidencias observacionales, aunque costó a muchos físicos un gran esfuerzo aceptarla. Algunos incluso trataron de desarrollar variantes de la teoría de la gravedad de Newton que pudiesen explicar los mismos fenómenos que explicaba la teoría de Einstein.

## Conclusión

Estas tres historias muestran que los científicos no son tan proclives al cambio y a la innovación como uno podría pensar. Ellos, igual que los demás seres humanos, se apegan a formas tradicionales de pensar y es difícil hacerlos salir de su encierro mental cuando aparece una idea disruptiva, generadora de una innovación científica que rompe con el marco mental vigente. Como afirmó el gran físico alemán Max Planck (1858-1947), precursor de la mecánica cuántica, refiriéndose a la posición que, sobre la naturaleza de la entropía, había asumido el físico alemán Ludwig Boltzmann (1844-1906): “Esta experiencia me posibilitó aprender un hecho — uno de gran interés en mi opinión —: una nueva verdad científica no



Armando Montoya. *Urbana sensación*. Instalación Teatro Universitario Camilo Torres Restrepo. 2018

triumfa por medio de convencer a sus oponentes logrando que vean la luz, más bien porque sus oponentes van muriendo y crece una nueva generación que es afín a ella".<sup>6</sup>

## Notas

- 1 Mientras no se indique lo contrario, todas las fechas se referirán al inicio de la Era Común (e. c.); es decir, los años contados a partir del nacimiento de Cristo. Para los sucesos anteriores a este evento usaremos la expresión a. e. c (antes de la Era Común).
- 2 Ya mucho antes de Ptolomeo, el griego Aristarco de Samos (310–230 a. e. c) había escrito sobre esta posibilidad, pero no propuso un modelo que la respaldara matemáticamente. Además, esa idea contraintuitiva no fue aceptada por sus contemporáneos.
- 3 La película de 1960 *Heredará el viento* (*Inherit the wind*) del director Stanley Kramer tiene como argumento precisamente esta problemática de la enseñanza de la teoría de la evolución en las escuelas estadounidenses.
- 4 Que trata sobre el movimiento relativo de cuerpos que se desplazan a velocidad constante. Los físicos no hablan de cuerpos sino de sistemas de referencia para un observador.
- 5 En un eclipse total de Sol, la Luna se interpone entre el Sol y la Tierra ocultando el astro rey a nuestra vista. Esto hace que las estrellas alrededor del Sol puedan ser vistas como si fuera de noche. Incluso una estrella que esté detrás del Sol, pero cerca de su borde, y que debería estar tapada por él, puede verse porque el rayo de luz de esa estrella se curva hacia nosotros al pasar al lado del Sol.
- 6 Esta cita es una traducción de la frase original en inglés que aparece en la página 33 del libro de Max Planck *Scientific autobiography and other papers* publicado en Londres, en 1950, por la editorial William & Norgate, Ltda.

**Iván Darío Parra Mesa** es doctor en filosofía y MSc en gestión de la tecnología. Docente investigador universitario (UPB) a nivel de postgrado en historia de la ciencia y la tecnología. Sus intereses de estudio e investigación se relacionan con la historia y la filosofía de la ciencia y de la tecnología, la gestión de la innovación y del conocimiento, la cosmología y las teorías del conocimiento y de la complejidad.