



Reflexiones sobre la ciencia

¿Hacia dónde va la física?



Por **Raúl Barrachina**, director del Instituto Balseiro

En esta edición de *Petrotecnia* inauguramos la sección *Reflexiones sobre la ciencia* con el propósito de crear un espacio de pensamiento y análisis de los grandes temas que marcan el camino hacia el futuro.

La reflexión que hoy publicamos está referida a la física y en ella se analizan ejemplos históricos. Además, se enumeran algunas líneas actuales de investigación en tres escalas de tamaño distintas (cósmica, celular y atómica) que podrían marcar el sendero por donde se transitará en los próximos años.

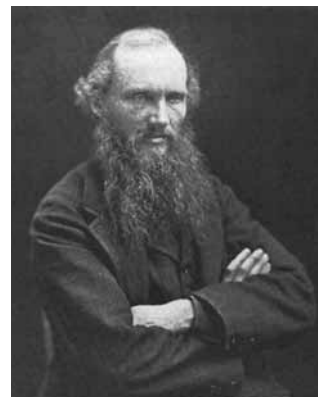
Durante una conferencia ante la Royal Society de Londres en el año 1900, el físico escocés William Thomson afirmó que *no quedaba nada nuevo por descubrir en las ciencias físicas, tan sólo realizar mediciones más y más precisas*. Esta frase puede parecer ridículamente inocente, sobre todo teniendo en cuenta que en diciembre de ese mismo año Max Planck daría el puntapié inicial para el desarrollo de la física cuántica. Cinco años antes, el mismo Thomson había afirmado que *nunca sería posible construir máquinas voladoras más pesadas que el aire*, una imposibilidad que los hermanos Wright se encargaron de demoler en una playa de Carolina del Norte en diciembre de 1903. ¿Era realmente tan corto de visión y entendederas este Thomson? No precisamente. Jugó un papel central en los principales avances en termodinámica y electromagnetismo del siglo XIX. Fue autor de setenta patentes y más de seiscientos (sí, no es un error de impresión, seiscientos) trabajos científicos, el primero de los cuales publicó a los dieciséis años. A su espíritu visionario se debe el tendido del primer cable transatlántico para transmisiones telegráficas, una empresa que lo convirtió en un hombre muy rico y por la cual la reina Victoria le confirió el título por el que hoy lo conocemos: *Lord Kelvin of Largs*.

Con este ejemplo sólo quiero mostrar el predicamento en que me encuentro al intentar dar respuesta al pedido de escribir una colaboración con el título de 'Hacia dónde va la física'. Si un científico de la talla de Lord Kelvin metió la pata, ¿qué me queda a mí, pobre mortal? Sin embargo, creo que algo podemos avanzar en este intento de futurología científica, al menos expresando su imposibilidad. Imagino que quien haya comenzado a leer este artículo con expectativas distintas a esta conclusión negativa y algo desalentadora se sentirá –con justa razón– defraudado. Pero si me acompaña un poco más, creo que va a encontrar algunas ideas, si no interesantes, al menos controversiales.

De revoluciones y paradigmas

Ahora, volviendo a Lord Kelvin, ¿por qué falló en su percepción del futuro inmediato de la física? Simplemente, no pudo ver que se avecinaba una "revolución" científica. Usualmente asociamos el término revolución con gentilicios como francesa o rusa, pero en realidad el término deriva del título de un libro científico publicado en 1543 por un astrónomo moribundo: *De revolutionibus orbium coelestium*. Su autor, Nicolás Copérnico. En la aparente simplicidad de una de sus frases, *en el centro de todas las cosas está el Sol*, se escondía la semilla de una revolución científica que nos llevaría, de la mano de grandes físicos como el mismo Kelvin, a la sociedad tecnificada de la actualidad.

Sin embargo, de haber sobrevivido a la publicación de su libro, Copérnico hubiese encontrado grandes dificultades para defender su teoría frente a su contraparte tolemaica. Había argumentos de mucho peso que esgrimir frente a ella. Tendría que pasar un siglo de discusiones, con su cuota de inquisiciones, cárceles y hogueras, para que esa visión terminara imponiéndose. Similarmente,



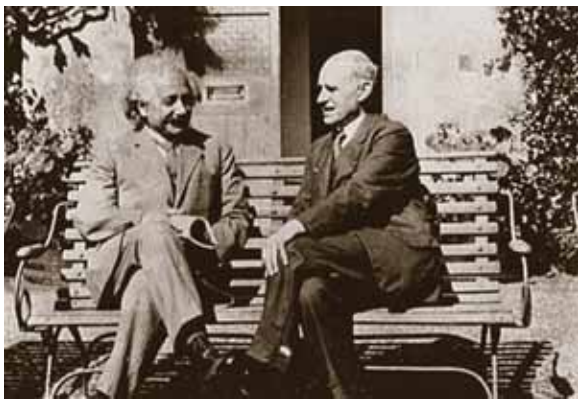
C. Watson, en su biografía de William Thomson –Baron Kelvin of Largs– (1824-1907), afirma que durante la primera mitad de su carrera éste parecía incapaz de equivocarse, mientras que durante la segunda mitad parecía incapaz de acertar. Esta es una afirmación injustificadamente dura, a pesar de su militante oposición a algunas de las teorías científicas más avanzadas de su época.

en los comienzos del siglo XX, la comunidad científica tardaría dos décadas en convencerse de la validez de la idea del cuanto de luz, lanzada por Albert Einstein en 1905. De hecho, hasta el mismo Max Planck militó entre los más reacios a aceptar tales extrapolaciones de su propia idea del cuanto de energía. Como vemos, Lord Kelvin no está solo en el firmamento de los visionarios fallidos. Acotación al margen, la UNESCO ha declarado al 2005 como año internacional de la física, en conmemoración del primer centenario del *Annus mirabilis* cuando Einstein publicó varias de sus "revolucionarias" ideas.

Vemos entonces que el justo valor de una idea científica, sobre todo si es revolucionaria, sólo puede apreciarse retrospectivamente. Conclusión: a los científicos nos resulta muy difícil escapar al "paradigma" de la ciencia de nuestro tiempo (perdón por utilizar una palabra gastada de tanto abuso, pero al menos puedo presentar la excusa de estar empleándola en su contexto original, *alla Kuhn*). Por lo tanto, no podemos tomar la distancia necesaria para poder vislumbrar "hacia dónde va la física".

El contexto social

Aún en tiempos de ciencia normal, sin revoluciones científicas en ciernes, los científicos muestran cierta inhabilidad para apreciar claramente las distintas oportunidades de desarrollo. Evidentemente, los científicos son los motores de la ciencia. Pero la dirección de este progreso suele trascender sus intenciones como individuos o comunidad. Hace unos pocos días estuve releendo un informe sobre el estado de mi área de investigación, elaborado hace treinta años por un comité *ad hoc* para la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos. El objetivo manifiesto de ese documento era presentar algunas predicciones pero, notablemente, ninguna de ellas se ha cumplido. Es más, no lograron advertir ninguno de los desarrollos que hoy consideramos importantes. ¡Ni uno solo! En este sentido, la lectura que tres décadas después puedo



En 1919 Einstein le escribió a su madre: "hoy tengo buenas noticias para usted. H. A. Lorentz me ha teleografiado diciendo que la expedición inglesa ha comprobado que el Sol desvía la luz". La famosa observación del eclipse solar de 1919 realizada por Arthur Eddington, aquí junto a Einstein en una foto tomada en 1930 en el jardín de su casa, tuvo un tremendo impacto en la aceptación de la teoría general de la relatividad.

hacer de ese informe no es tanto como la visión objetiva de un posible escenario futuro sino como el reflejo del *lobby* –en algunos casos inconsciente– de grupos de científicos a favor de sus propias temáticas de investigación. Sobre todo ante la previsión de que tal tipo de informes suele tener una influencia directa en la financiación dada por las agencias científicas.

Desde los tiempos de Newton se imagina a la física como el *summum* del conocimiento científico, objetivo y probado, derivado de la experiencia, sin cabida para las opiniones y mucho menos para las pasiones personales. Posiblemente, algunos pocos científicos aún sostengan esta visión ingenua. Sin embargo, a poco de andar el mundo del laboratorio, todo joven investigador, como un aprendiz de brujo, percibe lo que la ciencia realmente es: una actividad humana. Y como tal, tiene todas sus virtudes y muchos de sus vicios. El científico no está fuera del mundo y como cualquier hijo de vecino tiene que lidiar con su propia cuota de interacciones con el entorno social. Además de investigar, también tiene que encontrar su lugar dentro del laboratorio y –más generalmente– hacerse de una reputación en una red social amplia, lo cual implica un juego de evaluaciones en el marco de lo que llamamos la "carrera del investigador". Pero, sobre todo, tiene que buscar financiación para sus proyectos, moviéndose en un escenario que –por formación– le es relativamente ajeno.

En forma inexorable he llegado al tema de cómo el direccionamiento que los gobiernos y las empresas dan a la inversión en ciencia influye en su desarrollo a mediano plazo. Por ejemplo, es muy difícil separar el desarrollo de la termodinámica del de la máquina a vapor y la revolución industrial del siglo XIX. Más recientemente, podemos apreciar el influjo recíproco de la computación y la transmisión de datos con ciertas áreas de investigación. ▶

Y entonces, ¿hacia dónde va la física?

En el sentido de las secciones anteriores, podemos pensar la investigación en física como un juego de potencialidades. Hay factores externos, tales como las políticas de financiación, que pueden influir en su desarrollo. Pero aún así, la historia parece mostrarnos que no es posible decidir hacia dónde va la física, cuál será el tema que nos llevará en una dirección nueva e inesperada, ni siquiera en qué área de investigación ocurrirá. Pero, si existe una brecha, tarde o temprano algún grupo de científicos se abrirá paso. Siempre ha ocurrido así.

Este juego de potencialidades requiere un cuidado equilibrio entre las distintas temáticas de investigación. No descuidar completamente alguna de ellas por otra de moda. Y me estoy refiriendo sobre todo al direccionamiento de los subsidios. Es natural que haya temas de moda, pero uno nunca sabe por dónde va a saltar la liebre. En 1783, durante el despegue de un globo aerostático en París, un observador escéptico le preguntó a Benjamín Franklin, visitante ilustre a la Francia prerevolucionaria, qué utilidad podía tener una simple diversión como esa. La respuesta de Franklin fue clara y contundente: *¿para qué sirve un niño recién nacido?*

Y así es la investigación científica, como un niño recién nacido. No podemos prever qué dirección tomará al crecer, pero en su madurez bien podría transformarse en un desarrollo tecnológico de tremendo impacto.

Una breve taxonomía borgeana

Espero haber defendido razonablemente bien mi caso contra la factibilidad de las predicciones en ciencias. Sin embargo, para no defraudar demasiado a quien haya llegado hasta este punto, voy a atreverme a enumerar algunas pocas líneas de investigación actuales, en tres escalas distintas de tamaño. Sólo tres ejemplos, entre miles. Uno a escala cósmica, otra a escala celular y la última, a escala atómica. Sorprendentes, sin duda. Valiosos, posiblemente. Revolucionarios, es poco probable. ¿Recuerdan a Lord Kelvin...?

El 29 de mayo de 1919, en la isla Príncipe, el británico Arthur Eddington observó el eclipse de Sol más famoso de la historia de la ciencia. Durante un mes, él y sus colaboradores habían estado montando el equipo para fotografiar las estrellas que aparecerían cerca del Sol al oscurecerse el cielo. Su objetivo era verificar si la luz proveniente de las estrellas en la constelación de Tauro se curvaba por acción del campo gravitatorio del Sol según había predicho Albert Einstein tres años antes. Que un equipo británico pudiese aportar sustento a la teoría de alguien que había nacido en Alemania podría interpretarse también como una forma de reconciliación, a menos de un año del fin de la Primera Guerra Mundial. Posiblemente las imágenes no eran suficientemente claras como para concluir que confirmaban la predicción de Einstein, pero la noticia apareció en muchos periódicos británicos y rápidamente se propagó al resto del mundo, haciendo de Einstein una personalidad mundialmente famosa y eliminando todas las dudas de la comunidad científica sobre la teoría general de la relatividad. El procedimiento empleado por Eddington todavía mantiene



La idea del cuanto de luz de Albert Einstein no fue fácilmente aceptada por el padre de la física cuántica, Max Planck, junto a él en esta foto de 1929. A fines de 1911, Einstein le escribió a Heinrich Zangger en Zurich: "Planck es intratable en algunas de sus ideas preconcebidas que además, sin duda, están equivocadas..."

su actualidad, en lo que se denomina "lentes gravitatorias". La idea es, básicamente, que la atracción gravitatoria de los objetos celestes actúa como una lente que desvía la luz proveniente de otros objetos más lejanos. Este tema despierta gran interés en la actualidad.

En dimensiones más a nuestro alcance, alguien se preguntó ¿qué tan pequeña puede ser una jeringa? Bueno, recientemente se ha encontrado que pequeñas burbujas en agua desarrollan puntas en forma de aguja cuando se las somete a ciertos impactos acústicos. Si estas puntas pueden penetrar la membrana de una célula, entonces podrían usarse burbujas recubiertas de droga para inoculaciones *in vivo* a escala celular.

Yendo a escala atómica, hace pocos días un par de experimentos confirmaron la intuición de la ciencia ficción, de que la teletransportación de materia es posible. Las ideas detrás de este resultado son las más caras a la física cuántica e incluyen conceptos tales como la dualidad onda-partícula de la materia a escala atómica, el problema de la medición, ejemplificado por la paradoja del gato de Schrödinger, el principio de incerteza de Heisenberg y, sobre todo, la paradoja planteada por Albert Einstein, Boris Podolsky y Nathan Rosen en los años treinta y referida al fenómeno de no-localidad. Es cierto que en estos experimentos la teletransportación no se realizó a varios kilómetros ni a unos pocos metros. Sólo a unos pocos micrones de distancia, es decir a milésimas de milímetro. Y no se transportó un ser vivo, tampoco una célula. Tan sólo un átomo. Esto puede sonar bastante desilusionante y lejano a la fantasía de la ciencia ficción. Sin embargo, hay que recordar que, después de todo, el viaje a la Luna empezó en realidad tres siglos antes con Galileo experimentando con una bola de metal rodando por un plano inclinado. Es un primer paso. Y de todas maneras, el principal interés de esta investigación no reside tanto en una nueva forma de viajar sino en el desarrollo de computadoras más rápidas para tareas específicas, donde se usarían los átomos individuales como bits cuánticos o *qubits*.

Y por casa, ¿cómo andamos?

Juro que elegí tres ejemplos al azar. Sin embargo, advierto ahora que hay grupos en el país que trabajan en estos temas. "Ya sé –dirá el lector–, ahora me va a soltar toda la cantinela sobre la excelencia de la ciencia argentina, a pesar de los bajos presupuestos." Bueno, tengo que admitir que estuve tentado a hacerlo. Uno puede comenzar por mostrar estadísticas sobre la producción científica nacional, sobre vinculación con el medio productivo, sobre porcentajes del PBI, etc. Sin embargo, esos datos se pueden mirar de muchas maneras. Y pueden usarse, a veces indistintamente, a favor o en contra de posturas diversas. En una síntesis muy apretada diría que no estamos tan mal como podríamos estar y podemos ir mejor de lo que vamos. De todas maneras, desarrollar este tema merecería todo un artículo aparte. Hasta entonces...

El doctor Raúl O. Barrachina es actualmente director del Instituto Balseiro, uno de los centros de formación de recursos humanos en física e ingeniería más reconocidos de Latinoamérica. Egresado de dicha institución en 1982, con el segundo mejor

promedio histórico, recibió el Premio Joven Sobresaliente 1989 de la Cámara Junior de Buenos Aires y el Premio Enrique Gaviola 1999 de la Academia Nacional de Ciencias. Su formación académica incluye, además de un doctorado en física, un master en filosofía e historia de la ciencia y estadías posdoctorales en los Estados Unidos, Francia, Italia y España. Miembro asociado del International Centre for Theoretical Physics de Trieste, Italia, entre 1992 y 1999, es actualmente miembro de la asociación física argentina, de la American Physical Society de los Estados Unidos y fellow del Institute of Physics de Gran Bretaña. Entre 1997 y 1998 actuó como coordinador del área de ciencias físicas y matemáticas de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, en la primera evaluación nacional de proyectos de investigación encarada por dicho organismo. En la actualidad combina sus tareas directivas en el Instituto Balseiro con la docencia universitaria, la formación de discípulos a nivel de maestría, doctorado y posdoctorado y la investigación científica en la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) y como investigador principal del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Es autor de un gran número de publicaciones internacionales en física atómica. También ha dictado conferencias y presentado comunicaciones científicas en congresos internacionales en la Argentina, Chile, Eslovenia, España, Estados Unidos, Francia, Hungría, Italia, Japón, Reino Unido, Suecia y Vietnam, manteniendo fluidos contactos científicos con investigadores de varios de estos países a través de estadías de trabajo, proyectos de investigación y cooperación internacional y publicaciones conjuntas.