

CIENCIA Y LUCIDEZ

Vicki A. Sailer*



Einstein

La semántica de la ciencia

Para el "no-iniciado" la ciencia parece cada vez más, mucho más allá de su habilidad para comprenderla. Es una lástima, porque la ciencia, siendo una de las expresiones más nobles del ser humano, no debe ser privilegio de unos cuantos elegidos. Todos aquéllos con deseo de entender la vida, deberían tener acceso a los nuevos descubrimientos de la ciencia. Pero existe un obstáculo grande que es el obstáculo lingüístico. Los científicos inventan palabras para aplicarlas a sus descubrimientos y a sus herramientas. Inventan todo un lenguaje para conversar entre sí. Entonces, lo primordial para entender a los científicos, es poder conversar con ellos. Esta es la razón por la cual nuestros sistemas de educación superior empiezan con una licenciatura en la que se introduce al estudiante en los "idiomas" de cada especialidad. Los cursos de licenciatura son más que nada una memorización de términos científicos y un aprendizaje de la gramática científica: las matemáticas. A partir de ahí, un estudiante abusado ya puede entender lo que dicen los científicos y puede aprender más leyendo libros avanzados sobre los temas que le interesan. Es fácil decirle a un estudiante que no entiende algún problema científico, cuando simplemente no entendió cuál era la pregunta; y no es que sea incapaz de comprender el problema físico, porque esta dificultad es relativamente insignificante. Sólo los maestros inseguros se aprovechan de este detalle para presumir ante los "no iniciados". Sin embar-

* Departamento de Energía CINVESTAV-IPN, Unidad Mérida.

go, siendo nuestro modo de comunicación básicamente verbal, la gravedad del problema está en el lenguaje que usan los científicos. Lo más grave del asunto es que este problema pasa inadvertido por los trabajadores científicos, los más indicados para solucionarlo. Es una falla de nuestra cultura el que nos acostumbramos tanto a hablar, que se nos olvida que las palabras son sólo un medio para comunicar ideas sobre lo que experimentamos en la vida real.

Cordura, locura y genios

Otra falla de nuestra cultura es siempre querer dividir las cosas en pares de opuestos. Queremos las cosas en blanco y negro. Nada de gris, por favor. Clasificamos a las personas como prácticas o idealistas y a los investigadores científicos como experimentales o teóricos. El que intenta hacer las dos cosas igual de bien, corre el riesgo de ser tomado por un "mil-usos"; aunque, en plan de broma, le conceden la posibilidad de ser un genio: pobre de él si resulta serlo. Un genio es una cosa gris, una excepción que echa a perder la regla. ¿Qué hacer con él? Se le trata normalmente como una agradable equivocación por parte de la madre naturaleza. Una mejor solución al problema sería tomarlo como una persona normal y a los demás como errantes. Así podríamos estudiar sus procesos mentales para averiguar qué es lo que lo hace ser tan especial.

Hay una explicación sencilla de la relativa carencia de genios en nuestra sociedad. La mente, como cualquier aparato, tiene su manera de funcionar y necesita ser utilizada correctamente para poder sacarle el mejor provecho. Sin em-

OPINION

bargo, la mente no viene con facturas. Antes de saber cómo usarla, la tenemos que usar para poder sobrevivir. Dependemos de la suerte y de nuestros mayores para aprender a usarla antes de que la echemos a perder. Habiendo pocos genios, hay pocas esperanzas para el que no hace un gran esfuerzo para afinar su máquina. ¿Cómo serán los procesos mentales lúcidos? Básicamente consisten en dar vueltas alrededor de los siguientes tres pasos:

a) Observar la vida real usando los sentidos físicos.

b) Relacionar los datos observados con datos almacenados.

c) Visualizar modelos mecanísticos para explicar los datos.

Todo ser vivo observa. Es lo más fácil y automático. Pero algunos observan más que otros. El que observe más, tiene más datos que relacionar y puede adaptarse mejor a su ambiente. Si definimos la cordura como estar en contacto con "la realidad", con el mundo físico-real, entonces los que observan mucho son muy cuerdos. Los científicos experimentales tienden a ser muy cuerdos (una observación de la autora). Sus vidas están dedicadas al aprendizaje del arte de la observación.

Todo ser que sobrevive relaciona. La expresión más simple de este paso de los procesos mentales es el método de aprendizaje por intento-y-error. Quien no aprende de sus errores está destinado a sufrir mucho y a vivir poco. Hasta un organismo unicelular tiene que hacer relaciones entre sus observaciones. ¿Qué es entonces lo que hace tan especial la mente del ser humano? Que tiene el sistema nervioso más altamente desarrollado de todos los seres vivos que conocemos; tiene una gran capacidad de almacenamiento de datos y es capaz de hacer relaciones muy delicadas entre grandes cantidades de ellos. Es capaz de crear todo un mundo ideal, fantástico, hecho de puros pensamientos. Pero el peligro está precisamente en eso. Los científicos teóricos, que muchas veces son confundidos con genios, suelen volverse locos. Quieren mucho a sus mundos ideales y pierden interés en el mundo físico-real. También pierden interés en comunicarse con los demás.

Todo ser que vive feliz visualiza. Dentro de nuestros modelos visuales está toda nuestra comprensión del mundo exterior que nos rodea. Nuestra adaptación al mundo se incrementa conforme



nuestros modelos se acercan más a la realidad. La tarea principal de la mente humana es ir modificando los modelos, comparándolos con viejas y nuevas observaciones, en un gran intento para adaptar mejor al organismo y, consecuentemente, para ser más feliz. Este proceso requiere ir subiendo hasta niveles super-abstractos y bajar otra vez a niveles de abstracción visualizables con una facilidad que permita no perder mucha información en el camino. Los genios son aquellos cuyos caminos mentales están como supercarreteras: en buenas condiciones y sin obstáculos. La ciencia avanza gracias a los genios. Sin ellos los datos de los experimentales y las matemáticas de los teóricos no llevarían a ningún descubrimiento importante y quedaríamos igual de ignorantes todos.

El ejemplo del electromagnetismo

"Nuestra época presenta terribles exigencias a la imaginación. El grado de imaginación necesario es mucho más extremo que el necesario para algunas ideas antiguas. Las ideas modernas son mucho más difíciles de imaginar. Usamos un montón de herramientas.

Usamos ecuaciones y reglas matemáticas y construimos muchas imágenes. De lo que me doy cuenta es que cuando hablo del campo electromagnético en el espacio, veo una especie de superposición de todos los diagramas que siempre he visto dibujados al respecto. No veo pequeños haces de líneas de campo corriendo por ahí, porque me preocupa que si corrieran a una velocidad diferente, los haces desaparecerían. Y no siempre veo los campos eléctricos y magnéticos, porque a veces pienso que debería haber formado una imagen con el potencial vectorial y el potencial escalar, puesto que quizás sean las cosas físicamente más significativas que serpentean".

The Feynman Lectures on Physics

Las palabras de Feynman son representativas del pensar científico de nuestra época y, hablando de épocas, se ve en sus palabras un error común pero seriamente grave. La esencia de la ciencia es estar siempre en la frontera de los conocimientos almacenados por la sociedad. Lo nuevo es característicamente incomprensible, simplemente porque no estamos acostumbrados a ello. Es una arbitrariedad suponer que vivimos en una época privilegiada en la cual la ciencia ya está más allá de nuestra capacidad para comprenderla. Sería una gran tristeza para la humanidad si los campos electromagnéticos no fueran visualizables puesto que, según la física moderna, todo fenómeno físico puede ser reducido a una interacción y/o superposición de ondas electromagnéticas. Si los campos electromagnéticos no son visualizables, entonces vivimos en un mundo que tampoco lo es y sólo nos queda vivir como teóricos locos. Antes de aceptar esta desesperante y fútil conclusión, vale la pena investigar la historia de los estudios sobre el electromagnetismo y aplicar el proceso mental genial a los datos que se consiguen en el camino. La razón por la cual debe uno hacer eso, es que ninguna teoría está completamente despejada de sus orígenes históricos. Hay que tomar en cuenta los conocimientos que el científico tenía accesibles y el camino pensativo que lo llevó a su teoría. En pocas palabras hay que saber ¿en base a qué dijo lo que dijo?

Faraday (1791-1867) fue un científico autodidacta que aportó una larga lista de descubrimientos al mundo científico.

co. Uno de sus trabajos más importantes fue el de lograr convertir magnetismo en electricidad. Es necesario mencionar que no fue para él un accidente. Oersted ya había mostrado cómo producir magnetismo con electricidad y Faraday concluyó, por simetría entre relaciones físicas, que el proceso inverso debería de ser posible. Su interés siempre estuvo en la ciencia pura, en buscar nuevos datos y relaciones. Sin embargo, no estaba acostumbrado a usar los símbolos ni métodos matemáticos. Para él sólo servían para hallar numeritos, pero dejaban sin explicación al fenómeno mismo. Siempre insistía en buscar modelos visualizables. Así que, según él, dos polos magnéticos o dos cargas eléctricas podrían actuar uno sobre otro sólo si el medio entre ambos jugaba un papel importante en el fenómeno. Después de 20 años de intentos, logró conseguir evidencia para su convicción, demostrando que un campo magnético es capaz de rotar el plano de polarización de un haz de luz. A este efecto se le conoce como el "efecto Faraday".

Maxwell (1831-1879) también aportó una gran variedad de descubrimientos al almacén del saber científico. Sus grandes contribuciones a la teoría electromagnética fueron las "corrientes de desplazamiento" y la formulación de las ecuaciones generales del campo eléctrico, precursoras de la teoría electromagnética de la luz. Maxwell, convencido por los trabajos de Faraday de la necesidad de un medio físico-real, portador del campo electromagnético, concluyó que cuando cambia la polarización dentro de un campo eléctrico, este cambio debe de involucrar un desplazamiento de electricidad, y en consecuencia debe de existir en el campo, durante el cambio, una corriente con las mismas propiedades magnéticas que la corriente en un conductor. Basándose en una analogía mecánica, o sea, en un sistema mecánico llenando todo el espacio, llegó a la conclusión de que este medio debía de ser capaz de transmitir vibraciones transversales, con una velocidad igual a la razón entre las unidades electromagnéticas y electrostáticas de carga. Luego se dio cuenta de que esta razón era igual a la velocidad de la luz, que había sido aproximada por Fizeau, y concluyó que la luz consiste de ondulaciones transversales en este medio dieléctrico. Lo que no hizo Maxwell fue estudiar las propiedades físicas del medio. Sugirió que fue-

ra un fluido incomprensible; una sugerencia sin fundación en experimentos, pero tomada como algo intrínseco del modelo mecanístico por investigadores modernos.

Lorentz fue quien más hizo para desarrollar la teoría matemática. Estudiando el comportamiento de materia en movimiento en campos electromagnéticos llegó a un conjunto de ecuaciones conocidas como las *transformadas de Lorentz* que indican cómo las medidas de longitud y de tiempo de un marco de referencia, pueden ser traducidas a correspondientes medidas del mismo evento observado desde otro marco. El tomaba siempre un marco estacionario con respecto al éter y atribuía sentido físico solamente a las medidas hechas en este marco. Las ecuaciones tienen la propiedad de conservar la velocidad de la luz como una constante.

Todo fue tranquilo y comprensible en el mundo del saber sobre electromagnetismo, hasta el día en que se le ocurrió al joven teórico Einstein olvidarse del éter y aplicar las ecuaciones de Maxwell y de Lorentz a un mundo relativo y vacío. Nos introdujo a un mundo donde las ondas viajan en la nada y luego aparecen como partículas capaces de ejercer presión cuando entran en contacto con objetos físicos. Luego vino De Broglie para decirnos que hasta las partículas físicas en que habíamos puesto nuestra fe, no son más que ondas electromagnéticas también. Así que la conclusión "lógica" era que la existencia es una ilusión. Recordando la definición de cordura, como el estado mental de estar en fuerte contacto con el mundo físico-real, se concluye que la ciencia moderna va en camino hacia la locura.

Regresamos ahora a la pregunta original de si es posible visualizar ondas y campos electromagnéticos. Lo más probable es que si y lo más irracional sería decir que no, simplemente porque así lo dijo algún "genio oficial". Lo que falta por hacer es aplicar un poco de sentido común físico al problema del éter. Por definición, si hay ondas tiene que haber un medio físico-real, puesto que una onda que se mueve longitudinalmente no es ni más ni menos que un *proceso* donde una compresión del medio se propaga. Es importante entender que una onda no es una cosa que se puede agarrar y aislar. Es un proceso que ocurre en un medio hecho de partículas individuales con espacios entre sí. Sin partículas no

puede haber ondas. Si careciéramos de evidencia de que la luz se comporta tanto como una onda y como una partícula, entonces sí tendríamos una paradoja. El hecho de que los fotones siempre "viajan a la velocidad de la luz", indica que lo que miden nuestros instrumentos al sentir presión de radiación, es el oleaje que sufren los fotones cercanos al aparato. Pensando en el éter como un gas de fotones, podemos imaginar una variedad de propiedades. Lo principal es darnos cuenta de que, siendo compresible, el éter puede tener una densidad variable. Eso implica variabilidad en el número de fotones por unidad de volumen en un oleaje y, también implica, que la velocidad de propagación de ondas electromagnéticas en el "vacío" no puede ser una constante universal, porque varían las condiciones de este supuesto vacío.

Faraday fue quien propuso la idea de líneas de campo para visualizar campos eléctricos y magnéticos. Él suponía que había flujos de éter que viajaban en las direcciones de estas líneas y sigue siendo vigente este modelo. Es especialmente ilustrativo para visualizar campos magnéticos alrededor de un imán, porque nos hace notar que los materiales sólidos magnéticos permiten libre paso al flujo del éter. En sólidos conductores, el éter, fluyendo como una corriente eléctrica, encuentra algo de resistencia y por eso se calienta el material.

Lo más difícil de visualizar entre las cosas mencionadas en este relato es, tal vez, la cuestión de las mediciones relativas. Una de las ecuaciones más ilustrativas es la de la relatividad de la masa. Todos aquellos con algo de familiaridad con los conceptos de la relatividad, han escuchado decir que no se puede viajar más rápido que la velocidad de la luz. El resultado, según dicen, es que la masa del objeto sería infinita. Todo esto parecer tener muy poco sentido si estamos hablando de viajar en un espacio "vacío". Pero recordando que este espacio está lleno de partículas, podemos imaginar lo que pasaría al movernos y causar una compresión tremenda de este gas: nos encontraríamos de repente con la nariz aplastada contra una pared de fotones. En la ecuación matemática es igual suponer la masa infinita que admitir que la velocidad vuelve repentinamente a cero. Las matemáticas de poco sirven si la idea no puede ser expresada con unas cuantas palabras del sentido común.