

# Qué significa todo eso

*Richard P. Feynman*

Reflexiones de un científico-ciudadano



Richard Feynman, que obtuvo el premio Nobel por sus trabajos sobre electrodinámica cuántica, no debe su fama tan sólo a sus aportaciones científicas, con ser éstas muy importantes, sino a su calidad humana y a sus actitudes iconoclastas ante la sociedad y ante la vida, que le convirtieron en una figura legendaria, que sigue inspirando hoy a investigadores y a estudiantes.

Los dos aspectos de su personalidad, como científico y como ciudadano, confluyen en estas reflexiones sobre la relación de la ciencia con la política o la religión, que sorprendieron a quienes no sabían que estuviese interesado por el significado de «todo eso». En este libro extraordinario se publican por primera vez las famosas conferencias que dio en la Universidad de Washington, en las que habló de certeza e incertidumbre en ciencia, del conflicto entre ciencia y religión, de las causas de la desconfianza general hacia los políticos, o de las creencias irracionales que han invadido esta era «acientífica», desde la fascinación por los ovnis hasta la fe en las curaciones milagrosas, pasando por la astrología y la telepatía, sin olvidar los constantes insultos a la inteligencia humana que se hacen cotidianamente a través de la publicidad.

Feynman puede hablarnos de «todo eso» porque, como nos dice, «el hecho de que sea un científico no quiere decir que no tenga contacto con seres humanos comunes y corrientes. Me gusta ir a Las Vegas y hablar con las bailarinas y con los jugadores. He dado muchas vueltas en mi vida, de modo que sé mucho sobre gente común». Este libro es, como dice su editor norteamericano, «oro puro, pura poesía, puro Feynman».

— ● —

## Nota editorial

*Nuestro agradecimiento a Carl Feynman y a Michelle Feynman, quienes han hecho posible este libro*

Es un gran honor para nosotros compartir estas brillantes e iluminadoras conferencias, publicadas aquí por primera vez.

En abril de 1963, Richard P. Feynman fue invitado a impartir una serie de tres conferencias nocturnas en la Universidad de Washington como parte de las John Danz Lecture Series. Aquí está Feynman el hombre manifestando, como sólo él podría, sus reflexiones sobre la sociedad, sobre el conflicto entre ciencia y religión, sobre la paz y la guerra, sobre nuestra fascinación universal por los platillos volantes, sobre la curación por la fe y la telepatía, sobre la desconfianza de la gente hacia los políticos; en realidad, sobre todo lo que interesa al científico-ciudadano moderno.

*Puro oro, pura poesía, puro Feynman.*

— 1 —

La incertidumbre de la ciencia

Quiero abordar directamente el tema del impacto de la ciencia sobre las ideas del hombre en otros campos, un tema que el señor John Danz quería que fuese discutido en particular. En la primera de estas conferencias hablaré de la naturaleza de la ciencia y particularmente pondré el acento en la existencia de dudas e incertidumbres. En la segunda conferencia discutiré el impacto de las ideas científicas sobre las cuestiones políticas, en especial la cuestión de los enemigos nacionales, y sobre las cuestiones religiosas. Y en la tercera conferencia describiré cómo me ve la sociedad —podría decir cómo ve la sociedad a un científico, pero aquí se trata solamente de cómo me ve a mí— y los problemas sociales que podrían causar los descubrimientos científicos futuros.

¿Qué sé yo de religión y de política? Algunos de mis amigos en los departamentos de física de éste y otros lugares sonrieron y me dijeron: «Me gustaría ir y oír lo que tienes que decir. Nunca supe que estuvieses muy interesado en esas cosas». Lo que querían decir, por supuesto, no es que no estuviera interesado, sino que no me atrevería a hablar de ellas.

Al hablar del impacto de las ideas en un campo sobre las ideas en otro, uno siempre corre el riesgo de hacer el ridículo. En estos días de especialización existen muy pocas personas que tengan una comprensión tan profunda de

dos áreas de nuestro conocimiento como para no hacer el ridículo en una u otra.

Las ideas que quiero describir son ideas viejas. No hay prácticamente nada que yo vaya a decir esta noche que no hubieran podido decir fácilmente los filósofos del siglo XVII. ¿Por qué repetir todo esto? Porque todos los días nacen nuevas generaciones. Porque durante la historia del hombre se han desarrollado grandes ideas, y estas ideas no perduran a menos que se transmitan deliberada y claramente de una generación a la siguiente.

Muchas viejas ideas han llegado a ser un saber tan establecido que no es necesario hablar de ellas o explicarlas de nuevo. Pero las ideas relativas a los problemas del desarrollo de la ciencia, hasta donde puedo ver mirando a mi alrededor, no son del tipo de ideas que todo el mundo aprecia. Es cierto que un gran número de personas las aprecian. Especialmente en una universidad la mayoría de las personas las aprecian, y quizá me esté dirigiendo a una audiencia equivocada.

En esta difícil empresa de hablar del impacto de las ideas en un campo sobre las ideas en otro, empezaré por el extremo que yo conozco. Yo conozco algo sobre la ciencia. Conozco sus ideas y sus métodos, sus actitudes respecto al conocimiento, las fuentes de su progreso, su disciplina mental. Y por ello, en esta primera conferencia, hablaré de la ciencia que conozco, y dejaré mis afirmaciones más ridículas para las dos siguientes conferencias en las que, supongo, siguiendo la ley general, la audiencia será menor.

¿Qué es la ciencia? La palabra se utiliza normalmente para entender una de estas tres cosas, o una mezcla de ellas. No creo que tengamos que ser precisos: no siempre es una buena idea ser demasiado preciso. Ciencia significa, algunas veces, un método especial de descubrir cosas. Otras veces significa el cuerpo de conocimientos que surge de las cosas descubiertas. También puede significar las nuevas cosas que se pueden hacer cuando se ha descubier-

to algo, o la producción real de nuevas cosas. Este último campo se denomina normalmente tecnología; pero si ustedes miran en la sección científica de la revista *Time* encontrarán que dedica alrededor de un cincuenta por ciento del espacio a las nuevas cosas que se descubren y alrededor de un cincuenta por ciento a las nuevas cosas que pueden hacerse y se están haciendo. Y por eso, en la definición popular de ciencia entra también la tecnología.

Quiero discutir estos tres aspectos de la ciencia en orden inverso. Empezaré con las cosas nuevas que se pueden hacer: es decir, con la tecnología. La característica más obvia de la ciencia es su aplicación, el hecho de que, como consecuencia de la ciencia, uno tiene poder para hacer cosas. Y el efecto que este poder ha tenido apenas necesita ser mencionado. Toda la Revolución industrial hubiera sido casi imposible sin el desarrollo de la ciencia. Las posibilidades actuales de producir alimentos en cantidad suficiente para una población tan grande, de controlar la enfermedad —el hecho mismo de que pueda haber hombres libres sin que sea necesaria la esclavitud para una producción plena— son muy probablemente el resultado del desarrollo de los medios de producción científicos.

Ahora bien, este poder para hacer cosas no incluye instrucciones sobre cómo utilizarlo, si utilizarlo para bien o para mal. El producto de este poder es el bien o el mal, dependiendo de cómo se utilice. Queremos mejorar la producción, pero tenemos problemas con la automatización. Nos sentimos satisfechos con el desarrollo de la medicina, pero luego nos preocupamos por el número de nacimientos y del hecho de que ya nadie muera de las enfermedades que hemos eliminado. O en el extremo opuesto, y con el mismo conocimiento de las bacterias, hemos ocultado laboratorios en los que hay hombres trabajando denodadamente para desarrollar enfermedades para las que nadie más sea capaz de encontrar una cura. Nos sentimos satisfechos con el desarrollo del transporte aéreo y nos impresio-

nan los grandes aviones, pero también somos conscientes de los graves horrores de la guerra aérea. Nos complace la capacidad para la comunicación entre países, pero luego nos preocupamos por el hecho de que podamos ser espías tan fácilmente. Nos sentimos excitados por el hecho de que podamos explorar ahora el espacio; bien, indudablemente también allí tendremos dificultades. La más notoria de todas estas contradicciones es el desarrollo de la energía nuclear y sus problemas obvios.

¿Tiene algún valor la ciencia?

Pienso que el poder de hacer algo tiene algún valor. El que el resultado sea una cosa buena o una cosa mala depende de cómo se utilice, pero el poder tiene un valor.

En cierta ocasión en Hawai me llevaron a ver un templo budista. En el templo un hombre dijo: «Voy a decirles algo que nunca olvidarán». Y continuó: «A cada hombre se le da la llave de las puertas del cielo. Esa misma llave abre las puertas del infierno».

Y eso es lo que sucede con la ciencia. En cierto modo es una llave para las puertas del cielo, y la misma llave abre las puertas del infierno, y no tenemos ninguna instrucción que nos diga qué puerta es la buena. ¿Arrojaremos la llave y nos privaremos para siempre de poder abrir las puertas del cielo? ¿O lucharemos con el problema de cuál es la mejor forma de utilizar la llave? Esta es, por supuesto, una pregunta muy seria, pero pienso que no podemos negar el valor de la llave de las puertas del cielo.

Todos los problemas importantes de las relaciones entre ciencia y sociedad son de este mismo tipo. Cuando se le dice al científico que debe ser más responsable de sus efectos en la sociedad, a lo que se está aludiendo es a las aplicaciones de la ciencia. Si uno trabaja para desarrollar la energía nuclear, también deberá darse cuenta de que ésta puede ser utilizada de forma dañina. Por consiguiente, cabría esperar que, en una discusión de este tipo por parte de un científico, este fuera el tema más importante. Pero yo

no voy a hablar más sobre esto. Pienso que decir que estos son problemas científicos es una exageración. Son más bien problemas sociales. El hecho de que esté claro cómo manejar el poder, pero no cómo controlarlo, no es algo muy científico ni es algo sobre lo que los científicos sepan mucho.

Permítanme ilustrar por qué no quiero hablar sobre esto. Hace algún tiempo, hacia 1949 o 1950, fui a enseñar física a Brasil. Aquellos días había un programa Point Four, que era muy excitante: todos iban a ayudar a países subdesarrollados. Lo que estos países necesitaban, por supuesto, era experiencia y conocimientos técnicos<sup>[1]</sup>.

Viví en la ciudad de Río. En Río hay colinas sobre las que se han construido casas con tablones de madera rotos procedentes de viejas vallas, carteles y materiales así. La gente que vive allí es extraordinariamente pobre. No tienen ni alcantarillas ni agua. Para conseguir agua llevan viejas latas de gasolina sobre sus cabezas colina abajo. Van a un lugar donde se esté construyendo un nuevo edificio, porque allí tienen agua para mezclar cemento. La gente llena sus latas con agua y las lleva colina arriba. Y más tarde uno ve el agua deslizándose colina abajo en sucios regueros. Es algo deprimente.

Cerca de estas colinas están los imponentes edificios de la playa de Copacabana, bellos apartamentos y con todas las comodidades.

Pregunté a mis amigos del programa Point Four: «¿Es este un problema de falta de conocimientos técnicos? ¿No saben instalar una tubería que suba a la colina? ¿No saben cómo colocar una tubería hasta la cima de la colina para que la gente pueda al menos caminar colina arriba con las latas vacías y colina abajo con las latas llenas?».

Así que no se trataba de un problema de competencia técnica. Ciertamente no, porque en el edificio de apartamentos vecino había tuberías y bombas de agua. Nos dimos cuenta de eso. Pensamos que se trataba de un proble-

ma de ayuda económica, y no sabíamos si eso realmente funcionaría o no. Y la cuestión de cuánto cuesta colocar una tubería y una bomba hasta la cima de cada una de las colinas no es algo que me parezca que valga la pena discutir.

Aunque no sabemos cómo resolver el problema, me gustaría señalar que probamos dos cosas: competencia técnica y ayuda económica. Los resultados de ambas fueron decepcionantes, y estamos probando algo distinto. Como ustedes verán más tarde, yo encuentro esto alentador. Pienso que seguir ensayando nuevas soluciones es la forma de hacer todas las cosas.

Estos son, pues, los aspectos prácticos de la ciencia, las cosas nuevas que se pueden hacer. Son tan obvias que no necesitamos hablar más sobre ellas.

El siguiente aspecto de la ciencia, consiste en sus contenidos, las cosas que han sido descubiertas. Este es el rendimiento. Esto es el oro. Es la excitación, el pago que uno recibe por el pensamiento disciplinado y el trabajo duro. El trabajo no se hace por su posible aplicación. Se hace por la excitación de lo que se descubre. Quizá la mayoría de ustedes sabe esto. Pero para aquellos de ustedes que no lo sepan, me resulta casi imposible transmitir en la conferencia este aspecto importante, esta parte excitante, la razón real de la ciencia. Y sin comprender esto, ustedes se perderán el punto central. Ustedes no podrán entender la ciencia y su relación con cualquier otra cosa a menos que comprendan y aprecien la gran aventura de nuestro tiempo. Ustedes no viven en su tiempo a menos que entiendan que esta es una tremenda aventura, algo salvaje y excitante.

¿Piensan que es estúpido? No lo es. Es muy difícil de transmitir, pero quizá yo pueda darles alguna idea de ello. Permítanme empezar por cualquier lugar, con cualquier idea.

Por ejemplo, los antiguos creían que la Tierra era el lomo de un elefante que se mantenía sobre una tortuga que

flotaba en un mar sin fondo. Por supuesto, lo que sustentaba al mar era otra cuestión. Ellos no conocían la respuesta.

La creencia de los antiguos era resultado de la imaginación. Era una idea bella y poética. Consideremos ahora la idea que tenemos hoy. ¿Es esa una idea estúpida? El mundo es una bola que da vueltas, y las personas se sostienen en todos los lados de la bola, algunas de ellas cabeza abajo. Y nosotros giramos como un ascua delante de una gran hoguera. Giramos alrededor del Sol. Eso es más romántico, más excitante. ¿Y qué nos sostiene? La fuerza de la gravitación, que no sólo es algo propio de la Tierra sino que es lo que hace que la Tierra dé vueltas, que mantiene al Sol unido y que nos mantiene a nosotros girando alrededor del Sol en nuestro perpetuo intento por escapar. Esta gravedad impone su dominio no sólo sobre las estrellas sino también entre las estrellas; las mantiene en las grandes galaxias que se extienden a lo largo de kilómetros y kilómetros en todas direcciones.

Este universo ha sido descrito por muchos, pero simplemente continúa y continúa, con su límite tan desconocido como el fondo del mar sin fondo de la otra idea: igual de misterioso, igual de inspirador e igual de incompleto que en las imágenes poéticas de antes.

Pero vemos que la imaginación de la naturaleza es mucho mayor que la imaginación del hombre. Nadie que no tuviera algún presentimiento de esto a través de la observación podría nunca haber imaginado algo tan maravilloso como es la naturaleza.

O consideremos la Tierra y el tiempo. ¿Han leído ustedes en algún lugar, dicho por algún poeta, algo sobre el tiempo que sea comparable al tiempo real, al largo y lento proceso de evolución? No, he ido demasiado rápido. Primero, estaba la Tierra sin nada vivo sobre ella. Durante miles de millones de años esta bola estuvo girando con sus puestas de sol y sus ondas y el mar y los ruidos, y no había nada vivo para apreciarlo. ¿Pueden ustedes imaginar, pue-

den apreciar o hacer encajar en sus ideas lo que puede ser el significado de un mundo sin nada vivo sobre él? Estamos tan acostumbrados a mirar el mundo desde el punto de vista de los seres vivos que no podemos comprender qué significa no estar vivo; y pese a todo, durante la mayor parte del tiempo el mundo no tuvo nada vivo sobre él. Y es muy probable que en la mayoría de los lugares del universo actual no haya nada vivo.

O consideremos la propia vida. La maquinaria interna de la vida, la química de las partes, es algo bello. Y resulta que cualquier vida está interconectada con cualquier otra vida. Hay un componente de la clorofila, un compuesto químico importante en el proceso de oxigenación de las plantas, que tiene una estructura de tipo poligonal; es un anillo bastante bonito denominado anillo bencénico. Y muy alejados de las plantas están los animales como nosotros mismos, y en nuestros sistemas contenedores de oxígeno, en la sangre, en la hemoglobina, existen los mismos anillos poligonales, interesantes y peculiares. Tienen hierro en su centro en lugar de magnesio, de modo que no son verdes sino rojos, pero son los mismos anillos.

Las proteínas de las bacterias y las proteínas de los seres humanos son las mismas. De hecho, recientemente se ha descubierto que la maquinaria que fabrica las proteínas en las bacterias puede recibir órdenes del material de los glóbulos rojos para producir proteínas de glóbulos rojos. Así de próxima está la vida a la vida. La universalidad de la química profunda de las cosas vivas es realmente algo misterioso y fantástico. Y nosotros los seres humanos hemos sido siempre demasiado orgullosos para reconocer nuestro parentesco con los animales.

O consideremos los átomos. Bellos: una bola tras otra, kilómetros y kilómetros, siguiendo una pauta repetitiva en un cristal. Cosas que parecen tranquilas y en reposo, como es un vaso de agua tapado que ha estado reposando durante varios días, están en continua actividad; los átomos

están abandonando la superficie, rebotando en su interior y retrocediendo. Lo que parece estático a nuestros toscos ojos es una danza dinámica y salvaje.

Y, una vez más, se ha descubierto que todo el mundo está hecho de los mismos átomos, que las estrellas están hechas de la misma materia que nosotros. Surge entonces la pregunta sobre la procedencia de nuestra materia. No sólo de dónde procede la vida, o de dónde procede la Tierra, sino ¿de dónde procede la materia de la vida y de la Tierra? Parece que fue vomitada de alguna estrella en explosión, como algunas de las estrellas que están explotando ahora. Así, esta mota de suciedad espera cuatro mil quinientos millones de años y evoluciona y cambia, y ahora una criatura extraña está aquí con instrumentos y habla a las extrañas criaturas de la audiencia. ¡Qué mundo tan maravilloso!

O consideremos la fisiología de los seres humanos. Da igual de qué cosa hable. Si ustedes miran suficientemente de cerca cualquier cosa, verán que no hay nada más excitante que la verdad, el premio del científico, descubierta por sus laboriosos esfuerzos.

En fisiología ustedes pueden considerar el bombeo de la sangre, los animados movimientos de una niña que salta a la comba. ¿Qué pasa en su interior? El bombeo de la sangre, los nervios transmisores... con qué rapidez las señales nerviosas que llegan de los músculos realimentan al cerebro para decir «ahora hemos tocado el suelo, ahora aumentamos la tensión para no lastimar los talones». Y al tiempo que la niña salta arriba y abajo, hay otro conjunto de músculos, que está alimentado por otro conjunto de nervios, que canta: «Al cocherito leré,...» Y mientras ella hace eso, quizá sonría al profesor de fisiología que la está observando. ¡También esto entra en juego!

Y luego la electricidad. Las fuerzas de atracción entre las cargas positivas y las negativas son tan fuertes que en cualquier sustancia normal todas las cargas positivas y las nega-

tivas se compensan cuidadosamente, unidas estrechamente unas a otras. Durante mucho tiempo nadie advirtió siquiera el fenómeno de la electricidad, excepto de vez en cuando, cuando frotaba una pieza de ámbar y ésta atraía un fragmento de papel. Y pese a todo, hoy descubrimos, al jugar con estas cosas, que tenemos una tremenda cantidad de maquinaria dentro. Pese a todo, la ciencia todavía no es completamente apreciada.

Para dar un ejemplo, voy a leer la *Historia química de una vela* de Faraday, un conjunto de seis conferencias de Navidad para niños. La idea clave de las conferencias de Faraday era que no importa lo que miren, si lo miran suficientemente de cerca, ustedes están implicados en el universo entero. Y así lo hizo él, considerando cada característica de la vela, la combustión, la química, etc. Pero la introducción del libro, al describir la vida de Faraday y algunos de sus descubrimientos, explicaba que había descubierto que la cantidad de electricidad necesaria para hacer electrólisis de sustancias químicas es proporcional al número de átomos que se separan dividido por la valencia. Seguía explicando que los principios que descubrió se utilizan hoy en el cromado y en la coloración anódica del aluminio, además de en docenas de otras aplicaciones industriales. A mí no me gusta esa afirmación. He aquí lo que Faraday decía sobre su propio descubrimiento: «Los átomos de materia están de algún modo dotados o asociados con poderes eléctricos, a los que deben sus más sorprendentes cualidades, entre ellas su mutua afinidad química». Había descubierto que lo que determinaba cómo se unen los átomos, lo que determinaba las combinaciones de hierro y oxígeno que constituyen el óxido de hierro es que algunos de ellos son eléctricamente positivos y otros son eléctricamente negativos, y se atraen mutuamente en proporciones definidas. También descubrió que la electricidad se da en unidades, en átomos. Ambos eran descubrimientos importantes, pero lo más excitante era que este fue uno de los momentos

más apasionantes en la historia de la ciencia, uno de aquellos raros momentos en que dos grandes campos se aproximan y se unifican. Encontró de repente que dos cosas aparentemente diferentes eran aspectos diferentes de la misma cosa. Se estaba estudiando la electricidad y se estaba estudiando la química. De repente eran dos aspectos de la misma cosa: cambios químicos que daban como resultado fuerzas eléctricas. Y todavía se entienden de este modo. Por eso, resulta imperdonable decir simplemente que estos principios se utilizan en el cromado.

Y los periódicos, como ustedes saben, tienen un par de líneas estándar para comentar cualquier descubrimiento que se hace hoy en fisiología: «El descubridor dijo que el descubrimiento puede tener utilidad en la cura del cáncer». Pero no pueden explicar el valor de la cosa en sí misma.

Tratar de comprender cómo trabaja la naturaleza supone un tremendo test de la capacidad de razonamiento humano. Implica una astucia sutil, imponentes cuerdas flojas de la lógica sobre las que uno tiene que caminar para no cometer un error al predecir lo que va a suceder. Las ideas de la mecánica cuántica y la relatividad son ejemplos de esto.

El tercer aspecto de mi tema es el de la ciencia como un método de descubrir cosas. Este método está basado en el principio de que la observación es el juez de si algo es así o no. Todos los demás aspectos y características de la ciencia pueden comprenderse directamente cuando comprendemos que la observación es el juez último y final de la verdad de una idea. Pero «probar» utilizado de este modo significa realmente «poner a prueba», o hacer un test, en el mismo sentido que una centésima prueba de alcohol es un test del alcohol, y para la gente la idea debería ser hoy traducida en realidad como «la excepción *pone a prueba* la regla». O, dicho de otra forma, «la excepción prueba que la regla es falsa». Este es el principio de la ciencia. Si existe