

¿Qué anima a una persona a dedicarse a la física? ¿En qué consiste esta disciplina? ¿Cuáles son sus recompensas? Un testimonio de primera mano que echa por tierra varios mitos.

Mi primer contacto con la física ocurrió, como le ocurre a casi todo el mundo, en la secundaria. No fue particularmente malo, pero tampoco muy interesante. En todo caso fue más bien un tanto aburrido. La culpa no era de los maestros, a quienes recuerdo con cariño, sino de los temas del programa: tiro parabólico, plano inclinado, poleas y tensión superficial, ya saben. Matemáticas era mucho más divertido, aunque también más difícil. El problema quizá está en que para estudiar las partes interesantes de la física hace falta saber matemáticas, y cuando uno apenas está aprendiendo matemáticas, al parecer no queda más remedio que estudiar una física muy aburrida.

Tendría yo unos 15 años cuando descubrí un libro maravilloso de astronomía: *El reto de las estrellas*, de Patrick Moore y David Hardy. El libro me cautivó con sus descripciones de los planetas del Sistema Solar y sus satélites, y sus imágenes futuristas de naves espaciales visitando esos mundos y astronautas saltando entre los asteroides. Luego de leer ese libro decidí que quería ser astrónomo.

En sexto de bachillerato me mantenía firme en mi decisión, y me dirigí a la Facultad de Ciencias de la UNAM para preguntar qué tenía que hacer para volverse astrónomo. Resultó que primero había que estudiar física: los astrónomos son, antes que nada, físicos. Esta noticia no me resultó desagradable, pues por esa época ya me había enterado, gracias al gran divulgador de la ciencia Isaac Asimov, que existía un área de la física llamada *relatividad*, desarrollada a principios del siglo XX por Albert Einstein, y que decía un montón de cosas sorprendentes sobre las propiedades del espacio y el tiempo.

Al terminar el bachillerato ingresé a la UNAM para estudiar la carrera de física, no sin acordarme de las palabras de mi abuelo, que había muerto unos años antes, y quien al enterarse de mi afición por la astronomía me había dicho con gran preocupación que de eso uno se moría de hambre.

Pero, ¿qué es la física?

Los físicos tenemos muchas experiencias que contar acerca de las distintas reacciones de la gente cuando nos atrevemos a confesar en un evento social —¡horror de los horrores!— que somos físicos:

1) "¡Ahhh, eres maestro de educación física!", dicen algunos, para nuestra sorpresa. ¿Pero qué no fueron a la secundaria?

2) "Yo nunca entendí las clases de física y siempre reprobaba", dice la mayoría, mostrando que por lo menos sí fueron a la secundaria. El tono que acompaña a esta frase suele dar a entender que aquellos que sí entendían física y no reprobaban eran unos antisociales sin remedio.

3) "¿Físico? Qué interesante. Ehhh, perdón, creo que me llaman por allá", dicen otros, al tiempo que huyen despavoridos. A decir verdad, existe una minoría que muestra un interés legítimo, aunque las más de las veces acompañado de una casi total ignorancia sobre qué es la física. Así pues, querido lector, mi primera tarea será intentar aclarar qué es la física. Pues resulta que la física es, ni más ni menos, la ciencia cuya tarea es descubrir las leyes fundamentales de la naturaleza, es decir, las leyes que rigen el comportamiento del espacio, del tiempo, de la luz, de las partículas elementales, de los átomos, etcétera. Si pensamos que las diversas ciencias estudian sectores de la naturaleza cada vez más complejos, la física está en la base de todas las demás.

La física estudia las partes más simples del Universo, sus constituyentes básicos. El comportamiento de las moléculas es, desde luego, mucho más complicado que el de las partículas

elementales, pero para eso están los químicos. Y ni hablar de la complejidad del comportamiento de los seres vivos, pero ahí están los biólogos. La física es a la vez menos y más ambiciosa que las otras ciencias. Menos ambiciosa al no pretender estudiar fenómenos realmente complejos como la vida, y más ambiciosa pues pretende encontrar las leyes finales, las causas últimas de las que surge todo lo que existe en el Universo.

Pero si la física estudia los sistemas más simples en la naturaleza, ¿por qué existe la impresión generalizada de que es la ciencia más complicada de todas? La aparente paradoja radica en el hecho de que, al estudiar sistemas simples, resulta que la física ha logrado formular, para describirlos, modelos matemáticos, y todo lo que suene a matemáticas suele percibirse como complicado. Las matemáticas no se merecen esta mala fama. No son tan complicadas si uno las mira con un poquito de buena voluntad. Las matemáticas son un lenguaje simplificado, aunque abstracto desde luego, que nos permite llevar a cabo razonamientos lógicos relacionados con magnitudes (es decir, con números), sin hacernos enredos con las palabras, que tan poco precisas suelen ser para estos menesteres. Si no me creen, traten de resolver con palabras uno de esos problemas quedicen "fulano es seis años menor que sutano y la edad de sutano es el triple de la de fulano". Lo más probable es que se hagan unos líos tremendos, mientras que si lo hacen con álgebra sale en dos renglones. Las matemáticas, además, son la versión más sofisticada y exitosa de un divertido juego que consiste en inventar universos imaginarios completamente consistentes. Es una verdadera delicia admirar las extrañas y maravillosas propiedades de los mundos que vislumbran los matemáticos. Quien se asusta de las matemáticas tiene la desgracia de perderse de una de las áreas del quehacer humano más creativas y con mayor contenido estético. Las matemáticas son verdaderamente un arte.

Pero volvamos a la física. El desarrollo vertiginoso de la física en los últimos tres siglos se debe, precisamente, a que en el siglo XVII, científicos de la talla de Isaac Newton (sin duda el físico más importante de todos los tiempos) se dieron cuenta de que el comportamiento de sistemas físicos sencillos podía describirse con modelos matemáticos. Esto liberó a la física de las eternas discusiones y enredos de palabras que nunca llegaban a ningún lado, para convertirla de lleno en una ciencia capaz de predecir fenómenos de manera cuantitativa: más allá de sólo decir que la piedra caerá al suelo si la lanzamos al aire, la física ahora podía decir cuánto tiempo iba a tardar, y en qué sitio iba a caer. Partiendo de algo tan humilde como estudiar la caída de las piedras (o de las manzanas si uno cree en la historia de Newton), la física nos ha permitido entender por qué giran los planetas, por qué brilla el Sol, y por qué vuelan los pájaros. Llevada a sus últimas consecuencias, la física también nos ha permitido estudiar el origen mismo del cosmos, así como vislumbrar su posible final. Durante el siglo XX, la física moderna nos llevó por caminos insospechados y maravillosos al mostrarnos que el espacio es curvo, que el tiempo no fluye al mismo ritmo en todos lados, que la energía y la materia vienen en paquetes y que las partículas elementales a veces se comportan como si estuvieran en varios lugares a la vez.

Como bien dijo alguna vez Einstein, en los últimos siglos hemos descubierto que la propiedad más incomprensible del Universo en el que vivimos es que sea comprensible.

¿Y para qué sirve la física?

Ahora que tenemos una mejor idea de qué es la física podríamos preguntarnos, ¿para qué sirve hacer física? La respuesta más obvia es la siguiente: entender la naturaleza sirve para poder controlarla, es decir, para crear tecnología que nos haga la vida más cómoda. El conocimiento científico nos ha permitido inventar cosas como el teléfono, la radio, la televisión, los aviones, las computadoras, y sí... también la bomba atómica.

Sin embargo, esta respuesta no es la única posible, y en mi opinión ni siquiera es una respuesta particularmente buena. Las aplicaciones tecnológicas son un producto más bien secundario de la ciencia, muchas veces afortunado, y otras veces no tanto. En el fondo, la razón de ser fundamental de la ciencia es la misma que la del arte: el deseo de entender la naturaleza y maravillarse ante su

belleza, que es parte de los que nos hace humanos. Hacemos ciencia porque somos curiosos y hacemos arte porque somos creativos. A nadie con un poquito de sensibilidad se le ocurre preguntar para qué sirven las sinfonías de Beethoven o las obras de Shakespeare.

La ciencia es parte fundamental de la cultura humana, aunque por desgracia no siempre se vea así. Es común que personas muy cultas se asombren si alguien no sabe quién escribió Don Quijote de la Mancha, sin que esas mismas personas sean capaces de decir qué es una galaxia o cuáles son las tres leyes de Newton, conocimientos tan elementales en el ámbito de la ciencia como lo es el saber que Cervantes escribió el Quijote en la literatura. Esto es tan común que se suele usar el término "intelectual" para alguien que sabe de literatura y arte en general, mas no para alguien que sabe de ciencia. Sin embargo, la ciencia y el arte son en realidad disciplinas hermanas, que tienen mucho más en común de lo que se suele pensar. La ciencia es una actividad profundamente creativa. Si bien es cierto que la naturaleza existe independientemente de nosotros, y las leyes de la naturaleza de alguna manera están "allá afuera", esperando a ser descubiertas, el proceso de descubrimiento científico requiere grandes saltos de la imaginación. Antes de "descubrir" una ley de la naturaleza hay que imaginar cuáles son las posibilidades. La gran diferencia con el arte es que, en el caso de la ciencia, la naturaleza tiene la última palabra y es ella quien finalmente decide si las leyes que los humanos "inventamos" se acercan a las verdaderas, o si hay que desecharlas y empezar a imaginar otra vez.

¿A qué se dedican los físicos?

"A ver, a ver, tengo alguna idea de qué es la física, pero lo que no me queda nada claro es, ¿a qué te dedicas todo el día?" Esta pregunta es también común en situaciones sociales, una vez que se logró superar la barrera de hablar sobre lo difícil que se supone es la física.

Los físicos (y los científicos en general) dividen sus actividades básicamente en dos áreas: la docencia y la investigación (más una componente inevitable y creciente de burocracia y administración, ¡pufff!). Comencemos por la docencia, que le queda un poco más clara a todo el mundo. La docencia es parte fundamental de la ciencia. No tiene ningún sentido pasarse una vida aprendiendo de la naturaleza si esos conocimientos no se transmiten a las generaciones futuras. En la ciencia una cosa nos queda muy clara: el avance científico es cuestión de siglos y nuestro esfuerzo sólo dará fruto en generaciones venideras. La ciencia no es una actividad individual, sino colectiva. A lo más que uno aspira es a aportar un nuevo granito de arena a la pila del conocimiento humano (o con mucha suerte, si uno es un Einstein, una piedrota).

La docencia es pasar la antorcha al relevo, a los jóvenes que vienen detrás. Y tiene, a su vez, dos aspectos. El primero es el más obvio, dar cursos en la carrera y en el posgrado. Pero la docencia también consiste en formar nuevos científicos, y uno no aprende a investigar sentado en un salón de clases. Debido a esto la docencia también implica asesorar a estudiantes de posgrado (maestría y doctorado), plantearles proyectos de investigación interesantes pero no imposibles, que les permitan aprender a investigar y convertirse a su vez en verdaderos científicos. El problema aquí radica en saber qué cosa es al mismo tiempo interesante y lo bastante sencilla para que un estudiante pueda llevar a cabo la investigación en un lapso razonable. Parte del trabajo de los físicos consiste en resolver este dilema una y otra vez con cada nuevo estudiante.

Pero la ciencia no es sólo docencia. La ciencia no es una disciplina muerta, donde lo único que queda por hacer es mantener el conocimiento ya adquirido, sino más bien una actividad donde el conocimiento se renueva día a día. Los científicos nunca pretendemos ser dueños de la respuesta final ni de la verdad absoluta sobre el Universo. Por el contrario, sabemos que, cuando mucho, si hemos hecho bien nuestro trabajo, conocemos un pedacito de la respuesta, y probablemente sólo un pedacito muy aproximado. El trabajo del científico consiste en descubrir un poquito más del océano de lo desconocido cada día. A esto se le llama investigar.

¿Y cómo investigamos? Hay dos aspectos fundamentales de la investigación que mantienen al aparato de la ciencia en movimiento. En primer lugar, debemos recordar que la ciencia es el estudio de la naturaleza y que si queremos aprender algo nuevo, hay que preguntarle a ella, es decir, hay que observarla en acción. Ahora bien, observar así nada más, de golpe, es extremadamente difícil, pues los fenómenos naturales suelen ser muy complicados e implican muchos procesos distintos. Debido a esto, los científicos preferimos estudiar pedacitos pequeños, donde podemos aislar procesos individuales de manera controlada. A esto se le llama hacer experimentos. Una buena parte de los físicos se dedican a esto todo el día. Son los físicos experimentales, que trabajan con rayos láser, o con cámaras de plasma, o con aceleradores de partículas, haciéndole a la naturaleza preguntas cada vez más sofisticadas y específicas, e intentando aprender de sus respuestas.

El habernos dado cuenta de que para aprender de la naturaleza era necesario hacer experimentos es lo que marca la diferencia principal entre la ciencia moderna y la ciencia de la antigüedad. Los griegos antiguos pensaban que con la razón bastaba, pero aunque les faltaba un ingrediente fundamental, estaban en lo cierto al suponer que observar la naturaleza no es suficiente. Una vez que uno tiene datos que vienen de la naturaleza, uno debe sentarse a pensar cómo ordenar esos datos en un modelo consistente, en un esquema de la naturaleza que no sólo nos permita explicar todos los datos, sino que también nos permita predecir el resultado de nuevos experimentos aún no realizados. Este modelo de una parte de la naturaleza es una *teoría*, como la teoría de la gravitación universal o la teoría de la relatividad, y a esto se dedica otra parte de los físicos.

Los físicos teóricos no se visten de bata blanca ni se pasan el día manejando complejos instrumentos. Sus herramientas de trabajo son el gis y el pizarrón, el lápiz y el papel, la computadora... ah sí, y mucho café. Estos físicos pasan el día aprendiendo sobre resultados de experimentos recientes que aún no se pueden explicar, o leyendo sobre el trabajo de sus colegas que han propuesto nuevas ideas. A partir de ahí los físicos teóricos imaginan posibles modelos que puedan explicar los nuevos resultados experimentales, o que nos permitan entender los viejos desde un punto de vista distinto. A veces, algunos físicos teóricos logran construir modelos tan hermosos, que no les queda más remedio que concluir que la naturaleza debe ser así aun antes de hacer los experimentos que lo confirmen, y en muy contadas ocasiones resulta que tienen razón. ¿Pero qué quiere decir que una teoría científica sea hermosa? Pues que sea matemáticamente consistente, elegante, sencilla, y que dé cabida de manera natural a los resultados experimentales conocidos. Cuando se presenta algo así, cosa que no ocurre con mucha frecuencia, la sensación es la misma que uno experimenta al escuchar una gloriosa sinfonía, y sólo puede describirse usando una palabra: belleza.

En las últimas décadas ha surgido una tercera rama de la física, distinta de la física teórica y experimental. Se trata de la *física computacional*, y su tarea es utilizar el poder de las computadoras para resolver las ecuaciones matemáticas asociadas a las teorías físicas en situaciones complejas y realistas, para las cuales es completamente imposible encontrar soluciones exactas. Un ejemplo claro está en el diseño de los aviones, donde las complejas ecuaciones de la dinámica de fluidos (el aire es un fluido) se resuelven con la ayuda de computadoras para encontrar el flujo del aire alrededor de las alas, lo que permite decidir si un diseño va a funcionar o no sin necesidad de construirlo primero. La física computacional también tiene gran importancia en el estudio y la predicción del clima, en el estudio de complejos sistemas astrofísicos como las supernovas y en el estudio de las propiedades de moléculas complejas.

Y finalmente, algunos físicos también se dedican a escribir artículos como éste y los demás que se encuentran en esta revista. A esta tarea se le conoce como *divulgación de la ciencia*, y busca dar a conocer al público en general los conocimientos científicos utilizando un lenguaje claro, ameno y accesible. Sin divulgación los científicos corremos el riesgo de encerrarnos en nuestras torres de marfil y volvernos como una de esas sociedades secretas que salen en las películas de suspenso.

La física me ha dado la oportunidad de conocer el mundo y aprender que todos somos parte de la gran aventura humana.

Café, tonterías y la comunidad científica

Como les decía, entré a la Facultad de Ciencias de la UNAM a estudiar física con el objetivo de hacerme astrónomo. Pero a mi paso por la facultad aprendí que la física era mucho más interesante de lo que yo me imaginaba. Me enteré de que existía la *mecánica cuántica*, que estudia el comportamiento de los componentes más pequeños del Universo y que nos dice que las partículas elementales se comportan de maneras verdaderamente extrañas, dando saltos de un lugar a otro sin motivo, y a veces aparentando estar en muchos sitios a la vez. También aprendí relatividad, la famosa teoría que postuló Albert Einstein. La relatividad, que no dice de ninguna manera que todo sea relativo, como suele creer la gente, cambió de manera radical nuestra concepción del espacio y del tiempo y nos mostró que la fuerza de gravedad no es otra cosa que simple geometría. Esta idea me pareció tan elegante y hermosa la primera vez que la entendí, que se volvió mi pasión. Aunque la astronomía me sigue gustando, ahora paso mis días investigando temas de relatividad.

Pero mi paso por la Facultad de Ciencias no sólo me enseñó física. También me permitió descubrir a la comunidad científica, comenzando por mis compañeros de carrera y nuestros innumerables viajes a tomar café (a la hora en la que se suponía que teníamos que estar en clase). Recuerdo con alegría cómo pasábamos largas horas diciendo tonterías e imaginándonos como jardineros de algún viejo castillo en Lichtenstein, al tiempo que mi queridísimo amigo Sergio dibujaba marcianos en las servilletas y tarareaba sin cesar el *Quinteto de la trucha* de Schubert. Nunca me he reído tanto en toda mi vida. ¿Quién dijo que la física no era divertida? Al terminar la carrera, la física me llevó a muchos otros lugares. Desde la ciudad de Cardiff, en el Reino Unido, donde realicé mi doctorado y permanecí seis años, hasta el Instituto Max Planck, en Potsdam, Alemania, donde trabajé como investigador otros cinco años. He pasado estos años tratando de simular, con la ayuda de las computadoras más grandes del mundo, la colisión de dos agujeros negros en el espacio. Pero quizá lo más importante que he aprendido es que la ciencia es una actividad universal, en la que no importan nacionalidades, religiones ni fronteras. En una ocasión me encontraba en un congreso en la India, cenando con un grupo de amigos y hablando sobre física y otras cosas, cuando me detuve por un momento a contar: de 12 personas sentadas a la mesa, 10 eran de nacionalidades distintas y todos nos conocíamos bien.

Ya lo ves, abuelo: no sólo no me he muerto de hambre, sino que la física me ha dado la oportunidad de conocer el mundo, conocer personas que nacieron en los rincones más insospechados del planeta y aprender que todos —científicos, músicos, escritores, mexicanos, japoneses e hindúes— somos, finalmente, parte de la gran aventura humana.

Miguel Alcubierre es físico, egresado de la Facultad de Ciencias de la UNAM. Obtuvo el doctorado en la Universidad de Gales, en Cardiff, Reino Unido y fue investigador en el Instituto Max Planck de Física Gravitacional, en Golm, Alemania. Actualmente se desempeña en el Instituto de Ciencias Nucleares de la UNAM.