



M A P A S

Retos epistemológicos de la enseñanza de la física

GÉRARD FOUREZ*

** Profesor emérito de las facultades Universitarias de Namur, director del polo pedagógico del Centre Interfaces de Namur, autor de numerosas obras entre las que se cuenta *Apprivoiser l'épistémologie*, De Boeck, Bruselas, 2003.*

Tradicionalmente un curso de física es un curso de física, y punto. Sucede, no obstante, que hay muchas preguntas que se pueden hacer con respecto a tal enseñanza. ¿Qué es la física?, ¿qué es eso a lo que llamamos ciencias?, ¿es necesario que los alumnos estén convencidos de la verdad que se les “muestra”?, ¿qué es un conocimiento científico?, ¿hay que hablar de conocimientos “verdaderos” o de conocimientos pertinentes con respecto a una situación?

Cuestiones de esta índole son las que quisiera abordar en este artículo. Veremos que las respuestas que les damos estructuran los cursos de ciencias.

Una propuesta científica supone una ruptura en la forma de ver

Se habla de una propuesta científica cuando se sitúa en un conjunto estructurado vinculado a cierto interés determinado por la disciplina de la que se desprende esta suposición. Al conjunto de presuposiciones, de instrumentos, de proyectos, de “pruebas”, etcétera, que encabezan a la elaboración de una disciplina se le llama el paradigma de esta disciplina.¹ Algunas veces es necesario que pasen siglos para que una disciplina se estructure y defina con claridad los intereses que persigue. Tal vez al considerar el paradigma de la física o, aún más precisamente, de la mecánica, es que podemos entender cómo funciona un paradigma. Así, para abordar una situación a la manera de los físicos, es necesario distinguir entre las estructuras

mecánicas de los objetos y las que se refieren a sus colores. La fuerza de un paradigma es que selecciona lo que parece interesante desde su punto de vista. De tal manera la construcción de los objetos inanimados y la materia está en los fundamentos de las ciencias naturales. En realidad, esta noción de objetos inanimados o de materia no es tan evidente como pudiera parecer a simple vista. En efecto ¿qué es un objeto inanimado sino algo que se considera que está fuera de las relaciones humanas? Porque en nuestra experiencia cotidiana sólo encontramos objetos cuya significación es producida por un conjunto de relaciones. Así, una argolla no es, a primera vista, un anillo que uno se pone en el dedo, sino una argolla que, por ejemplo, alguien me regaló. Lo primero, son los objetos que conforman el mundo en el que vivimos y en el que nos comunicamos. Al contrario de lo que muchos piensan, la noción de materia no es una idea fija sino una abstracción: es lo que obtenemos después de sacar el objeto concreto de su entorno y de aquello que le da un significado humano. Es por esto que a la física le ha tomado largo tiempo hacer esta separación que ha dado la noción de la materia. Por consiguiente, no es sorprendente que cuando Gilbert saca a la luz el tema del magnetismo terrestre, haya estado persuadido de haber encontrado el alma de la tierra. Por otra parte, un siglo más tarde, Newton ya no alberga ninguna duda de que la gravedad es un mero fenómeno mecánico. Entre los dos, se da la invención de la noción de materia, tal y como la conocemos hoy en día. Se





ha vuelto evidente a tal grado que pudiéramos imaginar con facilidad que es la primera. Hemos olvidado cómo se produjo.

Pero nuestros alumnos, ellos, viven aún en un mundo en que esta rosa es esta rosa y no una rosa entre tantas otras. Para lograr que consideren el objeto material aparte de las relaciones humanas que lo conforman de manera concreta, hay que recorrer un largo camino, antes de que les pueda interesar ver algunas veces el mundo como lo ve un físico. “Hacer objetiva” una situación, es llevar a cabo una ruptura, es perder el carácter humanizado. Que no nos sorprenda, entonces que no sea evidente para una familia que vive en el Caribe ver el mar como la harían un físico o un químico.

En la base de la enseñanza de la física está ese salto por medio del cual se elige una manera de ver. Si no lo tomamos en cuenta, los alumnos no se olvidarán de recordárnoslo. ¿No sería prudente dedicar un poco de tiempo para explicar el carácter no “natural” en se fundan las ciencias “naturales”?

Pero ¿qué es un discurso científico?, ¿qué es una representación?

A partir de lo que acabamos de ver, una disciplina científica instaura una manera de ver el mundo.² Así, el mundo del físico no es el mismo que el del sociólogo, del psicólogo, del teólogo, del geógrafo, del zapatero, etcétera. Hay una pluralidad de mundos y cada uno de esos mundos da una representación de aquel en que nosotros estamos inmersos.

Pero ¿qué es una representación? Podemos considerar al menos tres maneras en las que se construye ese concepto.

Para muchos, una representación es una suerte de imagen que debería ser tan parecida como fuese posible al objeto representado. Cuando mucho, la mejor representación sería como un mapa que contenga todos los elementos que hay en el terreno. Por desgracia, diríamos ante esa perspectiva, la representación no puede abarcar todo y en consecuencia siempre será imperfecta. Muchos no se dan cuenta de que un mapa que contenga todos los elementos disponibles sería poco práctico debido

a que sería demasiado complicado. Lo que hace que una representación “buena” sea interesante, es justamente que se ha hecho una selección para quedarse sólo con aquello que resulte “interesante”.

Para otros, claramente para muchos de aquellos que se dedican a la enseñanza, las representaciones son como las preconcepciones, es decir las imágenes imperfectas destinadas a desaparecer para darle paso a las verdades científicas. De tal modo, en un curso de física, se considera como representaciones las ideas, por lo general falsas, que tienen los alumnos del fenómeno que se trata. Las representaciones son, entonces, una manera errónea de describir el mundo, que será necesario que la enseñanza elimine para que la ciencia tome el lugar de los conocimientos ingenuos.

La tercera manera de hablar de representaciones no las considera en términos de verdades sino de funciones: una representación es una puesta en escena de algo que difícilmente se puede “concebir por sí mismo”. En ese sentido, la representación es un sustituto de aquello donde estamos (y que a menudo designamos con las palabras “mundo” o “realidad”).

En el caso del mapa, su función es la de permitir una discusión sobre el mapa sin incluso haber visto el terreno. De esta manera el mapa “representa” las molestias que impone el terreno: es una representación en el sentido en el que un embajador “representa” a su país. Igualmente, las coordenadas de un punto en un plano lo “representan”; o la ecuación de una fuerza representa a ésta; o incluso, el expediente médico “representa” al paciente y su salud; una historia de la revolución francesa “representa” ese suceso. El plano de un motor me debe permitir discutir acerca de una falla sin tener que ver el motor; o incluso, un “buen” expediente médico de un paciente se considerará adecuado si me permite discutir acerca de la terapia que se deberá indicar incluso si no he visto al paciente; u, otro ejemplo, se considera que una Asamblea Nacional representa “bien” a un pueblo si el hecho de discutir los proyectos con ésta me ahorra la necesidad de interrogar a todo el pueblo; Las letras “NAMUR” son una representación de la ciudad donde yo vivo, en francés. De la misma manera, la ley lineal de alargamiento de

Una disciplina científica instaura una manera de ver el mundo.



¿Será posible enseñar física sin pretender que esta manera de representarse el mundo es parcial y sesgada?

resortes (ley de Hook) me debe permitir hacer una descripción del movimiento del objeto sin realizar la experiencia. Y podríamos continuar de la misma manera con muchas otras representaciones. Desde esta perspectiva, toda descripción de un objeto o de una situación es una representación en la medida en que permite reconocer ese objeto o esa situación incluso sin haberla visto o vivido antes.

Así, retomando el ejemplo del mapa es, según la primera manera de ver, una suerte de reflejo de la “realidad”; según la segunda, el mapa sufre de una suerte de “pecado original” de ser finalmente “falsa”; según la tercera manera de ver, lo que define el mapa es su función de permitir discutir un itinerario en la representación más que para un terreno. La representación no se piensa en términos de “verdadera” o “falsa” sino en función de que nos permite continuar con nuestro proyecto.

Vista desde esta tercera perspectiva, toda ciencia es una representación sobre la que podemos trabajar sin la necesidad de regresar sin descanso a la “realidad”. Así, una parte de nuestros conocimientos existe en forma de representaciones.³ La producción científica es la de las representaciones de situaciones en las que estamos implicados. La física, por ejemplo, es una representación de una clase de fenómenos. Aprender física es aprender a utilizar esas representaciones. Podemos continuar con la analogía de los mapas: hay mapas de carreteras, mapas geológicos, mapas económicos, etcétera. Es posible enseñar la utilización de estos mapas igual que enseñar a producirlos. Aprender física es aprender a utilizar las representaciones estandarizadas que la constituyen. Hacer física es construir las representaciones de situaciones en las que estamos implicados, como por ejemplo, hacer una representación de la fisión del núcleo del átomo; o también como el estudio del péndulo que produce representaciones de movimiento pendular, especialmente desde la perspectiva de medir el tiempo.

Podríamos preguntarnos si una parte del notorio disgusto por las ciencias y por la física en particular de muchos alumnos proviene acaso de que no comprenden que el objetivo de las ciencias es proporcionar representaciones de sucesos y de una acción posible.

¿Representaciones confiables?

Para completar las consideraciones precedentes, notemos que las ciencias no sólo construyen representaciones sino que las prueban para que éstas sean confiables. Los problemas de confiabilidad de una representación pueden ser esclarecidos aquí de nuevo con el ejemplo de los mapas. Contrariamente a lo que muchos piensan, la prueba más frecuente no es la comparación directa con el terreno. La primera prueba se efectúa por medio de un examen de la credibilidad del mapa propuesto. De este modo, si un mapa muestra una autopista que atraviesa el océano Pacífico, uno se hará muchas preguntas en cuanto a su confiabilidad. Una prueba de ese tipo consiste en confrontar el modelo o la “representación” que se quiere probar con otras representaciones en las que se tiene mucha confianza. Así, si le presentamos a una física un modelo que implique una partícula que vaya más rápidamente que la velocidad de la luz, la mirará con escepticismo de inmediato. Les llamamos “pruebas teóricas” a esas maneras de confrontar los modelos producidos con otros considerados como más confiables. El segundo tipo de pruebas consiste en confrontar las representaciones producidas con datos que provienen del terreno, es lo que llamamos por lo general una verificación experimental o empírica.

Señalemos que el lenguaje más común de los cursos de física a menudo pretende que lo que caracteriza a esta disciplina es el método experimental. Y así, nos arriesgaremos a decir que el método de las ciencias naturales es esencialmente experimental mientras que, en las prácticas científicas o tecnológicas, se recurre sobre todo a las pruebas teóricas. Desde la perspectiva expuesta aquí, se diría más bien que las pruebas utilizadas con mayor frecuencia son las teóricas (es decir, las pruebas de credibilidad).

Los problemas de la noción de verdad aplicada a una representación

Hasta aquí no hemos hecho sino desarrollar el carácter representativo del discurso científico y hemos visto que “hacer ciencia” es construir y



utilizar las representaciones. Pero hasta ahora, un término utilizado a menudo en los cursos de ciencias no ha aparecido: el término “verdad”. Normalmente, cuando se enseña ciencias, y física en particular, uno se pregunta acerca de la verdad de lo que se dice.

Pero ¿qué quiere decir el término “verdadero” aplicado a una representación? Si nos interesamos en los mapas, nos daremos cuenta de que no tiene ningún sentido decir que un mapa es verdadero. Lo que, en cambio, podemos decir con facilidad, es que dicho mapa es adecuado para tal o cual proyecto. Y por otra parte, un mapa que eliminara enormemente los datos a veces podría ser más adecuado que otro que pecara de un exceso de datos. Entonces, los mapas no se clasifican en mapas “verdaderos” o “falsos” sino en mapas más o menos adecuados en función de tal o cual proyecto.

Igualmente, cuando se trata de descripciones de un paisaje, no hay descripciones absolutamente verdaderas o absolutamente falsas, son más o menos adecuadas con respecto a un proyecto. Por otro lado, es raro que a menudo nos sintamos desconcertados cuando se trata de reconocer que hay una pluralidad de representaciones válidas para un paisaje; sin embargo aceptamos con facilidad que hay una infinidad de técnicas que son adecuadas con respecto a un proyecto. Los ingenieros no consideran que haya técnicas verdaderas frente a técnicas falsas sino que hablan de técnicas más o menos adecuadas para una pluralidad de proyectos. Más aún, no se nos ocurriría acusar a alguien de relativismo si estima que hay muchas representaciones posibles de una tecnología, pero cuando se trata de las ciencias, y de la física en particular, el razonamiento implícito es que existe la “verdadera” respuesta al problema. ¿No sería posible considerar las ciencias como las técnicas de las representaciones, lo cual implicaría el abandono de la idea de tener una absolutamente válida (la verdad)? Al contrario, el valor de una representación no sería absoluto sino la función de un proyecto. Tal manera de ver no es ciertamente un relativismo desengañado que pretendería que todas las representaciones son equivalentes. Pero más que pretender que haya una suerte de verdad absoluta, insistiremos en que se respete la pluralidad de representaciones.

¿Será posible enseñar física sin pretender que esta manera de representarse el mundo es parcial y sesgada? Hagamos hincapié en que aceptar que la física sea una representación entre otras no mengua en nada el interés que puede haber al enseñarla y al hacerla aprender. No es necesario creer en una suerte de verdad mágica de la física, para encontrarla estimable. En efecto, hasta el momento, no hemos encontrado nada mejor como representación para abordar ciertos problemas. Y sin duda ganaríamos en cuanto a precisión y sentido si afirmáramos sin lugar a dudas que se enseña ese tipo de representación, no porque sea absolutamente verdadera sino porque, como resultado de cierto número de pruebas, confiamos en ella y nos parece adecuada para cierto tipo de fenómenos. No obstante, reconocer que una representación es adecuada con respecto a los proyectos sin otorgarle una verdad absoluta, implica un reto importante para los maestros de ciencias.

El siguiente ejemplo puede darnos luz sobre esta problemática de una pluralidad de representaciones que pueden convivir sanamente. Tomemos a un niño que ha sido educado en una estación deportiva de invierno y que pasa su tiempo libre con los esquiadores y los guías. Con esta comunidad, comparte una representación de la nieve muy rica y perfectamente adecuada para discutir acerca de los riesgos de las avalanchas o del estado de las pistas. Y sucede que su profesor de física quiere enseñarle que el agua tienen tres estados: sólido, líquido y gaseoso. A nuestro personaje le parecerá que la física es una disciplina despreciable, incapaz de presentar un modelo de estados de la materia ya que una clasificación tan primitiva no es de ayuda alguna para comunicar el estado de la nieve. Y si el maestro insiste en afirmar llanamente que hay tres estados de la materia, perderá toda credibilidad para ese niño y la física zozobrarán con él. Si, por el contrario, acepta una pluralidad de “verdades”, podrá decir que cada una de las representaciones tiene su valor, limitado, en relación con los proyectos que hace posibles.

Desde esta perspectiva, es posible enseñar la teoría de los tres estados de la materia sin querer hender la “física” de nuestro muchacho. ¿Tal vez así evitaríamos que se enemistara para siempre con las





Fragmento de la serie Este – Oeste Guadalajara

ciencias? Después de todo, pueden ser endiabladamente adecuadas para toda una serie de cuestiones: ¿La física de nuestro muchacho será “falsa” o, sencillamente, dirigida hacia otro contexto?

La enseñanza de las ciencias: ¿misionero al viejo estilo o al nuevo estilo?

Pudiera parecer extraño comparar a los maestros de ciencias con los misioneros. Empero, si durante dos siglos los científicos se sentían como iluminadores del mundo, era tal vez porque había mucha proximidad entre ellos y los misioneros. En efecto, los misioneros al “viejo estilo” se consideraban fácilmente como los depositarios de la “verdadera” religión. Pensaban que su misión era lograr que los pueblos indígenas rechazaran y quemaran a sus “dioses falsos” para adorar al único verdadero (¡el suyo por supuesto!). Durante ese tiempo, los maestros de ciencias se toparon con algunos pobres alumnos que creían en sus falsas representaciones. La meta de la enseñanza era que las abandonaran para unirse a la única verdad, sin duda científica. Esta actitud de los misioneros de la ciencia se perpetúa cada vez que los maestros de ciencias se imaginan probar y enseñar las verdades científicas. Después de todo, eso que llamamos “probar” en ciencias, no es sino mostrar la eficacia de ciertos modelos teóricos en la búsqueda de ciertos proyectos.

Pero no es necesario enseñar las ciencias de manera tan dogmática para que tengan sentido. Podemos considerar, a la manera de Ernst Mach, que ciertos modelos conducen más lejos en un orden de ideas y que otros son más adecuados para otras situaciones. Esto es suficiente para aprender las representaciones científicas y el espacio de su confiabilidad.⁴

El maestro alfabetizador

Si los cursos de ciencias no se consagran a convertir a los alumnos de tal suerte que abandonen sus falsas creencias para adherirse a la “verdadera fe” científica, ¿a qué podemos aspirar con esa enseñanza?

Podemos considerar esos cursos como un lugar de alfabetización científica y técnica. Eso quiere decir que aspiramos a que los jóvenes tengan,



en el mundo científico técnico que es el nuestro, una cultura tal que puedan ser autónomos, tener posibilidades de comunicación y una posibilidad de negociar con las cosas, los instrumentos, las tecnologías y las gentes. Esa primera meta debería permitir definir la formación adecuada para todos los ciudadanos en materia científica y técnica. Más allá de esta formación para todos, hay un lugar para la formación particular de aquellos que quieren estar particularmente preparados para afrontar las disciplinas científicas. Las ciencias, en ese caso, no se enseñarían como verdades, sino más bien como tecnologías de la representación. Así, un curso de física sobre la gravedad consiste en hacer que el alumno sea competente en el uso de esta representación que es la teoría sobre la gravedad.

Hay entonces un trastocamiento de las perspectivas: las representaciones científicas no son vistas como una ciencia en sí misma, sino como la construcción de mediaciones en vista de poder realizar nuestros proyectos. Cada vez que elaboramos una representación científica, se sobreentiende que presentamos la posibilidad de utilizar esta representación con cierta intencionalidad. En otros términos, cuando el físico propone un modelo teórico es como si dijera: “cuando vemos las cosas de esta manera, vemos una serie de aspectos (fenómenos) que no podríamos ver sin esta representación”. Concretamente, esto es como decir que cuando se afirma que la Tierra es una esfera, uno quiere decir que, en cierto número de situaciones, es interesante concebirla como si fuera una esfera. Y en ese momento, en la medida en que la representación es adecuada, se trabaja en la representación más que en la “realidad”. Porque sabemos muy bien que la Tierra no es una esfera, de la misma manera sabemos que un mapa de carreteras no es un reflejo del terreno y que la Pipa de Magritte no es una pipa. Pero es “interesante” considerar en ciertos casos la Tierra como una esfera, el mapa de carreteras como el terreno, y el dibujo de la pipa como una pipa. En cada uno de los casos, se trata de representaciones. Un curso de ciencias que examina con precisión las representaciones confiables que ha construido la comunidad científica es un llamado cultural importante para los alumnos. No es, entonces, necesario querer enseñar las ciencias como

verdades, basta con enseñarlas como las nuevas re-presentaciones.

Para concluir, parece que las representaciones que tenemos de las ciencias, de su producción y de su verdad, tienen más importancia de lo que pudiera parecer a primera vista. ¿Vamos a considerar la verdad como un objeto exterior que debemos encontrar, o la vamos a considerar como el resultado de una construcción adecuada con respecto a nuestro proyecto? En el primer caso, se trata de una verdad exterior que debemos aceptar de manera pasiva; en el otro, las ciencias son una construcción humana hecha para los seres humanos por los seres humanos.

Notas

1. Cuando hablamos aquí de un interés, no consideramos necesariamente los intereses económicos. Hacemos alusión al hecho de que desde que elaboramos un concepto, o una noción, lo hacemos porque nos parece que es una manera “interesante” de ver las cosas.
2. La palabra “mundo”, como la palabra “realidad”, funciona de manera muy diferente de cómo lo hacen los términos que designan los objetos. En efecto, vemos una mesa, pero no vemos jamás “el mundo” o “la realidad”. Observar bien no es mirar el mundo sino mirar los objetos. Utilizamos el término “mundo” para hablar de todo eso a lo que nos enfrentamos. Dicho de otra forma, el “mundo” o “la realidad” no son objetos sino maneras de hablar de los objetos.
3. Pero existen muchas otras formas de saber que no son representativas. Son todos nuestros conocimientos reflejos, por ejemplo. Ni qué decir de las informaciones que nuestro cuerpo administra sin que tengamos conciencia de ello para nada, por ejemplo, alguien que es vacunado contra la varicela puede identificar el microbio responsable sin tener conciencia de ello para nada.
4. Esto no es pertinente sólo para las ciencias en el sentido limitado de la palabra, pues el mismo acercamiento se puede adoptar en las ciencias humanas e incluso en filosofía y en teología. Esas disciplinas, en efecto, tratan de construir las representaciones de nuestras experiencias espirituales de tal suerte que uno pueda discutir las. En el fondo, en el centro de todo discurso científico (en el sentido más amplio del término), se trata de encontrar las palabras para hablar de una experiencia.

