

## Reflexiones sobre la enseñanza de la Física

### Reflections about the teaching of Physics

Mauricio Abdalla<sup>1</sup> ([mauricioabdalla.filosofia@gmail.com](mailto:mauricioabdalla.filosofia@gmail.com)) (<https://orcid.org/0000-0002-8824-7571>)

#### Resumen

Este trabajo presenta algunas reflexiones acerca de la enseñanza de la Física se parte del presupuesto, que todos los alumnos de los cursos superiores han pasado por la educación básica y, en consecuencia, han estudiado todas las materias científicas que componen el currículo educativo. Uno imagina, por tanto, que todos ellos tienen una formación científica adecuada, suficiente para garantizarles un conocimiento de la naturaleza y de los fenómenos físicos mayor y más preciso que el de sus antepasados de otras épocas. También se espera que los individuos educados de la sociedad contemporánea estén relativamente protegidos de la charlatanería, el oscurantismo, el negacionismo científico y la pseudociencia.

**Palabras claves:** enseñanza, Física, ciencias naturales, didáctica

#### Abstract

This paper presents some reflections on the teaching of physics. It is assumed that all students in higher grades have gone through basic education and, consequently, have studied all the scientific subjects that make up the educational curriculum. One imagines, therefore, that all of them have an adequate scientific background, sufficient to guarantee them a greater and more precise knowledge of nature and physical phenomena than their ancestors of other times. It is also expected that the educated individuals of contemporary society are relatively protected from quackery, obscurantism, scientific denialism and pseudoscience.

**Key words:** teaching, physics, natural sciences, didactics, didactics

---

<sup>1</sup> Profesor de Filosofía de la Ciencia en el Departamento de Filosofía de la Universidad Federal de Espírito Santo - Brasil, doctor en Educación y autor de varios libros y capítulos de libros sobre filosofía y ciencia publicados en Brasil y España.

## Introducción

El oscurantismo y la ola negacionista de la ciencia han crecido en todo el mundo y se manifiestan en fenómenos como el terraplanismo y la negación de la pandemia del covid- 19 y la vacuna, entre otros. No se trata de la crítica filosófica al cientificismo positivista, que marcó la filosofía de la ciencia del siglo XX, ni de la crítica razonada a los abusos de la industria farmacéutica capitalista, sino del rechazo vulgar a la propia racionalidad científica, un fenómeno de nuestra época brillantemente retratado en la sátira de Hollywood No mires hacia arriba. ¿Cuánta responsabilidad puede atribuirse a los fallos de la enseñanza de las ciencias en la educación básica? Está claro que la causa de un fenómeno social e histórico de tal magnitud no puede atribuirse simplemente a la educación. Debemos tener cuidado de no atribuir a la educación una responsabilidad exagerada por lo que ocurre en nuestro mundo, porque la sociedad está cultural e ideológicamente situada en un sistema económico, cuyos intereses, en compleja interacción, definen el marco del pensamiento y el comportamiento social de las distintas épocas. La educación es sólo una parte de esta totalidad social. La cuestión aquí es cómo los problemas en la enseñanza de las ciencias pueden haber facilitado la difusión del oscurantismo anticientífico o de la pseudociencia y cómo una enseñanza de las ciencias más adecuada podría contribuir a evitarlos.

Tomemos como ejemplo, para una primera aproximación, una cuestión relacionada con la enseñanza de la física. Cualquier estudiante de educación superior ha pasado previamente por la educación básica y ha estudiado física. Sin embargo, es sorprendente comprobar cómo la mayoría de mis alumnos en la universidad (tanto de filosofía como de otros cursos) y el público en general que asiste a muchas de mis conferencias dentro y fuera de la universidad se desconcierta ante los argumentos aristotélicos contra el movimiento de la Tierra, que se presentaron en los siglos XVI y XVII contra la hipótesis copernicana. Rara vez consiguen refutarlos con los conocimientos de la física moderna para sostener el heliocentrismo.

Si tuvieran que defenderla ante un pueblo que la negara y utilizara las pruebas del sentido común o de la física aristotélica, quedarían en muy mala posición. La certeza sobre el movimiento de la Tierra alrededor del Sol es hoy compartida por la mayor parte

de la sociedad mundial. Pero desde que Copérnico reposicionó el heliocentrismo en el contexto del Renacimiento como una hipótesis astronómica<sup>2</sup> hasta la épica defensa de Galileo de su realidad física -que casi le llevó a la hoguera-, fue necesaria una verdadera revolución en la filosofía de la naturaleza para que fuera posible su aceptación como hecho. Porque ¿cómo negar lo que vemos (la rotación del Sol y de todos los cuerpos celestes alrededor de nuestro planeta) y sentimos (la inmovilidad del suelo que pisamos), para aceptar la idea de que estamos en un globo que gira y que se mueve a una velocidad increíble alrededor de sí mismo y del Sol a través del espacio vacío? No hay nada intuitivo ni evidente en ello. Éste era el principal reto de Galileo: hacer que el copernicanismo fuera aceptado como una descripción de la realidad y no sólo como una hipótesis astronómica instrumental.

La idea copernicana resultaba atractiva en una época profundamente marcada por el hermetismo (doctrina que situaba al sol en el centro del mundo y a la tierra y todos los planetas girando a su alrededor) y tenía sus atractivos matemáticos. Pero, físicamente, era imposible a la luz de la teoría física de la época. Para aceptarla, sería necesario transformar no sólo la física aristotélica, sino derribar toda la cosmovisión dominante en el mundo feudal, e incluso contradecir la experiencia común.

No es casualidad que la Inquisición autorizara la defensa del copernicanismo como hipótesis matemática (a efectos de cálculos astronómicos), pero lo prohibiera como filosofía (es decir, como afirmación física). Se consideraba sólo uno de los "dos grandes sistemas del mundo" en disputa en la época entre los astrónomos, pero no podía ser tratado como filosofía natural.

Este fue el peligro de Galileo: al permitir el movimiento de la Tierra como un hecho, desarrolló una teoría física que derribó la cosmovisión legitimadora del orden feudal y abrió espacio para cuestionar el fundamento natural de ese orden. No era la fe lo que estaba en peligro -entre otras cosas porque Copérnico era un sacerdote agustino y

---

<sup>2</sup> Hay que recordar que Copérnico no fue el primero en la historia en proponer el heliocentrismo. En la antigüedad, la hipótesis fue defendida por Aristarco (siglo III a.C.) y fue ampliamente difundida en el Renacimiento, antes de Copérnico, a través de las doctrinas de Hermes Trismegisto contenidas en el Corpus hermeticum.

Galileo una persona profundamente religiosa- sino el orden feudal, de cuya casta dominante formaba parte el alto clero junto con la nobleza<sup>3</sup>.

Queda claro que, si fuera algo evidente y experimentable en el plano sensible cotidiano, la hipótesis heliocéntrica y la física galileana no habrían tenido tantas dificultades para ser aceptadas.

El mito de un Galileo que sólo apuntaba a las pruebas de la vida cotidiana, enfrentado a fundamentalistas lunáticos que se negaban a ver la realidad, sólo tiene sentido si creemos en una concepción de la ciencia ya superada por la filosofía de la ciencia del siglo XX y si damos crédito a las representaciones de película de serie B sobre la estupidez e ignorancia de sus contemporáneos, hecho que es históricamente falso. Incluso la apelación a los instrumentos de observación, como el bisel que mostraba las imperfecciones de la luna, no es algo tan sencillo de utilizar como argumento. Alguien de la época podría preguntarse simplemente por qué un tubo con vidrio, hecho por las manos de un ser falible como el ser humano, sería mejor testigo de los hechos que nuestros ojos, un instrumento hecho por las manos de un Dios perfecto.

¿No sería más probable que esas gafas dispuestas dentro de un instrumento cilíndrico distorsionaran la realidad en lugar de revelarla?<sup>4</sup>

Sin embargo, aprendemos desde la infancia que el movimiento de la tierra y la física moderna son cosas evidentes, experimentables en la vida cotidiana, siendo un conocimiento "demostrado" de la manera más trivial posible. Esto indica que estamos seguros de ciertas cosas, pero no sabemos en qué se basan estas certezas.

Al ignorar la justificación de lo que afirmamos saber, nuestro conocimiento no se diferencia de la mera creencia. La mayoría de las veces, apoyamos nuestras supuestas certezas en el argumento de autoridad, ya sea personal ("Galileo lo demostró") o impersonal ("la ciencia lo ha demostrado").

---

<sup>3</sup> Si la enseñanza de la física se ocupara también de la importancia política y social que ha tenido y tiene la ciencia, podríamos librarnos de la visión mítica y simplista (y en consecuencia equivocada) de una guerra eterna entre "las luces de la ciencia" y el "oscurantismo de la religión". En la historia real, incluso en nuestros días, la ciencia está más involucrada con la economía y la política que con la religión.

<sup>4</sup> No es prudente burlarse de este argumento, porque los mayores telescopios ópticos, debido a la atmósfera y otros factores, realmente "distorsionan" la realidad y su precisión de observación se debe a las correcciones de aberraciones que proporcionan los conocimientos de óptica.

Sin embargo, bajo el aspecto racional, tales argumentos son nulos, porque sólo trasladan la tarea de justificación a un tercero no presente en el debate (el genio científico o la institución de la ciencia), que validaría cualquier afirmación que evocara las mismas autoridades u otras, a criterio del proponente<sup>5</sup>.

Además, en cualquier caso, en el que Galileo o la ciencia sean elementos ajenos a una cultura o en un contexto de negacionismo científico y oscurantismo de extrema derecha, como el que acecha al mundo actual, esta apelación a la autoridad no tiene ningún efecto. ¿No será por eso que el terraplanismo está ganando adeptos en todo el mundo?

¿O que se han negado los efectos reales de una pandemia viral en nombre de la bizarría ideológica y política?<sup>6</sup>

Cuando la certeza del movimiento de la Tierra se enfrenta a los mismos argumentos aristotélicos con los que tuvo que lidiar Galileo, la mayoría de las personas cultas que han cursado disciplinas científicas revelan la insuficiencia o la inadecuación de la educación científica. Si surgiera un movimiento "terraimobilista" (¡esperemos que nadie tenga esa idea!) quizás tendría el mismo éxito que el terraplanismo.

Los defensores de la Tierra Plana utilizan argumentos basados en pruebas cotidianas. Recuerde al lector que la Tierra nos parece realmente plana en nuestra experiencia ordinaria. Cuando estamos en un barco o en un avión que recorre largas distancias, tenemos la impresión de una trayectoria en línea recta, paralela a la superficie del planeta: el piloto no tiene que poner el avión en curva descendente para ir de las Américas a Japón.

---

<sup>5</sup> Se podría, por ejemplo, defender la idea de que las mareas son el resultado del movimiento de la Tierra apelando también a Galileo, ya que intentó explicarlas en su Diálogo sobre los dos sistemas más grandes del mundo. O apelar a una autoridad ajena al ámbito de la ciencia, porque la atribución de "autoridad" es siempre relativa a los sujetos. Un líder religioso o político puede tener más autoridad para algunos que un científico, incluso para describir fenómenos naturales. Si la única justificación es la autoridad, cualquier verdad puede ser justificada en función de quién se crea que posee esa autoridad.

<sup>6</sup> En Brasil, durante la pandemia de SARS-Cov-2, asistimos al escenario surrealista de una multitud que defendía un fármaco de probada ineficacia contra el covid-19 (hidroxicloroquina), incluso después de innumerables investigaciones y artículos que lo rechazaban, sólo porque eran seguidores del presidente Bolsonaro, un negacionista de la pandemia que recetó el fármaco como cura del covid-19, sólo para no tener que implementar en el país las medidas sanitarias de contención de la pandemia. Más de 670.000 personas han muerto en el país como consecuencia de la pandemia y la falta de acciones de combate por parte del Gobierno Federal.

También tienen argumentos para "explicar" por qué la nave desaparece en el horizonte e informan de supuestos experimentos que "prueban" sus afirmaciones.

¿Y cómo han reaccionado los ciudadanos de a pie que no quieren escuchar sus argumentos? Suelen rechazarlas con ironía y sarcasmo. Pero cuando se les pregunta por su posición sobre la esfericidad de la Tierra apelan a la autoridad científica o a un argumento histórico: suelen decir que "Galileo demostró que la Tierra es redonda" o que "la idea de una Tierra plana es una idea medieval", es decir, que es una idea de esas mentes estúpidas que sólo existen en los guiones de películas de serie B. Pero ambos argumentos son falsos. Galileo nunca necesitó argumentar en defensa de la esfericidad de nuestro planeta, ¡por el simple hecho de que sus oponentes aristotélicos no la negaban! Los pensadores medievales fueron instruidos por Aristóteles, un antiguo filósofo griego que sostenía que la Tierra era una esfera. No hay ninguna defensa de la Tierra plana entre los pensadores medievales.

Incluso si pensamos que la idea de un planeta plano es estúpida, la educación científica escolar debería prepararnos para explicar con argumentos científicos (físicos) la esfericidad de nuestro planeta y saber a qué tipo de retos se enfrentó realmente la ciencia moderna. No podemos decir sin más que "fuimos a la Luna y vimos la Tierra redonda", porque si la comprensión de la esfericidad de la Tierra dependiera del viaje a la Luna, ¿cómo iba a defenderla tan bien Aristóteles, hasta el punto de hacerla aceptar entre todos los estudiosos occidentales, con casi 2.300 años de antelación?

Cuando las personas encuentran una falta de justificación para sus certezas, se vuelven vulnerables a su negación y se abren a ideas alternativas, por muy ridículas que sean. Esto abre un flanco para la penetración de la negación de la ciencia en nuestro mundo, y junto con eso viene la sospecha contra toda forma de racionalidad y verdad.

Pensemos ahora en un ejemplo ficticio. Imaginemos que aparecen grupos de personas en las redes sociales digitales diciendo que la Tierra es inmóvil. Estas personas tendrían inicialmente muchas pruebas que presentar. En primer lugar, podrían sugerirnos que suspendamos sincera y honestamente todas las imágenes que nos han metido en la cabeza sobre el movimiento de la Tierra y las animaciones producidas por los medios de comunicación, para centrarnos sólo en lo que nuestros sentidos ven

realmente. Dado que nuestro punto de referencia de observación es nuestro propio planeta, todo, visualmente, gira realmente alrededor de nosotros. Además, cuando nos movemos a una velocidad inferior a la de la tierra en un vehículo abierto, un caballo o un juguete de un parque de atracciones, sentimos el movimiento perfectamente. ¿Por qué no sentimos ni un poco el movimiento de la tierra, ni de rotación ni de traslación, que son mucho más rápidos que cualquier vehículo en el que nos movamos en el planeta? Por tanto, nuestros sentidos nos revelan realmente un planeta inmóvil y los cuerpos celestes que giran a nuestro alrededor.

En un segundo momento, los imaginarios "terraimbolistas" pasarían a refutar la idea de un planeta en movimiento, que nos han hecho creer, sea cual sea la conspiración que hayan inventado. Una vez más, podrían apelar a la evidencia: en nuestro mundo cotidiano, no hay movimiento sin causa, es decir, no hay cosa que se mueva (un móvil) sin algo que sea responsable de su movimiento (un motor).

Así es como funcionan nuestras expectativas a nivel cotidiano, derivadas de nuestra experiencia común: esperamos que la taza de café de nuestra mesa no se mueva a menos que podamos identificar una causa para su movimiento. También se espera que la copa puesta en movimiento vuelva a su estado de reposo tan pronto como la causa de su movimiento deje de actuar.

Si caminamos con la copa en la mano, es natural que se mueva con nosotros, en la misma dirección que nuestro movimiento, porque somos la causa (el motor) de su movimiento. Sin embargo, se espera que, una vez que dejemos caer la copa y continuemos nuestro movimiento, ésta no continúe siguiéndonos y se quede atrás.

Cualquiera que, argumentando en el nivel de conocimiento y experiencia cotidianos, dijera que la copa, incluso cuando se suelta de nuestras manos, continuaría siguiéndonos en la misma dirección de nuestro movimiento, sería considerado un loco. La copa sólo podía seguirnos si algo la movía en nuestra dirección. Pero ningún motor actúa sobre ella cuando la soltamos en el aire, y, por lo tanto, mientras nos movemos, la copa permanecería detrás de nosotros.

Aplice el mismo razonamiento al movimiento de la Tierra. Nuestro planeta se mueve y, como estamos conectados a él, nos movemos juntos en la misma dirección. Si tenemos

la copa en la mano, también nos sigue en nuestro movimiento con la Tierra, y somos el motor de su movimiento en la dirección del movimiento del planeta. Sin embargo, una vez que dejamos caer la taza, ningún otro motor la empuja en nuestra dirección y en la dirección del movimiento de la Tierra en el tiempo  $t$  que tarda en ir de nuestra mano al suelo. Ciertamente, si la Tierra se moviera, la copa no tendría motivos para seguirnos y se quedaría atrás. Como siempre cae cerca de nuestros pies, esto demuestra que todos estamos inmóviles.

Este argumento sólo puede ser refutado por quienes entienden un poco de física y han aprendido realmente el concepto de inercia. Sin embargo, su refutación sólo fue posible con el esfuerzo intelectual y argumentativo de Galileo y, posteriormente, con la aceptación de este concepto como ley, a través de la obra de Newton. Hubo que destruir todo un marco teórico de la física (la física aristotélica) y erigir otro para que la hipótesis del movimiento de la Tierra pudiera ser aceptada como un hecho. E incluso Galileo introdujo un concepto de inercia que sólo quedó bien formulado con Newton. Antes, aceptar el movimiento de nuestro planeta era casi equivalente a aceptar la superación de la velocidad de la luz en la física actual.

Pero no se trata de explicarlo con la evidencia ordinaria de la experiencia. Utilizar el concepto de inercia para refutar el argumento de la Tierra inmóvil no es explicar el movimiento de la Tierra con la evidencia ordinaria de la experiencia. Eso sólo sería posible apuntando a un motor para justificar que los cuerpos en caída libre siguen el movimiento de la Tierra.

Recordemos, sin embargo, que la inercia no es un motor. Se trata de un concepto ideal abstracto que se refiere a un estado de los cuerpos (del ser) que nunca se puede demostrar, ya que no existe un espacio ilimitado y libre de fuerzas donde podamos ponerlo a prueba y tampoco podemos saber, experimentalmente, si algo es realmente eterno.

Por lo tanto, el mundo vivido y experimentado en la vida cotidiana sigue siendo una sólida prueba argumental contra el movimiento de la Tierra. Esto puede confundir a la gente, especialmente cuando se enseña que la física moderna es un cuerpo de conocimiento originado y basado en pruebas experimentales.

La batalla de Galileo, por tanto, no era sólo contra la Santa Inquisición o los profesores aristotélicos, sino también contra el conocimiento común y la experiencia cotidiana. La física moderna necesitaba sustituir la evidencia del mundo visible y comprobable por un plano ideal de relaciones abstractas que lo explicara (un mundo ideal y matemático) y planificar experimentos controlados de manera que corroboraran, en el plano de la realidad, estas relaciones matemáticas ideales.

La idea de la ciencia moderna como conocimiento basado en la evidencia experimental es sólo un mito, que ya ha sido bastante cuestionado por la historia y la filosofía de la ciencia del siglo XX. Lo que realmente hizo la física moderna fue sustituir el mundo de las cosas materiales, sensibles y palpables, por el mundo ideal de las relaciones matemáticas que están en su base – pero que no se reproducen sensiblemente en el nivel de la experiencia común, sino sólo en experimentos planificados y controlados.

Por eso, los experimentos de física que se utilizan en la enseñanza siempre deben "prescindir" de cosas que existen realmente, como la fricción, la resistencia del aire, las imperfecciones de la materia, etc. Esto no es nada nuevo, ya que el propio Galileo defendió esta diferencia entre el mundo material y las relaciones matemáticas que lo explicaban. Dice en su Diálogo sobre los dos sistemas superiores del mundo

**Salviati:** [...]. Así como, para querer que los cálculos correspondan a los azúcares, a las sedas y a las lanas es necesario que el contable tenga en cuenta la tara de las cajas, paquetes y demás bultos, así también, cuando el filósofo geométrico quiere reconocer en concreto los efectos demostrados en abstracto, es **necesario que descunte los impedimentos de la materia;** porque, si sabe hacer esto, os aseguro que las cosas se corresponderán de una **manera no menos ajustada que los cálculos aritméticos** [ ] (GALILEO, 2011, p. 287, énfasis mío).

Una afirmación similar es la que hace Torricelli, cuando establece la diferencia entre lo que él y Galileo dijeron y lo que realmente ocurre en el mundo cotidiano:

Pretendo o supongo que algún cuerpo se mueve hacia arriba y hacia abajo según la proporción conocida y horizontalmente con igual movimiento. Cuando esto ocurra, digo que todo lo que dijo Galileo se cumplirá y yo también. Si después las bolas de plomo, de hierro, de piedra, no observan esta supuesta dirección, peor para ellas: diremos que no se trata de ellas (TORRICELLI, apud ROSSI, 1992, p. 205)

Por ello, apelar a la evidencia cuando se habla de Física es un riesgo. Debido a la visión errónea de lo que es la ciencia, fruto de la hegemonía de la concepción

positivista, y a la contradicción entre lo que realmente hace la ciencia y lo que se dice de ella, todavía vemos a profesores intentando enseñar que los cuerpos caen con la misma velocidad en caída libre (es decir, en el vacío), ¡dejando caer dos objetos de distinto peso desde lo alto de una escalera!

A pesar de que es evidente que en el aire los cuerpos caen con diferentes velocidades<sup>7</sup>, seguimos creyendo la historia de Vincenzo Viviani (1622-1703) sobre el mítico experimento de Galileo en la torre de Pisa, sin darnos cuenta de que no había vacío entre la parte superior y la inferior de la torre para que el experimento confirmara su postulado sobre la caída libre<sup>8</sup>. ¿Qué nos dice esto sobre la enseñanza de la física en particular y de las ciencias en general?

La física, desde Galileo, es una ciencia matemática. Antes de ser sólo un instrumento para medir cosas, la física utiliza las matemáticas como una concepción sobre el propio ser del mundo.

Cuando Galileo dice que el lenguaje de la naturaleza son las líneas, los triángulos y los círculos (el lenguaje geométrico y matemático), señala que la verdadera comprensión del mundo no reside en la descripción experimental o metafísica de sus cualidades, sino en la abstracción matemática que capta las leyes necesarias y las relaciones cuantitativas entre los fenómenos.

Es el mundo abstracto el que explica el mundo visible. Por tanto, la física moderna no habla directamente de cosas reales, sino de trayectorias rectilíneas en el espacio vacío y de cuerpos con propiedades formales determinadas numéricamente. Hoy en día, con la física de partículas, la abstracción matemática se solapa aún más con el mundo experimental, ya que a nivel subatómico sólo es posible la experimentación indirecta en laboratorios avanzados que, a su vez, sólo son posibles en función de una teorización compleja y de conocimientos previos.

No es de extrañar, por tanto, que la enseñanza de la física en la educación básica se confunda a menudo con la enseñanza de las matemáticas.

---

<sup>7</sup> Existe una ecuación para calcular la fuerza de resistencia del aire en el retardo del movimiento:  $F_r = k \cdot v$ .  
.2

<sup>8</sup> Una impugnación de la historia del experimento de la Torre de Pisa puede encontrarse en Koyré (1982, 197-207)

Por lo general, los alumnos sólo tienen que anotar las ecuaciones, completarlas con las variables proporcionadas por el enunciado en el cuaderno de ejercicios o en los exámenes bimestrales, obtener los resultados correctos de los cálculos y aprobar. Aunque esta práctica educativa no es sorprendente, no debería serlo. De este modo, se crea una brecha entre una ciencia que pretende comprender y explicar el mundo y una asignatura cuya enseñanza se resume en la memorización y aplicación de ecuaciones. Una vez que se olvidan las ecuaciones, ¿qué conocimiento del mundo físico queda?

La matematización de la física operada por Galileo y sus sucesores no es totalmente en el sentido platónico de dirigirse exclusivamente a un mundo ideal separado del mundo sensible, ignorando todo lo que proviene de la experiencia. Es una matematización que pretende explicar el propio mundo sensible, cuyo ser es matemático. Es el propio mundo real el que posee una esencia matemática. Aunque sus relaciones visibles no reproduzcan tal o cual plano ideal descrito por la física, es ella la que hace inteligible el mundo real. Las ecuaciones no miden el mundo: lo explican.

Entender la historia de este cambio de orden filosófico (ontológico) que tuvo lugar en la revolución científica del siglo XVII y el trabajo real de la física teórica desde entonces es fundamental para saber cómo llegamos a las descripciones y comprensiones actuales del universo<sup>9</sup>.

Sin embargo, hemos observado que la enseñanza de la física ha pasado a menudo de los fenómenos cotidianos a la formalización matemática, o viceversa, de forma abrupta, lo que significa que sólo la idealización matemática es realmente importante.

Como resultado, se pierde la transición (nada "natural") de lo visible cotidiano al ideal abstracto y, en consecuencia, no se forman personas capaces de argumentar en contra de la evidencia de la experiencia cuando se enfrentan a teorías pseudocientíficas que apelan a ellas.

---

<sup>9</sup> Esto evitaría también la profusión de ideas polémicas sobre la sociedad y el ser humano, hechas por físicos, filósofos o teóricos de las ciencias humanas y sociales, que pretenden ser "probadas por la física cuántica". Fuera de la física, donde nació, el término cuántico se ha convertido en un término comodín para insertar, sin el esfuerzo de un argumento más consistente, ideas heterodoxas en las más diversas áreas del conocimiento. Si todo el mundo supiera qué es lo que realmente descubre la ciencia y cuáles son sus límites, se evitaría mucha confusión...

A esto se añade la incomprensión de lo que es la ciencia, resultado de la hegemonía de la concepción empirista e inductivista de la empresa científica. Como se sigue reproduciendo en la enseñanza de la ciencia, en la divulgación y el periodismo científico y en el conocimiento común, se cree que las conclusiones de la ciencia no son más que registros y generalizaciones de las pruebas experimentales.

Esta concepción de la ciencia contradice la enseñanza de la física, que se aferra a la formalización matemática y prescinde de la comprensión de la física como ciencia que describe el mundo de manera especial, lo que tuvo una enorme importancia en la formación de la racionalidad moderna.

Los alumnos que simplemente han aprendido y memorizado las ecuaciones para aprobarlas acaban teniendo dificultades, como ciudadanos y habitantes del mundo real, para conectar las ecuaciones aprendidas con la descripción de lo que ocurre en el mundo a nivel de la existencia cotidiana.

Es en este contexto en el que cualquier apelación a la evidencia por parte de grupos oscurantistas puede llevar a creer lo contrario de lo que dice la ciencia o, en todo caso, a no entender la riqueza de la física para describir el mundo y su importancia para una comprensión racional de la naturaleza.

Si esto no se enseña en las escuelas, si sólo las ecuaciones están en el centro del aprendizaje y de las evaluaciones, si se está formando a los alumnos para que crean que la ciencia es sólo un conjunto de evidencias probadas, para cuya confirmación sólo hay que apuntar a las pruebas cotidianas o a la autoridad de los "genios", ¿qué tipo de preparación están proporcionando los profesores a los alumnos para que se enfrenten a las preguntas que surgen de la contradicción entre la formalización matemática y los hechos cotidianos del mundo real? ¿Qué tipo de sospecha sobre la validez de la ciencia puede resultar de un experimento que deja caer dos pesos diferentes desde lo alto de una escalera para "demostrar" que ambos caen con la misma velocidad en el vacío, si

todo el mundo puede demostrar que en el aire los pesos caen con velocidades diferentes y el más pesado toca el suelo antes que el más ligero<sup>10</sup>?

La educación científica no debe entenderse como una formación técnica. Una comprensión adecuada de la ciencia educa al ciudadano moderno y le ayuda a enfrentarse a su propia racionalidad. La ciencia no es la tecnología; es una forma de entender el mundo que, al ser operativa y pragmática, permite la tecnología, pero no debe confundirse con ella. La educación científica es parte de la formación integral de hombres y mujeres adaptados a su tiempo y refractarios a los fundamentalismos de cualquier tipo. La concepción positivista de la ciencia crea un fundamentalismo científico mientras sostiene la ilusión de la ciencia como mero registro y formalización de evidencias puntuales; pero deja a los ciudadanos vulnerables a los fundamentalismos religiosos, políticos y esotéricos en cuanto descubren que la ciencia no es lo que esta concepción proclama y que sigue siendo reproducida por profesores y comunicadores de la ciencia.

Por ello, creo que es necesario trabajar el concepto de ciencia en la formación de los profesores de ciencias, incluyendo la historia y la filosofía de la ciencia en el plan de estudios obligatorio. Enseñar física es algo más que enseñar ecuaciones. La enseñanza de la física también es importante en la lucha contra el oscurantismo y en la búsqueda de una sociedad libre, autónoma y madura.

## Referencias

- GALILEI, G. (2011). *Diálogo sobre los dos sistemas máximos del mundo ptolemaico y copernicano*. Traducción, introducción y notas de Pablo Rubén Mariconda. São Paulo: Asociación Filosófica Scientiae Studia: Editora 34.
- KOYRÉ, A. (1982). *Estudos de história do pensamento científico*. Río de Janeiro: Forense Universitária; Brasília: Editora da UnB.
- ROSSI, P. (1992). *La ciencia y la filosofía de los modernos*. São Paulo: Editorial Unesp.

---

<sup>10</sup> Así ocurrió en un vídeo de YouTube publicado por una universidad estadounidense en el que una persona suelta dos pelotas desde lo alto de una escalera para demostrar que caen con la misma velocidad. Al pausar la imagen, los internautas pudieron notar que la pelota más pesada toca primero el suelo y llenaron los comentarios de sospechas sobre la veracidad del postulado...