

Idealidad y realidad en la enseñanza de las Ciencias Experimentales

José Antonio Sánchez Manzanares
Catedrático de Instituto
Profesor Titular de Universidad

El Universo es inteligible

La ciencia es posible porque la realidad física es susceptible a la penetración racional del hombre. Einstein mostraba su admiración y sorpresa precisamente por eso: porque el Universo fuera inteligible. Y quizá un matiz o ampliación de esta percepción sorprendente puede estar en el hecho de que sea *gradualmente* inteligible, es decir, que los científicos, los investigadores de cada época pueden ir descubriendo un aspecto de la racionalidad de los fenómenos y las estructuras del mundo que nos rodea, en una escalada de complejidad. Cada generación profundiza un poco, o un mucho, más en el conocimiento de la realidad. La historia de la ciencia remeda, en cierto modo, el paso de un escolar a través de las etapas de su currículo, desde la educación infantil hasta la universitaria.

La representación científica de la realidad se plasma en **teorías**, que vienen a ser complejos de conceptos y relaciones, de carácter general, estructurados por la Lógica y las Matemáticas. Al mismo tiempo, cuando la representación se concreta en un sistema determinado aparecen los **modelos**, presentaciones esquemá-

ticas de partes del Universo que resultan de simplificar e idealizar los rasgos de un sistema. De todas formas, no siempre se establece una distinción tajante y nítida entre teorías y modelos.

La construcción de los sistemas teóricos como son las teorías y los modelos se basa en las regularidades observacionales que se conocen como **leyes**. Por ejemplo, las leyes de Kepler sistematizaron las observaciones del movimiento

modelos ante todo con sencillez y claridad, sondeando mediante los oportunos controles su completa asimilación. Y, por supuesto, con rigor, aunque tenga que hacerlo adaptándose, en la medida de lo posible, a los conocimientos significativos y al lenguaje propios del receptor.

En su tarea docente, el profesor cuenta con la cooperación de la naturaleza humana del escolar que, como demostró Piaget de modo

La representación científica de la realidad se plasma en teorías, que vienen a ser complejos de conceptos y relaciones, de carácter general, estructurados por la lógica y las matemáticas

experimental, intenta elaborar mentalmente por su cuenta un sistema interpretativo-causal de su entorno físico; sistema que será, lógicamente, muy diferente en los distintos individuos y en las distintas fases de su desarrollo evolutivo, y, por supuesto, estará

plagado de errores; pero en esto, no lo olvidemos, coincide con las vicisitudes por las que tiene que pasar la historia de la ciencia.

Lo del rigor podría parecer que es una observación innecesaria pero no es así. Se advierte en los últimos decenios un progresivo deterioro de los conocimientos científicos básicos y generales en el bagaje de no pocos universitarios. Hoy se aprenden conocimientos muy especializados, muchas técnicas instrumentales —que, por otra parte se ven afectadas por la rápida obsolescencia de dichas técnicas— y

de los planetas que previamente había realizado Tycho Brahe y, a su vez, sirvieron de fundamento a Newton para llegar a su teoría de la gravitación.

Aplicaciones didácticas

Para que estos contenidos científicos sean interiorizados por los alumnos, huelga decir que hay que contar con su interés, es decir, se impone una acción motivadora. Pero, más o menos asegurada la motivación, el docente debe esforzarse por explicar las teorías y los

muchas innovaciones de relumbrón. Pero a la hora de calar en los fundamentos de la ciencia no es raro encontrarse con ignorancias sorprendentes. A fin de cuentas, una formación científica general y razonablemente completa no es fácil de alcanzar en el campo de las ciencias de la Naturaleza,

y requiere una actitud de auténtica formación permanente y de interés inagotable por la ciencia que, aunque debería ser un distintivo de un titulado universitario, no es un denominador general.

Y es que el profesor de secundaria no es un especialista sino un *generalista* que debe proporcionar a sus educandos una visión equilibrada y completa de las ciencias experimentales, con los recursos conceptuales necesarios para abordar cualquier cuestión científica –dentro de la obvia dedicación físicoquímica o biológica– en un grado de profundidad razonable.

Como botón de muestra de alguna de estas lagunas en la formación universitaria, podríamos señalar la desaparición de asignaturas como la Física general o la Química general en el currículo de las licenciaturas de ciencias. Hace años, el llamado Curso Selectivo era el primer paso en los estudios universitarios de los que aspiraban a una carrera científica o biosanitaria, que aseguraba –al menos, en teoría– una base

completa mediante sus asignaturas: Matemáticas, Física, Química, Biología y Geología, todas ellas de índole general. De todas las especialidades

tiene que efectuar actividades experimentales, o al menos observarlas, que muestren cómo las teorías o modelos están insertos de alguna manera en la realidad material. Así, a través de los *perceptos* propios, podrá entender sin errores los *conceptos* presentados por los contenidos teóricos.



Algunos modelos propuestos para la estructura molecular del benceno, en el siglo XIX.

que salen de la universidad, probablemente la más necesitada de este planteamiento general y equilibrado sea, precisamente, la de profesor de secundaria.

Fundamentación de modelos y teorías

No es suficiente que un modelo esté claramente expuesto y presuntamente asimilado. Hay que fundamentarlo mostrando su justificación racional y empírica. Porque de lo contrario es muy probable que el modelo ni siquiera se entienda bien ni se sepa aplicar.

Es muy conveniente, si no necesario, que se describa, aunque sea de forma sumaria, el proceso histórico-científico que ha llevado a ese resultado. Cuál es la apoyatura experimental de cada uno de los aspectos de una teoría y cuáles las razones por las que otras propuestas alternativas fueron rechazadas.

Al mismo tiempo, el alumno

Provisionalidad y limitaciones de los conocimientos científicos

Junto con el aprendizaje de las teorías y los modelos y su correcta aplicación, no debemos olvidar poner en guardia a los alumnos sobre la provisionalidad de los mismos y su incapacidad para explicar *toda* la realidad física; no digamos ya las cuestiones de orden humano y espiritual.

Por poner un ejemplo, que además nos recuerde la atención debida a la legalidad pertinente, el RD 3474/2000, por el que se actualiza el bachillerato y sus enseñanzas mínimas, dispone, entre los objetivos de la Física del curso segundo, que:

- “6. Comprender que la Física constituye, en sí misma, una materia que sufre continuos avances y modificaciones; es, por tanto, su aprendizaje un

proceso dinámico que requiere una actitud abierta y flexible frente a diversas opiniones.”

Una vez explicado un modelo y asegurados de que el alumno puede aplicarlo correctamente, hay que ponerle en guardia sobre la tentación intelectual –sobre todo para los buenos alumnos, los que realmente están interesados y lo entienden– de considerarlo una verdad absoluta.

En primer lugar, habrá que considerar las restricciones que se han hecho para llegar al esquema teórico. Por ejemplo, si estamos estudiando el movimiento de proyectiles con aceleración gravitatoria constante (g) habrá que

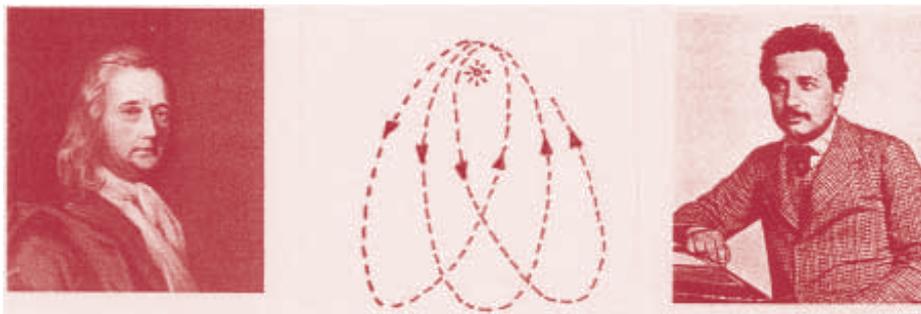
advertir que eso supone que el campo gravitatorio es uniforme y ésta es una situación que no se da en la realidad física; que el proyectil no se mueve en el vacío

sino en un medio material gaseoso que ofrece resistencia y que ejerce sus propios efectos reológicos; que la Tierra se está moviendo con un movimiento de rotación, etc.

Por otra parte, las teorías de mayor extensión y profundidad están continuamente sometidas a revisión a causa de nuevos avances en la experimentación y en la observación, y no son una foto fija. Son un fotograma de una película que tiene un pasado y un futuro; representan, simplemente, el estado en *este momento* de la opinión de la comunidad científica. Un estado de opinión en el que raramente se da la unanimidad.

Pensemos en el caso de la tan traída y llevada teoría del *big bang*. Este modelo de cosmogénesis ha sufrido en los últimos decenios multitud de avatares y su formulación está constantemente cambiando en función de los datos que aportan sin cesar los cada día más poderosos instrumentos de observación cósmica. Hay, incluso, astrofísicos de gran talla, como Fred Hoyle que la rechazan como explicación al origen del Universo.

Los profesores haríamos bien en esforzarnos por establecer, ante la consideración del estudiante, una distinción radical entre el modelo y la realidad misma, porque el



El movimiento de precesión del perihelio de Mercurio fue uno de los argumentos observacionales que desbancaron la teoría de gravitación de Newton en favor de la teoría de la relatividad general de Einstein.

alumno –especialmente si es inteligente y asimila con fuerza el modelo– tiende a considerar el modelo como la misma y última realidad de las cosas. Por eso, habrá que insistir una y otra vez, que la realidad física es un inalcanzable misterio para el que no hay esperanzas razonables de esclarecimiento definitivo, aunque, por otra parte, la ciencia vaya, poco a poco, iluminando perfiles de esa oscura sima sobre la que se sustenta el mundo natural.

Pseudociencia y científicismo

Complementariamente con lo que venimos diciendo, la absolutización y mitificación de todo aquello que se relacione, aunque sólo sea de forma nominal, con la ciencia es una aberración intelectual sobre la que debemos poner en guardia a nuestros alumnos y a la opinión pública en general. Es la plaga de la pseudociencia y del científicismo.

Uno de los críticos más activos de la pseudociencia es Martin Gardner. Suyas son estas palabras: “La proliferación de la pseudociencia

es uno de los fenómenos más llamativos y a la vez más preocupantes de la actualidad... Gracias a la libertad de expresión y a la revolución técnica de los medios de

comunicación, los gritos de los chiflados y de los charlatanes se oyen en ocasiones con mayor fuerza y claridad que las voces de los científicos”.

Sobre los más variados temas como pueden ser el origen del universo y de la vida, la influencia en nuestra salud de los distintos nutrientes, los apocalipsis del cambio climático, las centrales nucleares, las civilizaciones extraterrestres... circulan algunas sentencias proclamadas con gran aplomo pero con nula o al menos insuficiente fundamentación verdaderamente científica.

Toda esta algarabía irresponsa-

Un buen profesor de ciencias experimentales, por supuesto que tiene que despertar el interés, incluso el entusiasmo si es posible, de sus estudiantes por la valoración y el dominio de los paradigmas científicos vigentes. Pero al mismo tiempo no debe ocultar la limitación y la provisionalidad de los mismos

ble se alimenta de varios factores: el sensacionalismo, que estimula las ventas de ciertos medios; prejuicios ideológicos trasnochados; intereses económicos transnacionales; y entre otras etcéteras, siempre, la ignorancia.

Lamentablemente, entre las grandes figuras de la ciencia se evidencian los mismos fallos humanos que en el común de los mortales. A menudo el amor propio, la vanidad y la rigidez de pensamiento les impiden ver que sus hallazgos, con ser importantes, no son definitivos y serán superados por otros que les sucederán. Como le ocurre a tantos alumnos, también ellos confunden el modelo con la realidad...

El gran genio de Mendeleiev, que con su Tabla Periódica puso uno de los pilares de la Química como ciencia, no tuvo la suficiente flexibilidad intelectual como para modificar ligeramente su Tabla y tratar de acomodar en ella un

nuevo elemento que se descubrió con posterioridad: el helio. Despechado, se limitó a afirmar que el presunto nuevo elemento era un error experimental, es decir, no existía. Sí, el helio existía y la Tabla tuvo que ser modificada.

Más cerca de nuestro tiempo, el famoso y genial Stephen Hawking, que tan alto brilla con sus hallazgos de Física Cósmica, llegó a decir en una entrevista periodística de 1988, concedida a un diario español, que en unos veinte años se habría encontrado una ecuación única que explicaría todo lo que existe y de este modo la física como ciencia habría terminado su misión. Estamos, pues, según ese pronóstico, a cinco años del final de la Física, y no salimos de nuestro asombro. ¿Acaso nunca había leído Hawking que eminentes físicos certificaban también el *final* de la Física en los últimos años del siglo XIX, agotada por haber alcanzado

su perfección? Sin embargo, tras ese supuesto final estaban aguardando la teoría cuántica, la relatividad y todo lo demás...

Conclusión

Un buen profesor de ciencias experimentales, por supuesto que tiene que despertar el interés, incluso el entusiasmo si es posible, de sus estudiantes por la valoración y el dominio de los paradigmas científicos vigentes. Pero al mismo tiempo no debe ocultar la limitación y la provisionalidad de los mismos; con lo cual no sólo completará la verdadera formación científica de los jóvenes sino que atenderá a su educación *transversal* al hacer de ellos personas más tolerantes, flexibles y prudentes.

