

Una nueva visión para enseñar física: los aportes históricos

A new vision to teach physics: the historical contributions

Vicente Menéndez

Instituto Superior de Formación Docente 117, San Fernando, Provincia de Buenos Aires.

REVISTA
DE
ENSEÑANZA
DE LA
FÍSICA

E-mail: titomen58@yahoo.com.ar

Resumen

En este breve trabajo presentaré algunas ideas de cómo el uso de la historia de la física, en el nivel medio, puede jugar un rol no simplemente anecdótico, sino importante e integrador entre las comúnmente llamadas ciencias duras y ciencias blandas, para que los alumnos tomen conciencia, que la física no es solamente fórmulas, resolver problemas o enunciar principios generales, sino también, que la física forma parte indisoluble de la cultura humana. Los docentes de Arte, de Música, de Filosofía y Literatura utilizan la historia de su disciplina, sin lo cual es imposible entender su desarrollo y evolución. No parece darse la contraparte en el ámbito de las Ciencias naturales y matemáticas, mal llamadas ciencias “duras”. Presento este trabajo para que los docentes puedan reflexionar al respecto y asimismo brindar una ayuda, dando algunos ejemplos que considero significativos.

Palabras clave: Enseñanza; Física; Historia; Cultura; Integración.

Abstract

In this short paper I will present some ideas on how using the history of physics, in high school, can play a not simply anecdotal, but important and integrating role among commonly called hard sciences and soft sciences, so that students become aware, that physics is not only formulas, solving problems or enunciating general principles, but also the physics form an inseparable part of human culture. Teachers of Art, Music, Philosophy and Literature used the history of their discipline, without which it is impossible to understand its development and evolution. It does not seem to be the counterpart in the field of natural sciences and mathematics, so-called “hard” sciences. I present this work so that teachers can reflect on and also provide help, giving some examples that I consider significant.

Keywords: Teaching; Physics; History; Culture; Integration.

I. INTRODUCCIÓN

Los estudiantes suelen tener una visión dogmática y estereotipada de la ciencia y de los científicos. Entiendo que resulta obvia esa visión si observamos la manera “clásica” de enseñar ciencia: los contenidos se explican generalmente como productos terminados y no como resultado de un proceso. Entender que es y cómo se construye la ciencia, requiere de analizar algunos casos históricos de cómo se gestaron las teorías. Ofrecer las respuestas olvidando las preguntas dificulta el aprendizaje y la valoración de una teoría. Lo que propongo, no es recargar los programas de física con contenidos históricos, anecdóticos o biográficos, sino que se utilicen estos en la medida que se considere como ayuda a la hora de la apropiación del conocimiento. Debemos enseñar Ciencia como una construcción humana, tal como es el caso del arte, la literatura, o la música y sin la pretensión de mostrarla como un modelo de racionalidad absoluto (los casos de Newton y Kepler, que luego veremos, son reveladores al respecto). Por dar un clásico ejemplo, se presenta el sistema copernicano sin decirnos que contraría el sentido común. Aún más, la física es casi siempre contraria a la intuición y al llamado “sentido común”. Cuando damos respuestas digeridas, el conocimiento es entonces simple información, y nunca debemos olvidar que enseñar es formar, más que informar. El presentar la física sin hacer un mínimo desarrollo histórico de las ideas centrales, es no permitir al alumno conocer la manera en que evoluciona el pensamiento en la historia del ser humano. Entiendo que hacer un buen uso de la historia de nuestra disciplina, ayuda por un lado al alumno a comprender mejor los conceptos, y además, integrar el conocimiento científico con las

demás disciplinas. La cultura humana la podemos ver como un gran árbol, en donde la ciencia es una de las ramas y no un árbol distinto. En la creación de una teoría, la imaginación que pone en juego un científico, no es distinta a la creación artística, musical o literaria. La génesis y desarrollo de una teoría física, que explica el comportamiento de una porción de nuestro universo, debe valorizarse como un acto trascendente en la evolución de nuestra civilización. Por todas estas razones, es que desde fines de los 80 y principios de los 90, podemos observar un gradual y sostenido interés en la incorporación de cuestiones históricas y filosóficas en la enseñanza de las ciencias naturales. Y porque no debemos olvidar, que en la escuela media, no enseñamos física para futuros científicos; enseñamos física para futuros ciudadanos, que podrán luego ser o no científicos, y deberán tener un conocimiento lo mas integral posible de la sociedad y complejo mundo en que vivimos. De ahí el valor agregado, de los aportes históricos, en la enseñanza de las ciencias naturales.

Durante muchos años he enseñado física como un mecanismo de resolución de problemas, con fórmulas que a la postre el alumno olvida luego de rendir sus exámenes. He enseñado una física conceptual y operativa, importante sin duda, pero sin darme cuenta de la riqueza que encierra su historia. La historia de la física, no solo forma parte de la historia de la humanidad, sino que sus desarrollos están íntimamente relacionados. Por ello, y a modo de ejemplo, presentaré algunos casos que pueden ayudar y estimular al docente a recorrer este camino: es este, el principal objetivo del presente trabajo. Los trataré en el siguiente orden:

- Principio de inercia: el nacimiento de la física moderna como consecuencia de una necesidad astronómica.
- Influencia de la música en Galileo, Kepler y Newton.
- La historia de la ley de la refracción: ejemplo de cómo se construye el conocimiento de un fenómeno físico.
- La religiosidad y el misticismo en Newton
- Incidencia de la filosofía en la física del siglo XIX: la creación del concepto de campo
- os criterios de belleza y estética en física.

II. CRISIS DE LA FÍSICA ARISTOTÉLICA: SURGIMIENTO DEL PRINCIPIO DE INERCIA

La habitual presentación del principio de inercia, es en general, la memorización por parte del alumno del mencionado principio, y luego el análisis de algunos ejemplos clásicos. La propuesta en este caso es resaltar que este principio fundamental y *fundante de la nueva ciencia*, no nace casualmente como la mayoría de las ideas centrales en física, es decir para explicar problemas dentro de la física. Nace por una necesidad astronómica: dar argumentos a favor de la rotación terrestre, para así poder avalar el nuevo sistema copernicano. Es imprescindible decir que la física previa a Galileo, la de Aristóteles, si bien no es una física solo intuitiva, ya que está basada en una cosmovisión compleja, afirma cuestiones como por ejemplo: el cuerpo pesado cae antes que el liviano; la Tierra está en el centro de un universo finito, dado que el espacio infinito no posee centro; que un cuerpo solo se mueve si hay una fuerza que lo impulsa, etc. Y romper con lo observado por los sentidos no es tarea fácil. Tan difícil es, que pasaron casi 2000 años entre la física aristotélica y la nueva física galileana. Giordano Bruno fue el primero en decir que había arrojado desde lo alto del mástil de un velero en movimiento, una piedra y esta había caído al pie del mástil y no atrás de este... (Boido, 1996), con lo cual destruyó el argumento de la torre, tan utilizado por los aristotélicos para rebatir la rotación terrestre. Y que Galileo pensó en un argumento de "inercia circular": si se arrojase un cuerpo sobre la superficie de la Tierra, dicho cuerpo giraría permanentemente, sobre la superficie de la Tierra en caso de no haber rozamiento alguno. Simplemente imaginando y sin hacer experiencia alguna, ya que hacer una experiencia que lo demuestre es imposible. Importante además, es mencionar que la inercia es condición necesaria pero no suficiente para demostrar la rotación terrestre: si una piedra cae desde lo alto de una torre, no debiese caer al pie de esta si la Tierra rotase, según los aristotélicos. Como cae al pie de la misma, la Tierra no gira según la física aristotélica. Con la inercia, Galileo demuestra que la Tierra puede girar. El argumento es necesario pero no suficiente: si la Tierra gira, la piedra cae al pie, pero si no gira también. Esto llevó a Galileo a tratar de demostrar, con su fallida teoría de las mareas (que si explicará Newton) el giro terrestre. Además la cuestión central para rebatir el copernicanismo, era más religiosa que física: no se podía aceptar una teoría que contrariase a los escritos bíblicos: en la Biblia se menciona explícitamente que Dios colocó al mundo, fijo. Consecuencia de ello es la muerte de Bruno en la hoguera y el juicio a Galileo. Es notable como poco se menciona el hecho, de que si bien Galileo salvó su vida al abjurar de su copernicanismo, pasó el resto de sus días en prisión domiciliaria dada su avanzada edad. Entiendo que sin mencionar estas cuestiones, se pierde una

parte esencial de tan importante principio físico, y además la oportunidad de situar el nacimiento de la nueva física dentro del contexto post renacentista europeo.

III. LA INFLUENCIA DE LA MÚSICA EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA FÍSICA

Trataré aquí la influencia de la música en la física, que entiendo es una forma de integración cultural, y nos da la posibilidad de ver a nuestra disciplina conectada con los demás saberes.

Existe una larga tradición de observar al universo como construido sobre la base de principios armónicos. El comienzo de la relación habida entre la música y la matemática suele situarse en el descubrimiento, atribuido a Pitágoras, (o a la secta pitagórica) de la relación numérica existente entre la longitud de una cuerda y el sonido emitido por esta al vibrar. Este asombroso descubrimiento, junto con el de la proporción áurea, presente en la figura humana y en la armonía percibida por el hombre en múltiples figuras, implica un vínculo entre el ser humano y el número, razón por la cual los pitagóricos atribuyeron a los números categoría de divinidad. Durante el Renacimiento y el período de la Revolución científica, la música era considerada una ciencia independiente, y a partir del siglo XVIII se produce una escisión entre la música como arte y la ciencia física asociada a esta, en una disciplina que hoy denominamos acústica.

La pregunta es: ¿en qué medida incidió la música en la construcción de la física moderna? La naturaleza se presenta con un orden capaz de ser matematizado, tal como sucede en la música, donde existe un orden y los sonidos armónicos guardan relaciones matemáticas entre sí. Pudo ser solamente casual que los principales actores de la Revolución científica, Descartes, Newton, Kepler, Leibniz, Huygens, Hooke y otros, hayan tenido inquietudes musicales? Estimamos que aquel temprano descubrimiento pitagórico actuó como guía, consciente o inconsciente, en la búsqueda de esa armonía del Universo, que fue, como veremos, el desvelo de Kepler y Newton.

Veamos el caso de Galileo: su padre, Vincenzo Galilei, por medio de la experimentación, mostró que la altura del sonido producido por una cuerda no sólo variaba inversamente con su longitud (con lo que se podía obtener, por ejemplo, una nota una octava superior colocando el puente en el centro de la cuerda de un laúd y punteando en la mitad de la misma), sino que el sonido variaba también con el cuadrado del peso de un cuerpo unido a la cuerda (con lo que podía obtenerse la octava cuadruplicando el peso).

Stillman Drake en su estudio sobre Galileo hace referencia al padre del mismo, quien fuese un conocido intérprete y compositor de laúd (cuyas obras siguen ejecutándose aún hoy por los cultores de dicho instrumento) Dice Drake (1983):

Vincenzio quien era un músico cuya originalidad y capacidad polémica fomentaron una revolución en la música al conjugar la práctica y la teoría de forma parecida a como habría de hacerlo Galileo en la ciencia.

Vamos aquí a señalar dos cuestiones que consideramos de suma importancia; la primera: el padre de Galileo no era un músico improvisado, muy por el contrario, había realizado estudios de teoría musical con Gioseffo Zarlino, considerado el teórico musical más importante del Renacimiento italiano. La segunda: Vincenzo experimentó con longitudes y tensiones de cuerdas. Según Drake es muy probable que Galileo fuese testigo de esos experimentos. El acierto de esta observación lo podemos comprobar al leer la parte final de la primera jornada de los Discorsi (Galileo, 1996); allí Galileo trata con preciso detalle sus experiencias con cuerdas de clavicordio poniendo en ello su característico ingenio y su agudeza para observar los fenómenos naturales, en este caso aplicados a la música. Dice Drake (1983):

Si Galileo no hubiese estado presente en los experimentos musicales de su padre en 1588, probablemente no se hubiera introducido en los estudios del movimiento pendular. Sin un entrenamiento musical, difícilmente Galileo hubiese estado preparado para realizar sus primeras mediciones de tiempo casi exactas. La música jugó no sólo un lugar único sino un lugar esencial en llevar a Galileo a su nueva física, una ciencia de las mediciones precisas, como la música: un arte que requiere de mediciones precisas y de divisiones exactas.

Por otro lado, el caso de Kepler quizás sea el más conocido y emblemático de todos: las obras del gran astrónomo alemán están basadas, en criterios de simetría, de estética y musicales. Baste recordar la asociación que realizara en su libro *Armonía del mundo* entre cada planeta y la tonalidad musical emitida por los mismos. En dicha obra, uno de los capítulos lo titula: “¿En qué cosas relacionadas con los movimientos planetarios fueron expresadas las consonancias armónicas del Creador y de qué manera?”. Allí trata de las relaciones existentes entre las velocidades de los planetas cuando estos pasan por el afelio y por el perihelio: este cociente puede ser pensado como un intervalo musical adjudicándole a cada órbita un recorrido por las notas musicales.

De los cinco libros que componen la obra *Harmonices mundi* de Kepler, los dos primeros tratan sobre la geometría y el tercero sobre teoría musical. Los dos últimos libros contienen aplicaciones de teoremas matemáticos y musicales a la estructura solar y planetaria. Cuando Kepler habla del Creador, se hace presente allí la cuestión mística. Kepler creía, tal como los pitagóricos, en una estructura matemática del universo regida por relaciones de números enteros y pequeños (como mencionamos anteriormente al tratar la cuestión musical) Sus tres leyes, que se apoyan en las observaciones de su maestro Ticho Brahe, plantean un interrogante poderoso en el caso de la tercera ley: la demostración de la misma se hace a partir de la ecuación de atracción gravitatoria newtoniana y de la fuerza centrípeta del movimiento obtenida por Huygens, y ambas son posteriores a Kepler ¿Cómo llegó entonces Kepler a enunciar la tercera ley? La convicción de un universo regido por relaciones entre números enteros y pequeños y un arduo trabajo por prueba y error quizás pueda dar la clave de tan insólito hallazgo.

La música fue parte de la educación de Newton, y tiene sentido ver como dentro de sus preocupaciones está el poder establecer una correspondencia natural entre los números y algunas entidades. Por ejemplo, buscaría hallar la relación entre los siete colores y las siete notas musicales. La siguiente figura, llamada el monocordio de Newton, muestra la división musical que hace del espectro con los siete colores y sus correspondencias con las siete notas de la escala diatónica. (Fauvel y Flood, 1988)

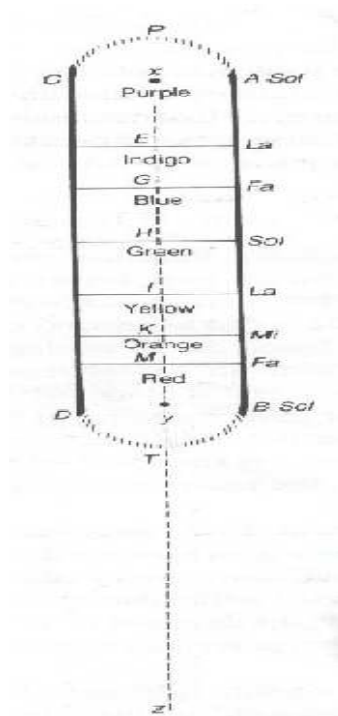


FIGURA 1. Monocordio de Newton.

La idea de armonía se convierte en algo así como un paradigma para Newton y cree que puede ser aplicable a fenómenos como la luz y la gravedad: la ley de la gravitación universal es el descubrimiento de la armonía en el cosmos.

Creo interesante esta vinculación entre la construcción de las leyes físicas y la idea de armonía musical. Mencionando estas cuestiones estamos transmitiendo no solo la verdad histórica, sino dando a conocer que la física no ha sido construida solamente desde un plano estrictamente “racional”.

IV. EL CASO DE LA LEY DE LA REFRACCIÓN: LO QUE ENSEÑA LA HISTORIA

En el comienzo habitual de presentación del estudio de la Óptica geométrica, aparece la Ley de Snell como el simple cociente entre senos de ángulos de incidencia y de refracción; luego el docente prosigue con algunas de sus aplicaciones a lentes o a superficies de separación de diversos medios. Pero, ¿alguna vez nos hemos preguntado qué historia subyace detrás de ese simple cociente? O bien: ¿cómo fue posible obtenerlo? En esa historia, que no es tan simple como a primera vista parece, están encerrados algunos

secretos del arduo camino que tuvieron (y tienen) que transitar los hombres para hacer ciencia, de manera que advertimos una importante razón para narrarla: dar un ejemplo de cómo se construye la ciencia.

Empieza con Euclides quien, en el período grecoalejandrino (s. III a. C.), comienza el estudio del comportamiento de los rayos luminosos. La óptica geométrica entra así en el *corpus* de conocimiento que nos legaron los antiguos griegos, pero con una notable particularidad: tanto Platón como Euclides y otros filósofos naturales pensaban que el rayo luminoso era emitido por el ojo. Sabemos sin embargo que los estoicos, a la inversa, sostenían que el rayo de luz es el que penetra en el ojo estimulando nuestros sentidos.

En el libro *La ciencia y cómo se elabora*, del físico y epistemólogo Alan Chalmers, encontramos un Apéndice final que se titula “La extraordinaria prehistoria de la ley de la refracción” (Chalmers, 1992). Allí Chalmers nos cuenta acerca de una investigación que él realizó acerca de ciertos manuscritos árabes del siglo XII (el original griego de la *Óptica* de Ptolomeo se ha perdido) y que configuran uno de los pocos casos de física experimental de la antigüedad con uso de instrumentos de medición especiales. Ptolomeo describe un disco de cobre con marcadores en el centro y en la periferia del disco, que sumerge hasta la mitad en un líquido (agua) y al alinearlos en su visión puede medir el ángulo de incidencia y el de refracción. Presentó sus resultados en una tabla, en pos de encontrar una relación entre ambos ángulos. Según Chalmers, Ptolomeo forzó los resultados, para obtener dicha relación, lo cual vendría a representar el primer fraude científico de la historia. En 1320 el árabe, Al Farisi, conocedor de la obra de Ptolomeo, trató de hallar la función que relaciona los ángulos de incidencia y de refracción usando un método matemático de series, común entre los astrónomos árabes de la Edad Media, pero la relación que obtuvo difería aún más que los valores del sabio alejandrino. Sin embargo, Al Farisi hizo una interesantísima hipótesis: ¡la refracción se debía a la reducción de la velocidad de la luz al pasar de un medio a otro! Tal como sabemos en la actualidad.

Según manuscritos del Museo Británico descubiertos en 1951, fue Thomas Harriot quien obtuvo la ley de la refracción trabajando experimentalmente (1616), pero no la publicó. Irónicamente, quien tuvo poco que ver con esta historia, Willebrod Snellius o Snell (1591-1626), holandés de la Universidad de Leyden, encontró hacia 1626 la relación. Tampoco él la publicó, aunque hoy la ley de refracción lleve su nombre. Fue Descartes quien la dio a conocer públicamente por vez primera en 1637 en su obra *Dióptrica* y en su forma actual. La posterior teoría corpuscular de Newton, implica que la luz debe viajar con mayor velocidad en el medio más denso: los corpúsculos lumínicos deberían aumentar su velocidad en el medio más denso al ser atraídos con mayor intensidad y desviarse, como evidentemente lo hacen, hacia la normal. Además con esta hipótesis explica el origen de los colores: los diferentes colores responden a los diferentes tamaños de los corpúsculos. Lo que históricamente sigue es la famosa disputa entre la hipótesis ondulatoria de Huygens (contemporáneo a Newton) y la corpuscular de Newton, e interesante es recordar que en principio, los físicos del siglo XVIII se inclinan por la teoría newtoniana, en función, principalmente, de la autoridad de Newton. Aquí estimo importante que el alumno recapite sobre el llamado “principio de autoridad”, que ha actuado como freno, muchas veces en el desarrollo de la ciencia: el caso más conocido es el de Aristóteles; casi nadie discutió la autoridad de sus libros de física durante casi 2000 años.

Lo que considero importante para un docente, al explicar a sus alumnos la ley de la refracción, es mencionar la hipótesis de Pierre de Fermat (1601-1665) del principio de mínima acción. El sabio francés expresó que el rayo luminoso debería recorrer la distancia entre dos puntos por un camino tal que le insumiera el mínimo tiempo posible, a partir de lo cual es entonces posible deducir la ley de la refracción *partiendo de una hipótesis acerca del comportamiento de la luz y no de la mera experiencia*. Se trata de un clarísimo ejemplo de construcción del conocimiento científico por el camino hipotético deductivo, a la inversa del empírico-inductivo empleado por Harriot y Snell. Entiendo que es un buen ejemplo, de cómo es posible llegar a establecer una ley por distintas vías.

Cada fenómeno natural estudiado por los hombres de ciencia supone, al igual que el de la refracción, una riquísima historia que deja como enseñanza, el arduo y sinuoso camino de la construcción del conocimiento, o como dice Chalmers (1992):

...ciertamente la historia de la ley de la refracción supone un buen golpe a la idea simplista de que la ciencia progresa continuamente gracias a generalizaciones cuidadosas a partir de resultados observacionales y experimentales.

Debemos destacar además, que aquí la historia, no juega sólo el papel de una “anécdota” más, sino que apunta a ser parte sustancial de la física que se enseña. Es cierto que en muchos casos el trabajo de investigación histórica no es fácil, pero entendemos que los profesores de física, debemos indagar en él, para encontrar elementos, que a no dudar, harán más provechoso e interesante el estudio de la física para

los alumnos (y para los docentes), porque no sólo comprenderán mejor los fenómenos físicos en sí, sino que, a través de la historia, también incrementarán su acervo cultural.

V. LA RELIGIOSIDAD Y EL MISTICISMO EN EL PENSAMIENTO DE NEWTON

No abundaré aquí sobre la conocida componente mística de Newton, bastante material hay sobre el tema, tanto escrito como en sitios de Internet. Baste decir, que quizás escribió tanto o más sobre alquimia y religión que sobre física (Boido, 1996).

Es muy conocida la historia del debate, entre si fue Leibniz o Newton, quien primero creó el cálculo infinitesimal. Si bien hubo ásperos debates entre los partidarios de uno u otro, lo cierto es que, en la correspondencia entre Leibniz y Clarke, (amanuense de Newton) gira la discusión en torno a como Dios formó el mundo: resumidamente, podemos decir que la tesis de Leibniz, es un Dios que elige entre los diversos universos posibles, el mejor. Una vez que lo hace ya no tiene que actuar en él, pues ese mundo es perfecto. Para Newton, en cambio, el Creador es una especie de ingeniero que hizo al mundo como un perfecto mecanismo. Entiende al espacio como “sensorio” de Dios. Él está presente para que se cumplan las leyes (que él descubrió y es por eso que llegó hasta creerse un enviado divino), de lo contrario el universo llegaría al colapso. Por otro lado, en cuatro cartas enviadas por Newton a su amigo Bentley, comienza la primera diciendo (Newton, 2001):

Cuando escribía mi tratado acerca de nuestro sistema [se refiere a su libro El sistema del mundo], donde da a conocer su famosa ecuación sobre la fuerza de atracción gravitatoria) tenía la vista puesta en aquellos principios en cuanto capaces de servir a los hombres discretos para la creencia en una Divinidad y nada puede alegrarme más que encontrarlo útil a tal propósito.

El conocimiento de estas cuestiones metafísicas, en los principales actores de la llamada Revolución científica, nos da una mirada más integradora, desprejuiciada y global de la ciencia. Por otra parte la cuestión religiosa y mística no solo está presente en aquellos siglos; conocida es la frase de Einstein: “Dios no puede jugar a los dados”, en una discusión con Niels Bohr acerca de las concepciones sobre la realidad de la materia, que estaba puesta en tela de juicio, por la nueva mecánica cuántica. Cuando propongo la inclusión de estas cuestiones históricas en la enseñanza de la física, lo hago con el propósito de hacer ver, como se menciona en la Introducción, que en la construcción del conocimiento están presentes no solo los aspectos racionales.

VI. LA INFLUENCIA DE LA FILOSOFÍA ROMÁNTICA DEL SIGLO XIX EN LOS COMIENZOS DEL ELECTROMAGNETISMO Y EN LA CONSTRUCCIÓN DEL CONCEPTO DE CAMPO

El Romanticismo es un movimiento cultural y político originado en Alemania hacia finales del siglo XVIII como una reacción contra el racionalismo de la Ilustración, dando prioridad a los sentimientos. El romanticismo es una manera de sentir y concebir la naturaleza, la vida y al hombre mismo. Si bien su comienzo es hacia fines del siglo XVIII, alcanza su cenit en la primera mitad del siglo XIX. Se extiende desde Alemania a Inglaterra y Francia hasta llegar a Italia, teniendo fundamentalmente una importante vertiente musical y literaria. Es justamente la música y la literatura romántica, lo más característico y conocido de este período. Pero este movimiento cultural no podía dejar de tener su influencia en otras esferas intelectuales, siendo así como la variante romántica entre los filósofos naturales, (no olvidemos que hasta mediados del siglo XIX, los físicos eran denominados de esta manera) se denominó Naturphilosophie. Frente al mecanicismo de la física clásica, la Naturphilosophie defendió una concepción orgánica de la ciencia en la que el sujeto juega un papel esencial, concibiéndose el mundo como una proyección del observador (paradójicamente se vuelve fundamental esta cuestión en el desarrollo de la mecánica cuántica). Friedrich Schelling, Herder y Goethe son los tres grandes nombres asociados a la Naturphilosophie. Para Schelling la ciencia experimental no era suficiente por sí sola, tenía que estar subordinada a un proyecto filosófico. La matemática y la medición serán necesarias pero no primordiales. Forman parte del trabajo del científico, de igual manera que el martillo y el cincel en la tarea del escultor, pero no pertenecen al contenido de la obra. Se privilegia lo cualitativo sobre lo cuantitativo en la experimentación.

En el verano de 1820 el resultado de una experiencia realizada por el físico danés Hans Christian Ørsted, se divulgó a lo largo de la Europa ilustrada, causando gran impacto: la acción de la corriente eléctrica sobre una aguja imantada. El resultado, proporcionaba la prueba experimental de una relación

entre fuerzas de la naturaleza que habían sido tratadas por separado: la fuerza eléctrica y la fuerza magnética. Algunos tenían la creencia de que las distintas fuerzas de la naturaleza estaban conectadas entre sí o que, incluso, no eran sino distintas expresiones de una misma fuerza fundamental -una creencia a menudo calificada de “romántica”. No hay que sorprenderse tampoco de la desconfianza profunda por parte de quienes nunca habían tenido, o habían rechazado, cualquier creencia de ese tipo. Aquí encontramos que el tema de la “unicidad de las fuerzas” no es una idea aislada, sino derivada de la concepción romántica de la unicidad de la naturaleza, la fuente en la cual Oersted bebe para tener la convicción de la existencia de una relación entre el magnetismo y la electricidad (Pérez de Landazabal y Varela Nieto, 2003) ¿Podríamos considerar como un caso aislado esta concepción romántica de Oersted y otros científicos de su época, como su amigo el físico alemán Johan Ritter, quizá el más conocido de los físicos románticos? Dentro de este esquema, de una visión de la naturaleza viva y no solo, como la de aquel mecanicismo rígido, precisamente en la misma época (primera mitad del s. XIX), podríamos suponer, actuó la mente de Faraday, (gran físico experimental pero con poco bagaje matemático e influido por el romanticismo predominante en su época) para su concepción del campo de fuerzas. Existe “algo” fuera de la materia que sin embargo tiene existencia tan real como la materia misma: el campo de fuerzas. Comienza aquí, para la física un nuevo concepto de la realidad: no solo de partículas y vacío está compuesto el mundo. En palabras de Einstein,

este cambio producido en el concepto de la realidad es el más profundo y fructífero que experimentó la física de Newton (LeSham y Margenau, 2002).

No quiero dejar pasar la importancia de este concepto de Einstein y que pocas veces se resalta frente a los alumnos: generalmente se habla de campo, con absoluta naturalidad, sin hacer hincapié en la idea de que este concepto cambia la forma de entender el mundo: no solo lo que perciben nuestros sentidos forma parte de la realidad. Sin ser parte de este trabajo, el vínculo existente entre la filosofía y la ciencia, o sea la epistemología, comienza con Mach hacia fines del siglo XIX, y retoma gran impulso ante las dificultades que tiene la mecánica cuántica el siglo XX para interpretar la realidad del submundo atómico.

Hay trabajos muy interesantes respecto de la denominada “física romántica” del siglo XIX, salidos del congreso “Ciencia y Romanticismo”, llevado a cabo en el año 2000 en España, algunos de los cuales pueden ser hallados en Internet.

VII. LOS CRITERIOS DE ESTÉTICA Y BELLEZA EN LA FÍSICA

Dijo Einstein:

Si la naturaleza nos conduce a formas matemáticas de gran simplicidad y belleza que nadie ha hallado anteriormente, no podemos dejar de pensar que son «ciertas», que nos descubren una característica real de la naturaleza. [...] A su vez, Werner Heisenberg en carta a Einstein, dice: Puede usted objetarme que, al hablar de simplicidad y belleza, introduzco criterios estéticos de verdad, y yo admito con toda franqueza que estoy muy influenciado por la simplicidad y la belleza de los esquemas matemáticos con los que la naturaleza se presenta ante nosotros... (Stewart, 2008)

Es evidente y clara la posición de Einstein acerca del valor que la componente estética tiene en la ciencia. Al respecto, relata el físico y premio Nobel Steven Weinberg que, al término de una charla dada por Dirac en Harvard, le aconsejó a su auditorio de alumnos y graduados que se interesasen más por la belleza de sus ecuaciones y no tanto por lo que las ecuaciones significaban. Weinberg admite que la búsqueda de la belleza en la física recorre toda la obra de Dirac y en realidad gran parte de la historia de la física y que el sentido de la belleza es muchas veces una guía útil. Resuena aquí la célebre frase de Kepler, quien adhirió a la teoría copernicana “por su arrebatadora belleza” (Boido, 1996) ¿Acaso el mismo Kepler no es un magnífico ejemplo de cómo se construye ciencia a partir de la creencias en un universo armónico y por lo tanto bello? ¿Cómo es que algo tan personal y subjetivo como nuestro sentido de la belleza actúa en este caso? ¿Qué es una teoría bella? ¿Acaso podemos *definir* la belleza de una obra de arte, por caso en un cuadro o en una poesía? El notable físico y matemático Henry Poincaré admitía que puede ser muy difícil definir la belleza matemática, pero acaso ¿no ocurre lo mismo con cualquier otro tipo de belleza? Generalmente los físicos y los matemáticos definen la belleza más bien a través de lo que llaman la “elegancia” de una teoría o demostración, lo cual se presenta generalmente en aquellos casos en que, con un mínimo de recursos y de forma simple, se obtiene un poderoso resultado.

Estas cuestiones que tienen más que ver con lo metafísico que con lo físico, creo que no son desdeñables comentar en algún momento de la enseñanza de nuestra disciplina, como un elemento más

para entender física, no solo como producto del laboratorio o de la mente de unos genios absolutamente racionales, sino que en la elaboración de teorías o hipótesis, entran en juego elementos que poco tienen que ver con lo estrictamente “científico”.

VIII. CONCLUSIÓN

El recorrido histórico de la física es como un viaje en el tiempo, en donde para cada época, cambia la visión del mundo de los filósofos naturales, o sea de los científicos. También cambia la pintura, la música, la literatura de cada época. Dicho de otra manera: hay una música antigua, una música medieval, otra renacentista, otra clásica y una contemporánea. También una pintura antigua, una medieval, una pintura renacentista, luego una moderna, etc. Lo mismo podríamos decir de las formas literarias y de otro tipo de artes.

En el plano científico, hubo una física antigua, una física medieval, una renacentista, una moderna, y la contemporánea actual. Y todas esas etapas del conocimiento científico tienen relación con las etapas artísticas. Y esos cambios están vinculados entre sí, son cambios acordes a la época. Y es así, porque la ciencia no es una actividad de genios con guardapolvo, pelo enmarañado y dentro de la burbuja de un laboratorio, alejados de la sociedad y la época en que viven, como vulgarmente se presenta en los medios y que solo logra alejar a nuestros alumnos de la ciencia. La ciencia es una actividad tan humana como el arte o como cualquier otro tipo de actividad. El hombre tiene tanta necesidad de sentir y expresar la belleza como de buscar el conocimiento. Y la búsqueda de la belleza y el conocimiento son dos de las aventuras humanas más cautivantes. Y esta es también, la enseñanza que nos brinda la física a través de su historia.

REFERENCIAS

- Boido, G. (1996). *Noticias del planeta Tierra*. Bs. As.: AZ Editorial.
- Chalmers, A. (1992). *La ciencia y cómo se elabora*. Madrid: Siglo XXI.
- Drake, S. (1983). *Galileo*. Madrid: Alianza Ed.
- Fauvel, J. y Flood, R. (1988). *Let Newton be! A new perspective on his life and works*. Oxford: Oxford Univ. Press.
- Galileo, G. (1996). *Discurso acerca de dos nuevas ciencias*. Barcelona: Ed. Planeta.
- LeSham, L. y Margenau, H. (2002). *El espacio de Einstein y el cielo de Van Gogh*. Barcelona: Gedisa.
- Newton, I. (2001). *Cuatro cartas al Dr Bentley*. Madrid: Ed. Complutense S.A
- Pérez de Landazabal y Varela Nieto, P. (2003). *Orígenes del electromagnetismo, Oersted y Ampere*. Madrid: Ed. Nivola.
- Stewart, I. (2008) *Belleza y verdad*. Barcelona: Ed. Crítica