

La obra Vida de Galileo de Bertolt Brecht como recurso didáctico para una enseñanza contextualizada de la física

REVISTA
DE
ENSEÑANZA
DE LA
FÍSICA

Bertolt Brecht's Life of Galileo as a pedagogic device for a contextualized teaching of Physics

Diego Zanarini¹

¹Escuela Superior de Comercio Libertador Gral. San Martín, Universidad Nacional de Rosario, Balcarce 1240, CP 2000, Rosario, Argentina.

E-mail: zanarini123@gmail.com

Resumen

En los actuales diseños curriculares del nivel secundario y de los profesorados se promueve una enseñanza contextualizada de la física, abordando aspectos históricos y epistemológicos. En este ensayo fundamentaré mi punto de vista en torno a las particularidades de las transposiciones didácticas involucradas en dicha contextualización. Considerado que la ciencia es una producción humana mediada por el lenguaje, mostraré cómo la obra *Vida de Galileo* de Bertolt Brecht puede constituir un recurso didáctico pertinente para promover una enseñanza contextualizada de temas científicos.

Palabras clave: Didáctica de la física; Física y literatura; Epistemología e historia de las ciencias.

Abstract

In the current curricular designs of secondary school and college a contextualized teaching of the Physics is promoted, addressing historical and epistemological aspects. In this essay I will base my point of view on the particularity of the didactic transposition as involved in this contextualization. Considering the science is a human production mediated by language, I will show how the work *Life of Galileo* by Bertolt Brecht can constitute a didactic resource to promote a contextualized teach of scientific subjects.

Keywords: Physics pedagogy; Physics and literature; Science history and epistemology.

I. INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo fundamentaré mi punto de vista en torno a la perspectiva didáctica que promueve una enseñanza contextualizada de la física. Posteriormente, y tomando como base dicha fundamentación, mostraré específicamente como la obra *Vida de Galileo* de Bertolt Brecht puede constituir un recurso didáctico pertinente para una enseñanza contextualizada de ciertos temas de física, usuales en los distintos diseños curriculares del nivel secundario y de los profesorados.

¿Por qué Galileo? La figura de Galileo Galilei se ha convertido con el paso de los siglos en un paradigma en la historia de la ciencia. Los resultados de sus investigaciones en áreas como la cinemática y la astronomía sentaron las bases conceptuales de la nueva física. Ningún epistemólogo puede obviar que Galileo matematiza la investigación experimental, fundando los principios metodológicos de la ciencia moderna. Su célebre juicio ante el tribunal del Santo Oficio de la Inquisición obliga a reflexionar sobre la relación entre el poder y el conocimiento. El conocimiento científico implica libertad de pensamiento y comunicación. En nuestro país (y en el mundo entero) permanentemente asistimos a disputas donde los intereses políticos y religiosos condicionan las leyes educativas y las costumbres culturales. Analizar el caso histórico de Galileo es una invitación a pensar el presente.

¿Por qué una obra de teatro en las clases de física? Sin dejar de lado la bibliografía tradicional, puede utilizarse una obra literaria para complementar la enseñanza de las ciencias; pues, dada la carga subjetiva que posee, contribuye a generar un recurso que interpela emocionalmente a los alumnos, despertando su interés por los contenidos que se están trabajando (Adúriz Bravo, 2011). El propio Galileo publica sus trabajos en forma de diálogo. Sus protagonistas no realizan únicamente una exposición metódica de los contenidos científicos, sino que encarnan personajes reales. Sus diálogos contienen los tópicos fundamentales de una nueva ciencia, pero también muestran las disputas científicas y epistemológicas de la época.

Contextualizar la enseñanza de la física no debe limitarse a leer un manual “objetivo” de historia de la ciencia.

II. LA ENSEÑANZA CONTEXTUALIZADA DE LA FÍSICA

En las clases tradicionales de física la contextualización histórica de los contenidos es escasa. No es habitual encontrar, en los libros de texto usuales en las aulas del nivel secundario, desarrollos históricos y epistemológicos amplios. Galileo y sus experimentos en la Torre de Pisa, la anécdota de la manzana que le cayó a Newton, Einstein y su trabajo de oficinista, son algunos ejemplos de las fugaces menciones históricas que suelen aparecer en los textos escolares. Así, el conocimiento científico es mostrado como el producto de genios aislados, y no como el resultado del trabajo colectivo de cientos de hombres y mujeres atravesados por las vicisitudes sociales, políticas y económicas de su tiempo. Existe una distinción clásica entre lo que se denomina contexto de descubrimiento (factores que llevaron a la producción de un nuevo conocimiento) y el contexto de justificación (aprehensión del nuevo conocimiento según las estructuras conceptuales vigentes). Las clases tradicionales de física hacen referencia casi exclusivamente, al contexto de justificación, mostrando un derrotero lógico de conclusiones (Campanario, 1998).

En pos de mostrar a la ciencia como un producto objetivo y neutral, se suele omitir en la enseñanza tradicional de la física una exposición de los límites de las teorías, no se mencionan los problemas que no pueden resolverse con los modelos teóricos vigentes, no se reflexiona en torno a la constante dinámica de las investigaciones y su consecuente producción de conocimientos. La ciencia no es un cúmulo de verdades inmutables, reducidas a un formalismo extremo, a una colección de fórmulas y postulados de difícil apropiación por parte de los estudiantes. Entender *qué* son y *cómo* se construyen los conocimientos científicos, implica analizar los procesos históricos inherentes a la gestación de las distintas teorías científicas (Solver y Traver, 1996).

Enseñar los contenidos de física –y de las ciencias en general– como un producto terminado y no como el resultado de un proceso, genera en los estudiantes una visión dogmática de la ciencia y de los científicos (Menéndez, 2016). Enseñar física contextualizando los contenidos permite reconstruir las problemáticas que dieron origen a las distintas investigaciones y sus consecuentes elaboraciones teóricas; fortaleciendo así, la singular versión escolar del método científico, el cual en algunos textos es presentado como una “receta” del proceder científico. Al plantear un modelo físico como la solución a un problema, se evita incurrir en el error epistemológico de mostrarles a los alumnos un empirismo ingenuo, que introduce la recolección de datos y la generación de hipótesis sin mencionar el problema histórico que generó la investigación, sin tener en cuenta las distintas soluciones que se plantearon –muchas de ellas erróneas– para abordar el problema, ignorando las tensiones entre los intereses de los científicos y las disputas políticas y sociales en torno a sus investigaciones (Solver y Traver, 1996).

La ciencia es una construcción humana que desafía la intuición y el sentido común. Mostrar las ideas científicas no vigentes, constituye una herramienta didáctica útil para vencer obstáculos epistemológicos, pues muchas teorías hoy descartadas, estaban basadas en concepciones similares a las presentes, apoyadas en el sentido común. ¿Acaso no son comunes en nuestro lenguaje coloquial expresiones como “el sol sale por el este y se pone por el oeste”? Ni que hablar de las ideas intuitivas y comunes respecto a la caída de los cuerpos. Cada vez que me propongo enseñar este tema, comienzo interrogando a los estudiantes: si de la terraza de un edificio dejamos caer una pluma y un martillo, ¿cuál llegará primero al piso?, la respuesta unánime es: el martillo. Siguiendo pregunta: ¿por qué?; la respuesta, emitida casi al unísono por todos los estudiantes, con entonación de obviedad, es: ¡porqué es más pesado que la pluma, profe!

En los diseños curriculares para el nivel secundario y para los profesorado, se manifiesta la necesidad de promover una enseñanza contextualizada de la física. Por ejemplo, en el Diseño Curricular para la Educación Secundaria de la Provincia de Santa Fe –jurisdicción en la que me desempeño como docente– se explicita como debe concebirse metodológicamente la enseñanza de la física, siendo imperativo:

...abordar las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente; así como el análisis y reflexión de la evolución de los grandes conceptos físicos a lo largo de la historia, teniendo en cuenta el contexto socio-histórico-cultural en el que se desarrollaron, con el objeto de incentivar el interés de los estudiantes en el aprendizaje. Se sugiere la utilización de diversas formas del lenguaje, con el fin de potenciar la capacidad de comunicación social, en sentido amplio; escrito (informes), gráfico (representaciones y dibujos), simbólico (fórmulas matemáticas), gestual (dramatizaciones), etc. (Provincia de Santa Fe. Ministerio de Educación, 2014)

En el nivel superior basta con observar los planes de estudio de los profesorado de física y las carreras de posgrado de distintos institutos terciarios y universidades nacionales, para evidenciar la

presencia de asignaturas vinculadas con la historia de la ciencia, la epistemología y la trilogía ciencia, tecnología y sociedad:

El futuro docente debe estar al tanto de las escuelas epistemológicas clásicas y de las contemporáneas. El reflexionar sobre las actuales corrientes epistemológicas le permitirá al aspirante entender la ciencia como una construcción dinámica en estrecha relación con el desarrollo social, político y económico, dentro de un determinado contexto cultural, siendo un complemento ineludible de este desarrollo, el análisis histórico de la evolución de la física. (Instituto Superior del Profesorado “Dr. Joaquín V. González”, 2014)

Ahora bien, que los planes de estudio de los profesorados en física contemplen el dictado de asignaturas tales como Introducción al Pensamiento Científico, Historia y Filosofía de la Ciencia, o Epistemología de la Física no constituye una condición suficiente para que se logre una enseñanza contextualizada de la física en la práctica cotidiana. Más aún, aunque sea intención del docente enseñar física atendiendo a los procesos históricos que dieron lugar a su cuerpo de contenidos, ¿con cuáles recursos contamos los profesores?, ¿con libros de texto tradicionales de historia de la ciencia?, ¿con revistas de divulgación? Es habitual que en los profesorados las asignaturas vinculadas con la historia y con la epistemología de la ciencia, impliquen la lectura de bibliografía primaria y secundaria, en un derrotero temporal lineal que parte de la antigüedad clásica hasta la época contemporánea. Sin dudas todos estos recursos son válidos; sin embargo, quiero detenerme en una cuestión central que hace a la elección y/o elaboración de todo recurso didáctico. Hay una premisa básica que se debe tener en cuenta al momento de pensar todo proceso de enseñanza y aprendizaje: usamos un lenguaje.

El lenguaje va más allá del texto, implica gestos, entonaciones y miradas, por lo cual muchas veces, la particular redacción de un texto de física suele resultar extraña a los estudiantes. Los libros escolares tradicionales recopilan un discurso común, aceptado por la comunidad docente. Cuando utilizamos un texto tradicional, pensado para la enseñanza de la física, debemos reparar en ciertos obstáculos que pueden encontrar nuestros alumnos, debido al lenguaje característico de estos textos escolares. El lenguaje científico suele utilizar formas impersonales, por ejemplo, es común usar expresiones como: *se arroja* un objeto verticalmente hacia arriba, sin importar nominalizar a quien hace la acción de arrojar el objeto. Esta forma de redacción presenta dos dificultades: en primer lugar sólo es habitual en los libros de textos de ciencias, por lo cual los estudiantes –sobre todo los alumnos de los primeros años de la secundaria– no están acostumbrados a tales usos. Más aún, al usar una forma impersonal desaparecen explícitamente los sujetos, *agentes reales* de la actividad científica. Así, se puede inducir a que muchos estudiantes generen una imagen errónea de la ciencia, pensándola como un cuerpo de saberes que se ubica por fuera de la cotidianidad de la experiencia humana (Márquez y Prat, 2005).

Distintos autores han propuesto utilizar relatos literarios para enriquecer las clases de ciencias. Las narraciones pueden constituir un recurso útil para aumentar el interés de los estudiantes hacia los temas científicos, a la vez que fomentan la reflexión y el debate crítico. En este sentido, puede contemplarse como elemento motivador a tener en cuenta en las clases de ciencia, la dramatización. Dada su impronta lúdica, la dramatización permite a los estudiantes *vivenciar* las ideas científicas de una manera singular:

La motivación hacia el aprendizaje desde la dramatización enriquece a este con un contexto concreto que permite reconstruir los conceptos abstractos fuera del alcance de la experiencia personal de cada alumno, desde situaciones particulares. La utilización en el aula de dramatizaciones de fenómenos científicos permite presentar los contenidos comenzando con ejemplos prácticos, aquellos que se basen en la experiencia, llegando al final a las declaraciones formales de los axiomas. (Viau y otros, 2015)

¿Qué tipo de textos preferimos para nuestras clases de física?, ¿aquellos que presentan una configuración de transmisión unívoca, donde lo que dice el autor *es* (debería ser) lo que entiende el lector, donde el contenido se constituye en la voz experta e infalible del emisor?, ¿o será conveniente utilizar textos dialógicos, donde se fomente el análisis crítico? Los textos unívocos se prestan para la tradicional memorización, ofreciendo la imagen de una ciencia completa, cerrada, dogmática. En cambio, los textos dialógicos invitan a generar nuevos significados. Hablar, discutir y debatir mejoran la comprensión del contenido, concibiendo así al texto –en términos del lingüista Bajtin– como dispositivos para pensar. (Márquez y Prat, 2005). Al proponer un texto literario como recurso didáctico para las clases de física, estoy fomentando el uso de textos dialógicos, y si bien puede sonar a perogrullada, quiero aclarar que no estoy renegando de la importancia de la memoria en la construcción del conocimiento. Obviamente, sin la capacidad de memorizar es imposible aprender nada; pero, el estar dotado de una memoria impecable no es condición suficiente para lograr un aprendizaje significativo, creativo y crítico.

III. UNA OBRA LITERARIA PARA LAS CLASES DE FÍSICA

Ya encontrándose en el exilio debido a las persecuciones llevadas adelante por el régimen nazi, el escritor alemán Bertolt Brecht publica en 1939 *Leben des Galilei*. Esta obra teatral ha sido traducida a distintos idiomas y se la sigue representando en varios escenarios en todo el mundo. Existen filmaciones de buena calidad de dichas representaciones, disponibles en la *web*, por lo cual la obra puede ser exhibida sin dificultad en las aulas. A continuación realizaré un análisis del texto, leído en clave de recurso didáctico para la enseñanza contextualizada de la física, tanto para el nivel secundario como para el nivel superior. Centraré el análisis destacando tres campos temáticos: conceptos físicos, cuestiones epistemológicas y contexto histórico.

En el primer acto de la obra de Brecht, Galileo Galilei es presentado como profesor de Matemáticas de la Universidad de Padua. Se encuentra en su gabinete de estudio con Andrea, su joven discípulo, hijo del ama de llaves. El lugar de trabajo es caracterizado como un *pobre* gabinete. Andrea le recuerda a Galileo la deuda que le reclama el lechero. Una constante que atraviesa toda la obra es la problemática en torno a la financiación de las investigaciones científicas.

El mecenazgo es la figura crucial para comprender los aspectos materiales del trabajo *galileano*. Los mecenazgos constituían redes sociales en torno a los príncipes y a los aristócratas. Facilitaban la comunicación entre científicos, enmarcando su identidad socioprofesional, les otorgaban estatus y legitimidad social. El mecenazgo tenía características estructurales específicas, vinculaba al mecenas, al beneficiario y a los agentes intermediarios con la circulación del conocimiento: “...para aquellos que no estaban inmersos en una red compleja de relaciones de mecenazgo, no existía la movilidad social ni la posibilidad de una carrera profesional” (Biagioli, 2008).

El primer gran logro en la carrera profesional de Galileo es la obtención de puestos como profesor universitario, en Pisa en 1589, y en Padua en 1592. Su trabajo como docente universitario le quitaba tiempo para dedicarse plenamente a su aspiración principal: la investigación. Alrededor del año 1600 comienza a buscar un mecenas que financie sus proyectos. Consigue ser nombrado como profesor particular del joven Cosme de Medici, quien sería luego Gran Duque de la Toscana (Biagioli, 2008). Galileo enseña Matemáticas en Padua. El diálogo que mantiene en el primer acto con el secretario de la universidad en torno a un pedido de aumento de salario, deja claro que “*Las Matemáticas son un arte poco lucrativas (...) Sólo puede pedir por la ciencia que vende, lo mismo que se recibirá de quien la compra*” (Brecht, 2008). La pujanza económica de la República de Venecia se entrelaza con la libertad de pensamiento. En Padua los estudiantes y los profesores eran estimados por los ciudadanos, porque generaban riquezas. La universidad era para la República de Venecia una empresa que producía ganancias (Righini, 2010).

En el segundo acto, la concepción de conocimiento científico como una herramienta subsumida a las vicisitudes de las leyes del mercado se hace presente con el acontecimiento de catalejo. Galileo modifica un anteojo astronómico de origen holandés y lo presenta a la corte. El acontecimiento es todo un suceso. Galileo obtiene como recompensa un puesto de –en jerga contemporánea– profesor titular y un importante aumento de salario. A cambio se le pide la construcción de varios “cañones ópticos”, a lo cual procede, rodeándose de colaboradores en su taller, devenido temporalmente en fábrica de catalejos (Righini, 2010).

En el año 1543 se publica *Revolutionibus Orbium Coelestium (Sobre las revoluciones de las orbes celestes)* de Nicolás Copérnico, donde se expone el modelo planetario heliocéntrico. En octubre del año 1604 aparece en el cielo una supernova. Para la cosmología vigente en la época, de inspiración aristotélico–tomista, la Tierra se encontraba en el centro del Universo, estaba compuesta por cuatro elementos fundamentales: aire, agua, tierra y fuego; los cielos estaban compuestos de un quinto elemento: la *quintaesencia*. Este elemento era inmutable y eterno, pudiendo moverse sólo en círculos. Los movimientos “permitidos”, por ej. de los cometas y las nubes, sólo podían acontecer en la región del espacio comprendida entre el cielo de la Luna y la Tierra. Sin dudas la presencia de una estrella nueva en los cielos contradecía al paradigma cosmológico vigente. En el año 1609 Galileo enfoca su anteojo astronómico hacia la Luna, descubre sus valles y sus montañas. La Luna es vista como un nuevo mundo. En enero de 1610 descubre cuatro satélites que orbitan en torno a Júpiter (Bombal Gordon, 2014).

Uno de los ejes temáticos fundamentales del texto, en cuanto a contenidos de astronomía, es la contraposición entre el modelo ptolemaico y el modelo copernicano. Galileo, utilizando un astrolabio, comienza explicando a su discípulo Andrea los pormenores del sistema de Ptolomeo, a la vez que introduce la problemática de la relatividad del movimiento y las hipótesis centrales del modelo heliocéntrico. En el acto tercero los diálogos se centran en torno a los descubrimientos astronómicos y sus consecuencias epistemológicas, políticas y filosóficas. En su gabinete, junto a su amigo Sagredo, enfocan el catalejo hacia Júpiter, y Galileo detalla su flamante descubrimiento: Júpiter tiene cuatro satélites, los cuales giran alrededor suyo. Con esta sentencia se sintetizan las consecuencias revolucionarias de estos

descubrimientos astronómicos: “*Hoy es 10 de enero de 1610. La Humanidad escribe en su diario: el cielo ha sido abolido*” (Brecht, 2008).

En el año 1610 Galileo publica *Siderus Nuncius* (Mensajero sideral), un pequeño libro, crucial en su vida y en la historia de la ciencia. En el catálogo de la feria del libro de Frankfurt del año 1610, puede leerse respecto al *Siderus*:

El mensajero sideral despliega panoramas grandiosos y muy maravillosos, y exhibe ante la mirada de todos, las cosas que observó Galileo Galilei, patricio florentino y matemático de la Universidad de Padua, con la ayuda de un catalejo que él mismo creó, sobre la faz de la Luna, las innumerables estrellas inmóviles, la Vía Láctea, las nebulosas, y especialmente los cuatro planetas que giran en torno del astro Júpiter en intervalos y periodos irregulares con una velocidad increíble; los cuales fueron detectados por el autor, pero hasta ahora eran desconocidos. (Biagioli, 2008)

Galileo bautiza “Estrellas Mediceas” a las cuatro lunas de Júpiter y dedica *El Mensajero sideral* al joven Cosme II, ungido en el año 1609 como Gran Duque de Toscana. Su intención era obtener un mecenazgo pleno y un puesto en la corte de Florencia, que le permita continuar con sus investigaciones:

...quiero tener mi olla de carne. Y si obtengo ese empleo no tendré que meter en la cabeza de los alumnos particulares el sistema ptolemaico, sino que tendré tiempo, tiempo!, tiempo!, para reunir pruebas, porque no basta con las que tengo hasta ahora. (Brecht, 2008)

El 5 de marzo de 1616 la Inquisición pone en el Índice de libros prohibidos la obra de Copérnico. La revolución copernicana no involucra solamente una teoría astronómica. La filosofía humanista y una nueva visión de la cultura habían comenzado a expandirse por Europa desde el siglo XIV, en un proceso cultural que se conoce como Renacimiento. El Humanismo, filosofía característica de este período, ponía en el foco de la comprensión del orden del mundo, al hombre y su racionalidad: “...durante mil años reinó la fe, precisamente allí reina la duda” (Brecht, 2008).

Uno de los contextos geográficos de esta corriente cultural fue el norte de Italia. La aristocracia acomodada promovía el desarrollo de las ciencias y las artes. El Renacimiento no fue la única sombra que debió enfrentar el poder eclesiástico. La reforma luterana y la creación de la iglesia anglicana por Enrique VIII, disminuyeron el poder político de Roma. Europa central se sumergió en la guerra. Las reacciones del Vaticano fueron drásticas. El Concilio de Trento celebrado en el año 1545 sentó nuevas bases doctrinales destinada a repeler todo ataque político–teológico (White, 2010).

La figura de Giordano Bruno aparece a lo largo de la obra de Brecht como una referencia al contexto histórico de la época, marcando las tensiones entre la ciencia nueva y el poder. Bruno publica libros considerados heréticos. Entre ellos se destaca: *Del infinito, el universo y los mundos*, donde expone una visión idiosincrática del *copernicanismo* y la filosofía natural. Refuta las nociones de Sagrada Trinidad y de Inmaculada Concepción, se opone a la ciencia aristotélica y propone la idea de que podría llegar a existir vida inteligente en otros planetas. Tras permanecer siete años preso en una cárcel de la Inquisición, donde es periódicamente torturado, el 17 de febrero de 1600 Giordano Bruno es ejecutado por orden del papa Clemente VIII. Quien llevó adelante su proceso fue el cardenal Roberto Belarmino, un miembro de la Compañía de Jesús. En el año 1605 el papa Paolo V designa a Belarmino para la conducción del Santo Oficio. El cardenal inquisidor fue canonizado en 1930 por el papa Pío XI, elevándolo a la categoría de Santo de la Iglesia. Al año siguiente fue nombrado Doctor de la Iglesia. Belarmino también será el encargado de llevar adelante el juicio contra Galileo (CPAL, s. f.). El modelo copernicano, junto con las ideas de Giordano Bruno, atacaban el orden establecido. La Tierra dejaba de ser el centro del Universo. Era un mundo más entre otros, perdido en la inmensidad de un cosmos que se insinuaba infinito: “*Y la Tierra gira alegremente alrededor del Sol, y las pescaderas, mercaderes, príncipes y cardenales, y hasta el Papa, giran con ella*” (Brecht, 2008).

Además del modelo heliocéntrico se abordan en el texto de Brecht temas como: la relatividad del movimiento, las posibles causas de las mareas, la flotabilidad de los cuerpos y las manchas solares. La disputa en torno a la flotabilidad de los cuerpos se inició en 1611, en una discusión en torno a la naturaleza del frío. De la misma participaron Vincenzo de Gracia y Giorgio Coresio, aristotélicos, profesores de la Universidad de Pisa. Galileo sostiene ideas cercanas a Arquímedes, contrarias al aristotelismo, las cuales plasma en un opúsculo titulado *Discurso sobre los cuerpos flotantes*, que se publica en el año 1612. La obra fue escrita en florentino, en lugar del académico latín, “para que todos pudieran leerlo” comenta el propio Galileo (Bombal Gordon, 2015). En este trabajo Galileo presenta las definiciones de peso absoluto y de peso específico. Traspasa en su exposición los límites de la hidrostática y la teoría de Arquímedes sobre la flotabilidad, abordando temas de dinámica. Introduce la noción de momento, explicando su teoría de la flotabilidad con sus modelos mecánicos de la balanza y de la palanca. En el año 1613 publica un folleto titulado *Historia y demostraciones sobre las manchas*

solares y sus accidentes, donde da sus explicaciones en torno al fenómeno de las manchas solares refutando las ideas de calificados profesores jesuitas, atrayendo la atención –y oposición– de nuevos personajes del ambiente académico (Biaghioli, 2008).

En el año 1630 la peste llega a Florencia. Galileo junto a su familia se traslada al campo. Esta situación está reflejada en el acto 5, destacando el empeño de Galileo por continuar su trabajo de investigación y escritura a pesar del peligro. De inspiración platónica en su forma narrativa, recurriendo a la dialéctica discursiva, publica en 1632 *Dialogo sobre los dos máximos sistemas del mundo: ptolemaico y copernicano*, donde investiga los principios fundamentales del Universo basándose en la observación de fenómenos naturales. Uno de los principios cruciales que estructura el *Dialogo* es el de la relatividad del movimiento (Righini, 2010). El impacto de esta obra fue rotundo. Evangelista Torricelli escribió a Galileo para decirle que se había convertido al *copernicanismo* gracias al *Dialogo* (Bombal Gordon, 2015). El acto 10 contiene un extenso poema, por medio del cual Brecht da cuenta del alcance masivo y popular del trabajo *galileano*.

Las exposiciones con carácter explicativo, que a largo de la obra realiza Galileo a sus discípulos, como así también las discusiones que sostiene con sus detractores, exponen otro punto crucial de los aportes de Galileo a la física actual: su método de investigación. En el año 1623 entabla una polémica con un sacerdote jesuita en torno a la naturaleza de los cometas. Al respecto publica *El Ensayador*, un libro que puede considerarse como la declaración fundacional de la metodología de investigación en la física moderna, donde Galileo argumenta que el lenguaje de la naturaleza está escrito en caracteres matemáticos. Desde el s. XIII, en particular gracias a Santo Tomas de Aquino, Aristóteles se erige en el ámbito académico como “el filósofo”. Las ideas aristotélicas en torno al cosmos y a la naturaleza física del mundo se recopilan en sus obras: *Sobre el cielo y Física*. La impronta procedimental del pensamiento aristotélico se basa en metodologías lógico–deductivas. Los filósofos medievales fusionaron el aristotelismo con la Biblia. Galileo se opone a la deducción de leyes físicas a partir de principios metafísicos. Los principios o leyes que rigen los fenómenos naturales deben ser descubiertos a partir de las observaciones, para luego construir modelos matemáticos que permitan calcular, deducir y predecir resultados, los cuales siempre deben poder ser contrastados con la experiencia. En la obra de Brecht se referencian aspectos históricos de este cambio revolucionario en la metodología científica. Por ejemplo, se mencionan las prohibiciones de la Iglesia de disecar cadáveres a los anatomistas; así como también, aparecen referencias explícitas a Descartes y su temor a publicar sus tratados de óptica. Cabe recordar que en 1637 Descartes publica el *Discurso del método*, obra fundacional de la filosofía racionalista.

En los actos 11, 12 y 13 se recrea el célebre juicio que debió enfrentar Galileo en Roma, ante el tribunal del Santo Oficio de la Inquisición. La sentencia implicó su retractación, el 22 de junio de 1633. Con una detallada reconstrucción de los sucesos históricos, Brecht narra el juicio como un caso paradigmático de la revolución científica. Se detallan los aspectos más relevantes del contexto histórico de la época, la avanzada protestante sobre Europa central y sus consecuentes guerras religiosas. Se observa como la naciente burguesía del norte de Italia apoya convenientemente el desarrollo de la ciencia y de la técnica. Se vuelven a plantear las problemáticas epistemológicas en torno al saber establecido por la escolástica, en contraposición con los nuevos métodos experimentales. Se muestra un Galileo viejo y enfermo, que se asusta ante los instrumentos de tortura que le enseñan los inquisidores y se retracta:

Yo, Galileo Galilei, profesor de Matemática y de Física en Florencia, abjuro de lo que enseñado: que el Sol es el centro del mundo y está inmóvil en su lugar, y que la Tierra no es el centro y no está inmóvil. Abjuro, maldigo y abomino, con corazón sincero y fe no fingida, de todos esos errores y herejías, así como de cualquier otro error y cualquier otra opinión contraria a la Santa Iglesia. (Brecht, 2008)

En los actos 14 y 15 se recrean los últimos años de Galileo hasta su muerte (1642), mientras cumplía su condena de arresto domiciliario en Arcetri, una villa rural cercana a Florencia. La cotidianidad doméstica del anciano, rodeado de familiares y amigos, vigilado por agentes de la inquisición, se entrelaza con su infatigable labor científica. Continúa escribiendo. En la obra de este periodo se destaca su tratado sobre la Cinemática: *Discursos y demostraciones matemáticas en torno a dos nuevas ciencias relativas a la Mecánica y a los Movimientos locales*. Brecht presenta una escena donde reaparece el hijo del ama de llaves, Andrea. El joven se había indignado ante la retractación de su maestro, acusándolo de cobarde. Sin embargo, cuando Galileo le muestra los manuscritos de los *Discursos*, que celosamente escondía de la custodia que la Inquisición había puesto en su casa, Andrea exclama:

Usted esconde la verdad. Del enemigo. También en el campo de Ética nos lleva siglos de adelanto (...) Lo mismo que el hombre de la calle, nosotros nos dijimos: Morirá pero no se retractará. Usted volvió y dijo: me he retractado pero viviré. Tiene las manos sucias, dijimos nosotros. Usted dijo: más vale manos sucias que vacías. (...) Nueva Ciencia, nueva Ética. (Brecht, 2008)

A diferencia de Giordano Bruno, Galileo no fue un mártir. Les dijo a los inquisidores lo que querían escuchar. A la naturaleza no le importan los dogmas. La Tierra siguió girando, se siguió moviendo.

IV. CONCLUSIONES

La ciencia es una producción cultural y como tal está mediada por el lenguaje. Tanto los científicos como los docentes somos conscientes que la lectura es un recurso fundamental en la enseñanza de las ciencias, constituyendo una herramienta procedimental cuya utilidad se prolonga a lo largo de toda la vida. Por lo tanto, como profesores debemos preocuparnos por la formación lingüística de nuestros alumnos. Esto no implica transformar las clases de física en clases de lengua; pero, cada vez que exponemos un tema, cuando los alumnos redactan un informe, preguntan, resuelven un examen o participan de un debate, están –estamos– atravesados por el lenguaje, construcción humana que siempre amerita una reflexión.

Los libros de texto habituales suelen reproducir un lenguaje ajeno a la cotidianidad de los estudiantes. Sin pretender dejar de utilizar el lenguaje científico en las clases de física, sostengo que complementar la bibliografía específica con otro tipo de textos, como por ejemplo una obra de teatro, puede facilitar la comprensión de ciertos tópicos teóricos, que suelen reducirse a complejas formulaciones matemáticas.

El *corpus* de contenidos de la física actual es el resultado de siglos de investigaciones, destinadas a la resolución de problemas. Enseñar física con un carácter dogmático es falsear su esencia. El juicio a Galileo llevado adelante por el Santo Oficio es un ejemplo paradigmático, de un derrotero histórico que refleja como a través de los siglos, las investigaciones científicas estuvieron atravesadas por tensiones y disputas ideológicas. En las escuelas de nuestro país asistimos frecuentemente a discusiones en torno a los planes de estudio, donde la iglesia católica, a través de los medios masivos de comunicación, se inmiscuye. Hoy el eje temático polémico –más que en la física– parece centrado en la Educación Sexual Integral, el matrimonio igualitario, el uso de anticonceptivos y el aborto; pero, el trasfondo ideológico es siempre el mismo: ciencia *versus* dogma.

Otro de los aspectos que refleja Bertolt Brecht en su obra es la cuestión del mecenazgo, la necesidad de recurrir a un príncipe para obtener dinero para financiar investigaciones. Hoy en día, todo investigador conoce el derrotero que se debe seguir para obtener financiamiento, las complicaciones que pueden aparecer cuando su proyecto no convence al ministro de turno. También está claro que, dejando de lado los financiamientos estatales, investigar en el ámbito privado; desarrollar un nuevo conocimiento, un nuevo producto, implica ir en consonancia con los réditos económicos de las empresas.

Una visión de la ciencia exclusivamente tecnocrática, donde el contenido científico es concebido como un tópico puro, útil solamente para la generación de conocimientos con fines mercantilistas, no necesita mostrar los aspectos humanos de la ciencia, su trasfondo ideológico, la puja de intereses tras las investigaciones y las disputas éticas implícitas en muchas de ellas. Por otro lado, a un humanismo fundamentalista, que desprecia la ciencia y la tecnología, culpándola de muchos de los males de la sociedad, no le interesa conocer los resultados de la labor científica. Enseñar los contenidos de física entrelazados con la historia de la ciencia contribuye a desarticular posturas extremas, fortaleciendo los vínculos sociales y democráticos.

REFERENCIAS

Adúriz Bravo, A. (2011). Epistemología para el profesorado de física: Operaciones transpositivas y creación de una “actividad metacientífica escolar”. *Revista de Enseñanza de la Física*, 24(1), 7–20.

Aristóteles (2015). *Física*. Madrid: RBA – Gredos.

Biagioli, M. (2008). *Galileo cortesano. La práctica de la ciencia en la cultura del absolutismo*. Madrid: Katz.

Bombal Gordon, F. (2014). Galileo Galilei: un hombre contra la oscuridad. *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. 107(1–2), 55–78.

Brecht, B. (2008). *Vida de Galileo*. Buenos Aires: Alianza.

Bruno, G. (1998). *Del infinito, el universo y los mundos*. Madrid: Alianza.

Zanarini, D.

Campanario, J. M. (1998). Ventajas e inconvenientes de la Historia de la Ciencia como recurso en la enseñanza de las ciencias. *Revista de Enseñanza de la Física*, 11(1), 5–14.

CPAL. (s.f.). Jesuitas. Conferencia de Provinciales en América Latina. <http://www.cpalsj.org/espiritualidad/nuestros-santos/san-roberto-belarmino/> Sitio consultado en mayo de 2017.

Provincia de Santa Fe. Ministerio de Educación. (2014). Diseño Curricular de Educación Secundaria Orientada. Disponible en: <https://www.santafe.gov.ar/index.php/educacion/content/download/218364/1135170/file/Anexo%20III%20Resol%202630-14.pdf> Sitio consultado en mayo de 2017.

Galilei, G. (2010). *Noticiero Sideral*. Madrid: Museo Nacional de Ciencia y Tecnología.

Galilei, G. (1623). *Il saggiatore*. Disponible en: <https://www.wdl.org/es/item/4184/view/1/13/> Sitio consultado en mayo de 2017.

Instituto Superior del Profesorado “Dr. Joaquín V. González”. (2014). Plan Curricular Institucional, Profesorado de Educación Superior en Física, Ciudad Autónoma de Buenos Aires. http://institutojvgonzalez.buenosaires.edu.ar/archivos/planes/pci_fisica5_resol_15_2016.pdf Sitio consultado en mayo de 2017.

Márquez, C. y Prat, A. (2005). Leer en clases de ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 23(3), 431–440.

Menéndez, V. (2016). Una visión para enseñar física: los aportes históricos. *Revista de Enseñanza de la Física*, 28(Extra), 7–14.

Righini, A. (2010). *Galileo. Entre ciencia, fe y política*. Buenos Aires: Sb.

Solver, J. y Traver, M. J. (1996). La utilización de la historia de la ciencia en la enseñanza de la Física y la Química. *Enseñanza de las ciencias*, 14(1), 103–112.

Viau, J., Siguety E. y Tintori, M. (2015). La dramatización y la narrativa en el aula universitaria como elemento motivador. *Revista de Enseñanza de la Física*, 27(Extra), 567–571.

White, M. (2010). *Galileo anticristo. Una biografía*. Barcelona: Almuzara.