

Galileo y el experimento de la torre inclinada: un análisis de la leyenda

Jéssica Georgina Cabuto García
Facultad de Filosofía y Letras, UNAM

Fecha de recepción: 01/08/2020

Fecha de aceptación: 16/04/2021

RESUMEN

En este artículo realizaré un análisis comparativo entre la narración original del “experimento mental de la torre inclinada”, escrita por Galileo Galilei en los *Discorsi*, y las narraciones clásicas que comúnmente se divulgan del mismo, en especial la de Vincenzo Viviani, cuya versión es considerada la narración auténtica del experimento por ser la que lo sitúa en Pisa. A partir de este análisis, mostraré que la versión de Viviani no solo agrega elementos a la narración de Galileo, sino que algunos historiadores modernos se han enfocado en extenderla aún más. Reflexionaré sobre las posibles razones para extender la versión original del experimento y argumentaré que la versión de Galileo aporta elementos valiosos insustituibles.

Palabras clave: Galileo Galilei, experimento mental, torre inclinada, experimento mítico, práctica histórica.

ABSTRACT

In this article a comparative analysis is made between the original narration of the *Leaning Tower* thought experiment, written by Galileo Galilei in the *Discorsi*, and the classic narratives commonly disclosed, especially that of Vincenzo Viviani, whose version is considered the authentic narrative of the experiment for being the one that places it in Pisa. From this analysis, it will be shown that Viviani’s version adds elements to Galileo’s narrative and that some modern historians have focused on further extending Viviani’s version. A reflection on the possible reasons for extending the original version of the experiment will be made, and it will be argued that Galileo’s version provides irreplaceable valuable elements.

Keywords: Galileo Galilei, thought experiment, leaning tower, mythical experiment, historical practice.

INTRODUCCIÓN

En las obras de Galileo Galilei (1564-1642) podemos observar una gran variedad de experimentos, en particular en *Diálogos sobre los dos máximos sistemas del mundo ptolemaico y copernicano*¹ y en *Discurso y demostración matemática en torno a dos nuevas ciencias*,² pero el más paradigmático de todos es, sin lugar a duda, el “experimento mental de la torre inclinada”. Este experimento es uno de los más famosos en la historia de la ciencia porque logró socavar la teoría aristotélica del movimiento y sentar las bases de la teoría del movimiento de Galileo.³ Sin embargo, la versión que comúnmente conocemos del experimento, esa que sitúa a Galileo en lo alto de la torre de Pisa,⁴ no es la que Galileo narra en *Discurso y demostración matemática en torno a dos nuevas ciencias*,⁵ sino la que su discípulo Vincenzo Viviani y otros historiadores se encargaron de divulgar. Por ello, en este texto me centraré en realizar un análisis comparativo entre la narración de Galileo y tres narraciones populares de este pasaje, la de Viviani y las de otros dos historiadores, J. J. Fahie y Émile Namer, con el objetivo de identificar algunos de los elementos que se han agregado a la narración de Galileo y de reflexionar sobre las posibles razones e intereses en la alteración y difusión de este tipo de narraciones en la ciencia. Los parámetros que me interesa considerar para el análisis son la posición geográfica del experimento, la extensión narrativa, los elementos literarios, la parte destructiva y constructiva del experimento y la intencionalidad.

Así, en la primera parte de este texto analizaré la narración de Viviani por ser considerada la versión auténtica, y posteriormente analizaré la narración de J. J. Fahie y Émile Namer por ser más modernas. Mis objetivos aquí son mostrar que estas dos últimas narraciones alteran y expanden el relato de Viviani y analizar cuál es la finalidad de estas alteraciones en estas y posiblemente en otras narraciones. En esta parte seguiré el análisis de Koyré sobre la diversidad de narraciones que existen sobre el experimento y a Álvarez y Marquina⁶ sobre el carácter mítico del mismo.

¹ Título original: *Dialogo di Galileo Galilei Linceo matematico sopraordinario dello Studio di Pisa. E Filosofo e Matematico primario del Serenissimo Gr. Duca di Toscana. Doue ne i congressi di quattro giornate si discorre sopra i due Massimi sistemi del mondo Tolemaico e Copernicano.*

² Título original: *Discorsi e dimostrazioni matematiche, intorno à due nuoue scienze. Attenenti alla Meccanica & i Movimenti Locali; del Signor Galileo Galilei Linceo, Filosofo e Matematico primario del Serenissimo Gran Duca di Toscana.*

³ Véanse Alexander Koyré, *Estudios de historia del pensamiento científico*. Traducción de Encarnación Pérez Sedeño y Eduardo Bustos. Madrid: Siglo XXI, 1977 [1961]; y James Robert Brown. *The Laboratory of the Mind: Thought Experiments in the Natural Sciences*. London: Routledge, 1991.

⁴ A esta versión se debe la denominación popular por la que se conoce el experimento mental de Galileo, a saber, “el experimento de la torre inclinada”.

⁵ De aquí en adelante, *Discorsi*.

⁶ José Luis Álvarez García y José Ernesto Marquina Fábrega. “Los experimentos de

En la segunda parte, presentaré la narración de Galileo y analizaré los elementos que Viviani agrega. Argumentaré que el elemento principal que Viviani agrega es lo que da origen al mito, y que la versión original del experimento, es decir, la referencia primaria, es la que narra Galileo. Así mismo, defenderé que la narración de Galileo aporta elementos valiosos de interés científico y mostraré que este experimento no necesita ser glorificado para entender su importancia en la historia de la ciencia. Con este objetivo, seguiré las ideas de Koyré, Brown y Thagard⁷ sobre el carácter especial de este experimento.

Finalmente, este análisis permitirá reflexionar sobre la práctica del historiador de la ciencia en torno a la reconstrucción y comunicación de este experimento y, al mismo tiempo, posibilitará difundir la narración original del experimento y mostrar algunos de los elementos valiosos que esta narración aporta.

TRES VERSIONES DEL “EXPERIMENTO DE LA TORRE INCLINADA”

El “experimento de la torre inclinada” es ampliamente conocido en el ámbito de la física y de la ciencia en general, ya que se considera que, a través de este, Galileo argumentó en contra de la teoría aristotélica del movimiento y sentó, al mismo tiempo, los fundamentos de la nueva dinámica.⁸ Sin embargo, la versión del experimento que comúnmente se conoce no es la expuesta por el propio Galileo, sino la narrada por su discípulo Vincenzo Viviani.⁹

La narración de Viviani es la que sitúa a Galileo en la torre inclinada de Pisa, ante todos los académicos y alumnos de la universidad, y es el punto de referencia de las diferentes narraciones que han sido divulgadas por otros historiadores. La narración de Viviani describe el siguiente escenario:

En esta época (1589-1590) se convenció de que la investigación de los efectos de la naturaleza exige necesariamente un verdadero conocimiento de la naturaleza del movimiento, conforme al axioma a la vez filosófico y vulgar *Ignoratu motu ignoratur natura*,¹⁰ fue entonces cuando, ante la gran indignación de todos los filósofos, demostró —con la ayuda de experimentos, pruebas y razonamientos

Galileo.” *Ciencias*, no. 26 (abril-junio de 1992): 15-26, <https://www.revistacienciasunam.com/es/174-revistas/revista-ciencias-26/1604-los-experimentos-de-galileo.html>.

⁷ Paul Thagard. “Thought Experiments Considered Harmful.” *Perspectives on Science* 22, no. 2, (2014): 288-305.

⁸ Koyré, *Estudios de historia*, 198-205.

⁹ Viviani fue discípulo de Galileo Galilei (1564-1642) y, tras la muerte de este, escribió la primera biografía de Galileo de la que se tiene registro.

¹⁰ La expresión *Ignoratu motu, ignoratur natura* significa “ignorar el movimiento es ignorar la naturaleza”, y se refiere a un viejo principio de la filosofía natural que establece que toda doctrina que aspire a ser considerada como válida debe explicar el fenómeno del movimiento.

exactos— la falsedad de numerosas conclusiones de Aristóteles sobre la naturaleza del movimiento; conclusiones que hasta entonces eran tenidas por claras e indudables. Así, entre otras, la de que las velocidades de móviles de la misma materia, pero de pesos diferentes y que se mueven a través del mismo medio, no siguen en modo alguno de la proporción de su gravedad, tal como dice Aristóteles, sino que se mueven todos con la misma velocidad. Lo que demostró por repetidos experimentos hechos desde lo alto del campanario de Pisa en presencia de todos los demás profesores y filósofos y de toda la Universidad. [Demostró también] que las velocidades de un mismo móvil que cae a través de diferentes medios no siguen tampoco la proporción inversa de la densidad de estos medios, infiriendo esto a partir de consecuencias manifiestamente absurdas y contrarias a la experiencia sensible.¹¹

De acuerdo con el historiador Alexander Koyré, esta narración es considerada la versión más fiel del experimento, ya que la única fuente auténtica que se tiene de los experimentos de Galileo en Pisa es el texto *Racconto storico della vita di Galilei*, de Vincenzo Viviani.¹² De ahí que esta sea la referencia principal que los historiadores toman en cuenta cuando abordan este episodio, no sin antes modificar y agregar diversos elementos para glorificar aún más la narración de Viviani. Por ejemplo, podemos encontrar que el historiador inglés John Joseph Fahie narra el experimento de la siguiente manera:

Debemos decir aquí algo referente a sus famosos experimentos sobre la caída de los cuerpos, ya que están estrechamente asociados a la torre inclinada de Pisa, uno de los más curiosos monumentos de Italia. Dos mil años antes aproximadamente, Aristóteles había afirmado que si dos pesos diferentes de la misma materia caían de la misma altura, el más pesado llegaría a la tierra antes que el más ligero, y esto en proporción a sus pesos. El experimento no es ciertamente difícil; nadie sin embargo, tuvo la idea de argumentar así, y en consecuencia, esta aserción fue acogida entre los axiomas de la ciencia del movimiento, en virtud del *ipse dixit*¹³ de Aristóteles. Galileo, sin embargo, sustituía ahora la autoridad de Aristóteles por la de sus propios sentidos y pretendía que, salvo una diferencia insignificante, debida a la desproporción de la resistencia del aire, caerían al mismo tiempo. Los aristotélicos ridiculizaron esta idea, y se negaron a escucharle. Pero Galileo no se dejó intimidar y decidió forzar a sus adversarios a ver el hecho como él mismo lo veía. Así, una mañana, delante de la universidad reunida —profesores y estudiantes— subió a la torre inclinada llevando consigo una bola de diez libras y otra de una. Las colocó en el reborde de la torre y las dejó caer juntas. Juntas cayeron y juntas chocaron contra el suelo.¹⁴

A diferencia de la narración de Viviani, la cual se centra en contextualizar de manera geográfica el experimento de Galileo, la narración de Fahie se enfoca más en destacar el mérito de Galileo. Al decir, por ejemplo, que “nadie

¹¹ Vincenzo Viviani. *Racconto storico della vita di Galilei*, vol. XIX. Florencia: Barbera, 606.

¹² Koyré, *Estudios de historia*, 200.

¹³ La locución *ipse dixit* se traduce literalmente como “él mismo [lo] dijo”, en referencia exclusiva a Aristóteles.

¹⁴ J. J. Fahie. *Galileo, his life and work*. Londres: John Murray, 1903, 24-25.

sin embargo, tuvo la idea de argumentar así”, Fahie está exaltando la genialidad de Galileo, y al decir que este “no se dejó intimidar y decidió forzar a sus adversarios a ver el hecho como él mismo lo veía”, está destacando su carácter. Queda claro que para Fahie este episodio de la historia de la ciencia debe transmitir algo más que la pura descripción denotativa del experimento. De lo contrario, ¿por qué alterar y expandir aún más la narración de Viviani? En la narración de Fahie, los elementos narrativos que encontramos no solo comunican información sobre el experimento, sino que estas alteraciones tienen el propósito de deleitar y conmover al lector, así como transmitir sentimientos de admiración y respeto hacia la figura de Galileo.

De esta manera, parece que destacar tanto la ubicación geográfica como las cualidades de Galileo persigue la misma intención. Así lo podemos observar también en la narración del historiador Émile Namer, quien se enfoca igualmente en exaltar la genialidad y determinación de Galileo, entre otras cualidades extraordinarias.

Cuando Galileo supo que todos los otros profesores expresaban dudas referentes a las conclusiones del insolente innovador, aceptó el reto. Solemnemente invitó a estos graves doctores y a todo el cuerpo de estudiantes, en otros términos, a la Universidad entera, a asistir a uno de sus experimentos. Pero no en su marco habitual. No, éste no era suficientemente grande para él. Fuera, bajo el cielo abierto, en la ancha plaza de la catedral. Y la cátedra indicada claramente para estos experimentos era el Campanile, la famosa torre inclinada.

Los profesores de Pisa, como los de otras ciudades, habían sostenido siempre, conforme a la enseñanza de Aristóteles, que la velocidad de caída de un objeto dado era proporcional a su peso.

Por ejemplo, una bola de hierro que pese cien libras y otra que sólo pese una, lanzadas en el mismo momento, desde una misma altura, deben evidentemente tocar tierra en momentos diferentes y con toda seguridad la que pesa cien libras tocará tierra primero, puesto que justamente es más pesada que la otra.

Galileo, al contrario, pretendía que el peso no tenía nada que ver y que las dos tocarían tierra en el mismo momento.

Escuchar semejantes aserciones hechas en el corazón de una ciudad tan vieja y tan sabia era intolerable; y se pensó que era necesario y urgente afrentar públicamente a este joven profesor que tenía una opinión tan elevada de sí mismo y darle una lección de modestia de la que se acordase hasta el final de su vida.

Doctores con largos trajes de terciopelo y magistrados que parecían ir a una especie de feria de pueblo, abandonaron sus diversas ocupaciones y se mezclaron con los representantes de la Facultad dispuestos a burlarse del espectáculo, fuera cual fuera el final.

Lo más extraño quizás de toda esta historia es que no se le ocurrió a nadie hacer el experimento por sí mismo antes de llegar a la plaza. Atreverse a poner en duda algo que Aristóteles había dicho, era nada menos que una herejía a los ojos de los estudiantes de esta época. Era un insulto a sus maestros y a ellos mismos, una desgracia que podría excluirlos de la élite. Es indispensable tener presente constantemente esta actitud para apreciar claramente el genio de Galileo, su libertad de pensamiento y su valor, y estimar en su justo mérito el sueño profundo del que la conciencia humana debía despertarse. ¡Qué esfuerzo, qué luchas eran necesarias para dar nacimiento a una ciencia exacta!

Galileo subió a las escaleras de la torre inclinada, con calma y tranquilidad a pesar de las risas y gritos de la multitud. Comprendía bien la importancia del momento. En lo alto de la torre, formuló una vez más el problema en toda su exactitud. Si los cuerpos al caer llegaban a tierra al mismo tiempo, había conseguido la victoria, pero si llegaban en momentos diferentes, serían sus adversarios quienes tendrían razón.

Todo el mundo aceptó los términos del debate. Gritaban: 'Haced la prueba'.

Había llegado el momento. Galileo lanzó las dos bolas de hierro. Todos los ojos miraban arriba.

Un silencio. Y se vio salir juntas las dos bolas, caer juntas y juntas tocar tierra junto a la torre.¹⁵

Como podemos observar, la narración de Namer es más extensa, tiene un estilo más heroico y los detalles que agrega hacen que la reconstrucción de este episodio sea aún más vívida y espectacular. Lo anterior hace que las diferencias con las dos narraciones anteriores sean notorias; sin embargo, lo son únicamente en grado, ya que la mayoría de los elementos agregados tienen el mismo aire de familia, todos se enfocan en afianzar la ubicación geográfica y en enaltecer, e incluso idealizar, la figura de Galileo como científico.

Así, en la narración de Namer podemos observar varios detalles que adornan de manera histriónica el episodio y una clara intención de destacar cualidades loables en Galileo. Por ejemplo, la característica de la genialidad vuelve a ser un elemento común en la narrativa: "Es indispensable tener presente constantemente esta [actitud dogmática aristotélica] para apreciar claramente el genio de Galileo, su libertad de pensamiento y su valor". De igual manera, se destaca nuevamente su carácter fuerte y determinado para enfrentar a los adversarios. También encontramos que Galileo es descrito como un "joven profesor que tenía una opinión tan elevada de sí mismo", lo cual pretende destacar la confianza de Galileo en sus convicciones y creencias científicas y, por ende, impulsar esa misma confianza en otros jóvenes científicos.

En este punto, resulta claro que los elementos agregados en estas narraciones juegan un papel fundamental, no solo en la reconstrucción, reproducción y comunicación exitosa de este episodio de la historia de la ciencia, sino en la divulgación de perfiles y modelos científicos ideales. Es decir, en este tipo de narraciones, para este y posiblemente otros episodios,¹⁶ lo que se busca

¹⁵ Émile Namer. *Galileo, Searcher of the Heavens*. Nueva York: Robert M. McBride & Company, 1931, 28-29.

¹⁶ En matemáticas podemos encontrar casos similares. Por ejemplo, Carlos Torres Alcaraz ("Acerca de la comprensión en matemáticas." *Miscelánea Matemática*, no. 62 (2016), 92-93), al hablar de la noción de prueba en matemáticas, utiliza una anécdota sobre Carl Friedrich Gauss —historia al parecer muy conocida en este campo— y reflexiona sobre el rol que cumple dicha leyenda. Para Torres Alcaraz, toda esta anécdota se trata de una invención con dos objetivos inmediatos: el primero, "resaltar la genialidad de Gauss, a quien se le suele llamar el príncipe de las matemáticas"; el segundo, "despertar nuestra admiración y asombro ante un ingenioso argumento, ante una forma extremadamente simple de resolver un problema".

no es únicamente describir de manera literal los hechos, el argumento o la información — para ello están quizás las fuentes directas o menos literarias —, sino incorporar elementos que resulten útiles para estimular o impulsar características y cualidades específicas en los lectores, especialmente en aquellos con formación o en formación científica.

En la diversidad de narraciones sobre el “experimento de la torre inclinada” podemos identificar así una similitud de intenciones. Como vimos, los historiadores de Galileo reconstruyen con su propio estilo este episodio y agregan diferentes elementos narrativos para transmitir algo más que el argumento del experimento en sí; en sus narraciones resulta claro que lo que se busca es igualmente destacar la genialidad de Galileo — quien suele ser considerado el padre del método científico — así como parte de su metodología para proceder en la ciencia.

Cabe mencionar que, si bien varios historiadores se han enfocado en transmitir este episodio a su manera, y atendiendo principalmente a las intenciones mencionadas, no todos los historiadores están de acuerdo con la naturaleza de estas narraciones, sobre todo porque se basan directamente en la narración de Viviani y no en la de Galileo. A raíz de esto, hay quienes consideran que la narración de Viviani y, por ende, las narraciones que se basan en ella, tienen una naturaleza ficticia.

Al respecto, Álvarez y Marquina consideran, por ejemplo, que este experimento es completamente *mítico*, esto es, el tipo de experimento que “nunca aparece en [los] escritos [de Galileo] pero que forma parte de la imagen popular que tenemos de [él]”.¹⁷ En este punto, resulta claro que este carácter mítico se refiere a las versiones que sitúan el experimento en Pisa, las mismas que han agregado diferentes elementos para hacer del suceso un momento memorable, pero no a la versión original del experimento que Galileo narra en los *Discorsi*.

De esta manera, podemos considerar que las versiones míticas del experimento son las que se han encargado de alterar y embellecer este episodio¹⁸ y, aunque todas estas narraciones son diferentes, Álvarez y Marquina destacan que en la mayoría de ellas se recurre a los mismos elementos: “*ataque público* al aristotelismo, *experimento público* en la torre inclinada de Pisa, *éxito del experimento* al caer los dos cuerpos simultáneamente y la consternación y persistencia de los adversarios tradicionalistas”.¹⁹ Así mismo consideran, al igual que Koyré, que todos los relatos sobre el experimento están basados, directa o indirectamente, en la narración de Viviani y que los autores que relatan este episodio lo hacen según su propia imaginación, inventando y agregando elementos adicionales a la versión de Viviani quien, desde su punto de vista, fue el único que habló del suceso, sesenta años después. Para estos autores resulta extraño que ni los partidarios ni los adversarios de Galileo retomaran este pasaje tan importante en la historia, sobre todo si ocurrió como Viviani y

¹⁷ Álvarez y Marquina, “Los experimentos de Galileo”, 15.

¹⁸ Koyré, *Estudios de historia*, 200.

¹⁹ Álvarez y Marquina, “Los experimentos de Galileo”, 23.

otros lo han contado; es raro —afirman— que el propio Galileo, “orgullosa y siempre dispuesto a la polémica”²⁰ no haya narrado este glorioso experimento llevado a cabo en la torre inclinada de Pisa.

Por su parte, para Koyré resulta igualmente difícil creer que Galileo considerara abiertamente a sus colegas aristotélicos como sus adversarios, ya que eso implicaría que consideraba al mismo Aristóteles de manera pública como su adversario. De la misma forma, señala que es muy claro que el texto de Viviani ha sido alterado y expandido por los sucesores y admiradores de Galileo y según la fantasía de cada autor; el texto de Viviani —afirma— es breve y sobrio.²¹ Para Koyré también resulta sospechoso que ni Galileo, ni sus amigos ni nadie de la época hayan escrito sobre este famoso experimento, y considera que este silencio muestra la inverosimilitud de que se haya llevado a cabo públicamente, como los historiadores de Galileo afirman.²² De esta manera, Koyré asegura que Galileo no realizó el experimento de la torre inclinada de Pisa, sino que solo se limitó a imaginarlo.

Galileo no necesitaba tampoco esperar la elaboración de los *Discorsi* para saber que la resistencia del aire, siendo, *grosso modo*, proporcional a la superficie (en el caso de una bola, al cuadrado de su radio) y el peso a la masa (por lo tanto a su cubo), sería para una bola de mosquete relativamente mayor que para una bala de cañón. Lo sabía ya en la época en que inició sus trabajos en Pisa. No es en modo alguno de extrañar: Benedetti lo había explicado efectivamente mucho antes que él.

Por eso, si podía —y debía— contar con que los cuerpos más y menos pesados caen con velocidades completamente distintas a las proporcionales a sus pesos, como hubiera debido ser según Aristóteles, si debía prever que el cuerpo menos pesado (la bala de mosquete) cae mucho más rápidamente de lo que habría debido hacerlo, había algo que *no podía admitir*; que este algo era su caída simultánea.

Y esta es la última razón por la que Galileo no hizo el experimento de Pisa [...].²³

Al parecer, divulgar que Galileo atacó públicamente al aristotelismo resulta igual de atractivo y deseable como destacar su genialidad y metodología. Quizás en esto reside el éxito de las narraciones que exaltan las condiciones del experimento y la figura de Galileo, en su deseabilidad, ya que como bien menciona Torres Alcaraz, incluso participar en la reproducción de la prueba o de la leyenda como lectores, profesores o historiadores, nos causa regocijo.²⁴ Las narraciones que dramatizan este episodio tienen, por tanto, varios propósitos; entre ellos, destacar la ubicación geográfica del experimento —lo cual dota de importancia al episodio—; deleitar y conmover al lector para despertar

²⁰ Álvarez y Marquina, “Los experimentos de Galileo”, 24.

²¹ Koyré, *Estudios de historia*, 199.

²² Koyré, *Estudios de historia*, 200-202.

²³ Koyré, *Estudios de historia*, 205.

²⁴ Torres Alcaraz, “Acerca de la comprensión en matemáticas”, 93.

sentimientos de admiración hacia la figura de Galileo; divulgar la genialidad científica de Galileo y parte de su metodología para proceder en la ciencia; así como establecer modelos deseables en la ciencia.

LA NARRACIÓN DE GALILEO

A diferencia de las narraciones de Viviani, Fahie y Namer, la narración que Galileo presenta en los *Discorsi* se enfoca únicamente en describir el argumento central del experimento,²⁵ aunque no por ello es menos extensa. Al contrario, la narración de Galileo es bastante larga, ya que el argumento del experimento mental se enmarca en un diálogo, donde primero se explican las consideraciones de Aristóteles respecto del vacío y después Galileo, en voz de Salviati, problematiza esas consideraciones, y es a partir de ahí que surge el argumento que da origen al experimento. Quizás fue por razones de economía que Viviani y otros historiadores optaron por resumir y difundir una versión más abreviada del episodio²⁶ pero, para los objetivos de esta sección, resulta fundamental presentar la narración original de Galileo, con el fin de poder realizar un análisis comparativo entre esta y la narración considerada auténtica de Viviani, así como de incentivar una práctica histórica que se enfoque igualmente en la divulgación de la narración original.

A continuación, se presenta la narración de Galileo, que me permito citar ampliamente por las razones antes descritas:

SALVIATI. El argumento es, como se ve, *ad hominem*, es decir, está dirigido contra aquellos que pensaron que el vacío es un requisito previo para el movimiento. Ahora bien, si admito que el argumento es concluyente y también admito que el movimiento no puede tener lugar en un vacío, la suposición de un vacío considerado absolutamente y no con referencia al movimiento, no se invalida. Pero para decirles lo que posiblemente los antiguos pudieron haber respondido y para comprender mejor cuán concluyente es la demostración de Aristóteles, podemos, en mi opinión, negar sus dos suposiciones. Y en cuanto al primero, dudo mucho que Aristóteles haya probado alguna vez mediante un experimento si es verdad que dos piedras, una que pesa diez veces más que la otra, si se las deja caer, en el mismo instante, desde una altura de, digamos, 100 codos, diferirían tanto en velocidad que cuando el más pesado hubiera alcanzado el suelo, el otro no habría caído más de 10 codos.

²⁵ La narración que Galileo presenta es la de un experimento mental, lo cual no se enfatiza en las narraciones de Viviani, Fahie o Namer; al contrario, en estas más bien se da a entender que se trató de un experimento físico.

²⁶ Aunque los diferentes elementos que decidieron agregar en sus paráfrasis —en particular, la ubicación geográfica que dio origen al mito— plausiblemente responden, como ya vimos, a otros intereses.



SIMPLICIO. Su lenguaje parece indicar que él había intentado el experimento, porque dice: *vemos más al más pesado*; ahora la palabra *ver* muestra que él había hecho el experimento.

SAGREDO. Pero yo, Simplicio, que he realizado la prueba, puedo asegurarle que una bola de cañón que pese 100 o 200 libras o más, no alcanzará el suelo tanto como un tramo por delante de una bola de mosquete que pesa solo media libra, siempre que ambos [sic] caigan desde una altura de 200 codos.

SALVIATI. Pero, incluso sin más experimentos, es posible demostrar claramente, por medio de un argumento breve y concluyente, que un cuerpo más pesado no se mueve más rápidamente que uno más liviano, siempre que ambos cuerpos sean del mismo material y, en resumen, como los mencionados por Aristóteles. Pero dígame, Simplicio, si admite que cada cuerpo que cae adquiere una velocidad definida fijada por la naturaleza, una velocidad que no se puede aumentar o disminuir excepto por el uso de la fuerza [*violencia*] o la resistencia.

SIMPLICIO. No cabe duda de que el mismo cuerpo que se mueve en un solo medio tiene una velocidad fija que está determinada por la naturaleza y que no puede aumentarse excepto mediante la adición de un impulso [*impeto*] o disminuirla, excepto por alguna resistencia que lo retarda.

SALVIATI. Si luego tomamos dos cuerpos cuyas velocidades naturales son diferentes, está claro que al unir los dos, el más rápido será retardado en parte por el más lento, y el más lento será acelerado un poco por el más rápido. ¿No estás de acuerdo conmigo en esta opinión?

SIMPLICIO. Indudablemente tienes razón.

SALVIATI. Pero si esto es cierto, y si una piedra grande se mueve con una velocidad de, por ejemplo, ocho mientras que una más pequeña se mueve con una velocidad de cuatro, entonces, cuando se unen, el sistema se moverá con una velocidad inferior a ocho; pero las dos piedras cuando están unidas hacen una piedra más grande que la que antes se movía con una velocidad de ocho. Por lo tanto, el cuerpo más pesado se mueve con menos velocidad que el más ligero; un efecto que es contrario a tu suposición. Por lo tanto, puedes ver cómo, a partir de tu suposición de que el cuerpo más pesado se mueve más rápidamente que el más ligero, deduzco que el cuerpo más pesado se mueve más lentamente.

SIMPLICIO. Estoy todo en el mar porque me parece que la piedra más pequeña, cuando se agrega a la más grande, aumenta su peso y al agregar peso no veo cómo puede dejar de aumentar su velocidad o, al menos, no disminuirla.

SALVIATI. Aquí nuevamente estás en error, Simplicio, porque no es cierto que la piedra más pequeña agregue peso a la más grande.

En este diálogo, Galileo, en voz de Salviati, continúa explicándole a Simplicio el error en su razonamiento. La conversación termina así:

SIMPLICIO. Tu discusión es realmente admirable; sin embargo, no me resulta fácil creer que un perdigón caiga tan rápidamente como una bala de cañón.

SALVIATI. ¿Por qué no decir un grano de arena tan rápido como una piedra de afilar? Pero, Simplicio, confío en que no sigas el ejemplo de muchos otros que desvían la discusión de su intención principal y se unen a una declaración mía que carece de la verdad de un pelo y, bajo este pelo, oculta la culpa de otro que es tan grande como el cable de un barco. Aristóteles dice

que “una bola de hierro de cien libras que cae desde una altura de cien codos llega al suelo antes de que una bola de una libra haya caído un solo codo”. Yo digo que llegan al mismo tiempo.²⁷

Como podemos observar, la narración de Galileo no ubica el experimento en la torre inclinada de Pisa, como lo hacen la versión de Viviani y las que circularon posteriormente. La narración de Galileo se limita a hablar del argumento de Aristóteles y del contraargumento que se presenta para problematizar esa visión. Cabe mencionar que, si bien Galileo ya había reflexionado sobre la caída de los cuerpos desde *Diálogos sobre los dos máximos sistemas del mundo ptolemaico y copernicano*, es en esta parte de los *Discorsi* que presenta la narración de este experimento mental.

Algunos podrán considerar que la narración de Viviani no dista mucho de la de Galileo; sin embargo, es la narración de Viviani la que da inicio al mito, ya que es la primera que agrega que Galileo “demostró por repetidos experimentos hechos desde lo alto del campanario de Pisa en presencia de todos los demás profesores y filósofos y de toda la Universidad”.²⁸ Por ello, la narración de Viviani es considerada la fuente auténtica del experimento, ya que incorpora el lugar geográfico por el que éste es conocido popularmente.²⁹ La importancia de lo anterior es fundamental, pues otorga notoriedad al episodio y evidentemente autoridad a Galileo; su fuerza simbólica es innegable. Sin embargo, por más deseable que esto sea, se trata como ya vimos de un elemento ficticio, que atiende a intereses específicos, que van desde una comunicación efectiva del conocimiento (versiones resumidas) hasta buscar establecer perfiles deseables para la ciencia.

En este sentido, resulta oportuno recordar que, independientemente de la utilidad de estos propósitos, la narración original del experimento es la que el propio Galileo presenta en los *Discorsi*, y que esta es la narración de un experimento mental, la cual contiene elementos igualmente valiosos para la ciencia; por ejemplo, a través del diálogo que Galileo construye se describe una forma extraordinaria de razonamiento, de análisis y de argumentación, que puede resultar útil en la formación de cualquier científico y en general en las formas de razonamiento de cualquier lector, por lo que, más allá de la conveniencia de la variedad de relatos y reconstrucciones deseables, remitirnos a la narración original de Galileo aportará elementos provechosos e insustituibles por cualquier otra narración.

El experimento de Galileo es, sin duda, un caso glorioso y especial en la historia de la ciencia, ya que este impactó claramente el desarrollo de la ciencia

²⁷ Galileo Galilei. *Dialogues Concerning Two New Sciences*. Traducción de Henry Crew y Alfonso de Salvio. New York: MacMillan, 1914 [1638], 61-64.

²⁸ Viviani, *Racconto storico*, 606.

²⁹ El ensayo de Galileo es conocido popularmente como “el experimento de la torre inclinada”, “el experimento de la torre de Pisa”, “el experimento de las balas de cañón” o “el experimento de los cuerpos que caen” (*Galileo's falling bodies*), entre otros nombres.

moderna, y esto se puede observar con mayor claridad en la narración original. Al respecto, Koyré considera que su importancia no radica —únicamente— en que Galileo fuera el primero en rechazar las enseñanzas y concepciones de la Antigüedad, sino en que fuera el primero en socavar realmente la autoridad de Aristóteles: “Aunque Galileo [...] no fue en modo alguno el primero en dudar de la autoridad de Aristóteles, fue indiscutiblemente el primero cuya duda produjo un efecto profundo y durable en los ánimos. La razón no es difícil de encontrar. Galileo vino en un buen momento, pero, ante todo, vino armado con un arma nueva: el experimento”.³⁰

Este experimento tiene un carácter especial, incluso sin la gloria pública que Viviani y el resto de los historiadores se han encargado de relatar y divulgar, precisamente porque socava la teoría aristotélica del movimiento y sienta las bases de una nueva teoría del movimiento. Para James R. Brown,³¹ lo anterior se explica desde la taxonomía que presenta:³² el experimento de la torre inclinada es extraordinario porque es del tipo platónico. Esto significa que es *destrutivo* y *constructivo*; es decir, el tipo de experimento que no solo derrumba una teoría al identificar inconsistencias graves, sino que al mismo tiempo construye una nueva teoría sobre las ruinas de la anterior.

En el experimento de la torre inclinada podemos observar que Galileo argumenta en contra de la teoría aristotélica del movimiento al mostrar una falla derivada de una contradicción lógica de dicha teoría y, al mismo tiempo, argumenta a favor de su propia teoría del movimiento. Como ya vimos en el pasaje de los *Discorsi*, Galileo nos pide que imaginemos el siguiente escenario: “dos cuerpos cuyas velocidades naturales son diferentes, está claro que al unir los dos, el más rápido será retardado en parte por el más lento, y el más lento será acelerado un poco por el más rápido”.³³ Este escenario comúnmente se ilustra con la tradicional pregunta de *¿qué pasaría si se libera una bala de cañón pesada unida a una bala de mosquete ligera?*

Desde la teoría aristotélica se establece que los cuerpos pesados caen más rápido que los cuerpos ligeros, por lo que, en el escenario anterior, el cuerpo ligero (la bala de mosquete ligera) hará más lento al cuerpo pesado (la bala de cañón pesada), actuando como una especie de lastre y, en consecuencia, que la velocidad del sistema combinado sería más lenta que la del cuerpo pesado que cae solo. Por otro lado, argumenta Galileo, el sistema combinado

³⁰ Koyré, *Estudios de historia*, 197-198.

³¹ Brown, *The Laboratory of the Mind*, 76.

³² Brown clasifica los experimentos mentales en tres categorías: constructivos, destructivos y platónicos. Los experimentos mentales constructivos se dividen a su vez en tres tipos: conjeturales, mediativos y directos. En cuanto a los platónicos, considera que son los más especiales, ya que son simultáneamente destructivos y constructivos, en ese orden. Para Brown, el papel que este tipo de experimentos tienen en la ciencia es de gran valor, ya que destruyen teorías o hipótesis, pero al mismo tiempo sientan las bases de una nueva teoría.

³³ Galilei, *Dialogues Concerning Two New Sciences*, 63.

es más pesado que el cuerpo pesado, por lo que debería caer más rápido. De esta manera, Galileo muestra que desde la teoría aristotélica del movimiento se llega a una contradicción: el cuerpo pesado cae más rápido y menos rápido que el sistema combinado. Como es bien sabido, Galileo resuelve la contradicción anterior al afirmar que todos los cuerpos caen a la misma velocidad (si se omite la resistencia del aire o, en otras palabras, en el vacío).³⁴

Resulta interesante señalar que por lo general esta parte del argumento —la “parte destructiva”, utilizando los términos de Brown— no se presenta en las diferentes narraciones del experimento de la torre inclinada, sino que se opta por enfatizar únicamente el resultado final, la “parte constructiva”,³⁵ a saber: “los móviles de la misma materia, pero de pesos diferentes y que se mueven a través del mismo medio, se mueven todos con la misma velocidad” (Viviani); “subió a la torre inclinada llevando consigo una bola de diez libras y otra de una, las colocó en el reborde de la torre y las dejó caer juntas, juntas cayeron y juntas chocaron contra el suelo” (Fahie); “y se vio salir juntas las dos bolas, caer juntas y juntas tocar tierra junto a la torre” (Namer); entre otros.

La parte destructiva del experimento o del argumento, es decir, donde Galileo muestra la contradicción de la teoría de Aristóteles, por lo general se omite en estas narraciones y más bien la encontramos en el análisis y las explicaciones que los autores hacen del experimento, pero no como parte del experimento narrado en sí. Estas dos partes solo las encontramos, como ya vimos, en el pasaje original de los *Discorsi*. En cualquier caso, considero importante identificar ambas partes del experimento, tanto en las narraciones y análisis que los historiadores hacen como en el pasaje original de los *Discorsi*,

³⁴ En voz de Salviati, Galileo explica que “si una piedra grande se mueve con una velocidad de, por ejemplo, ocho, mientras que una más pequeña se mueve con una velocidad de cuatro, entonces, cuando se unen, el sistema se moverá con una velocidad inferior a ocho; pero las dos piedras cuando están unidas hacen una piedra más grande que la que antes se movía con una velocidad de ocho. Por lo tanto, el cuerpo más pesado se mueve con menos velocidad que el más ligero”; algo que es contrario a la suposición de Simplicio, y por ende de Aristóteles. De esta manera, Galileo deduce a partir de la suposición de que el cuerpo más pesado se mueve más rápidamente que el más ligero, que el cuerpo más pesado se mueve más lentamente.

³⁵ Algunos podrían considerar que la razón de que no se mencione la parte destructiva en la narración popular del experimento de la torre inclinada es porque en realidad se trata de dos experimentos diferentes: el de la torre inclinada y el de las balas de cañón. Sin embargo, se trata del mismo experimento mental, solo que los historiadores de Galileo han elegido concentrarse, en sus narraciones, en la parte célebre del experimento (parte constructiva), mientras que la parte destructiva la reservan para el análisis y la explicación posteriores. En cambio, en el pasaje de los *Discorsi* podemos encontrar ambas partes, aunque no situadas en la ubicación geográfica tan popular de Pisa, sino a manera de diálogo entre Salviati y Simplicio. En cualquier caso, el pasaje de las balas de cañón es el antecedente y el referente original del experimento de la torre inclinada, si suponemos que este último es realmente diferente, en el sentido estricto del término; a saber, un experimento no escrito por Galileo, sino reconstruido por sus historiadores.

ya que el resultado célebre que se realza en las narraciones populares no se puede entender adecuadamente si omitimos el proceso de razonamiento lógico —y destructivo, diría Brown— que Galileo llevó a cabo.

El experimento de Galileo es sin duda un experimento extraordinario. Incluso aquellos que se han dedicado a reflexionar sobre los riesgos de los experimentos mentales en la ciencia en general, como P. Thagard,³⁶ reconocen que la buena reputación de los experimentos mentales en la ciencia se debe a casos exitosos como este experimento. En este sentido, la narración de Galileo bastaría por sí sola. No obstante, para Viviani y otros historiadores, resulta imperioso extenderla y difundir una versión más heroica. Algunos de los motivos analizados pueden estar relacionados, como ya vimos, con aspectos de economía; otros, con aspectos pedagógicos que buscan hacer más comprensible el argumento de Galileo. En cualquier caso, estas razones pragmáticas tienen que hacerse claras en la práctica y no perder de vista que la narración original es la de Galileo.

De esta manera, considero que la versión de Viviani, aunque no dramatiza ni expande tanto la narración de Galileo, es la fuente auténtica del experimento mítico. Es decir, es la referencia auténtica de la leyenda, ya que es la primera que sitúa al experimento y a Galileo en la torre de Pisa. Esta y otras narraciones románticas pueden ser consideradas versiones de propaganda y divulgación científica, cuyo objetivo principal es cautivar y atraer adeptos que participen exitosamente en la reconstrucción y transmisión de este episodio. Por ello, resulta importante tener presente que la “autenticidad” de la narración de Viviani es fabricada y responde a intenciones específicas, y que la única versión verdaderamente auténtica que podemos tener de este experimento es esa que narra el propio Galileo, sin tantos adornos, pero extremadamente valiosa en contenido.

44

CONCLUSIONES

De acuerdo con el análisis comparativo realizado entre la narración original del experimento mental de la torre inclinada, escrita por Galileo Galilei en los *Discorsi*, y las narraciones populares que comúnmente se divulgan de este experimento, podemos concluir que la narración de Vincenzo Viviani es la versión auténtica del experimento, por ser la primera que lo sitúa en Pisa. Es decir, Viviani agrega el elemento geográfico por el que se conoce popularmente este experimento, a saber, la torre inclinada de Pisa, y este elemento es lo que inicia la leyenda. De ahí que la narración de Viviani tenga un carácter mítico y, por ende, todas las narraciones que se basan en ella. La única narración auténtica y original de la que disponemos es la que Galileo refiere en los *Discorsi*.

³⁶ Thagard, “Thought Experiments Considered Harmful”, 288-305.

De esta manera, podemos decir que la “autenticidad” de la narración de Viviani es una autenticidad fabricada que responde a intereses específicos, al igual que las narraciones de Fahie y Namer, quienes se han enfocado en extender la narración de Viviani para glorificar aún más este episodio en la historia de la ciencia. Estas y otras narraciones románticas pueden ser consideradas versiones de propaganda científica, cuyo objetivo principal es cautivar y atraer adeptos que participen exitosamente en la reconstrucción y transmisión de este episodio de la historia de la ciencia.

Ahora bien, los diferentes elementos agregados en las narraciones de Viviani, Fahie y Namer tienen un aire de familia, pues todos están relacionados con los siguientes intereses: destacar la ubicación geográfica, la cual dota claramente de importancia al episodio y le atribuye autoridad a Galileo; deleitar, conmover y cautivar al lector para lograr una comunicación efectiva y despertar en él sentimientos de asombro, admiración y respeto por la figura de Galileo y, por extensión, hacia la ciencia; destacar la genialidad y metodología de Galileo; y establecer perfiles ideales y modelos deseables que inspiren a los científicos en formación o como guía en la práctica de los científicos ya consumados. Otros intereses identificados en estas narraciones pueden relacionarse también con aspectos de economía en la divulgación y con aspectos pedagógicos, para hacer más comprensible el argumento de Galileo.

Por otro lado, es importante reconocer que las narraciones de Viviani, Fahie y Namer resultan útiles para la ciencia, por las razones —didácticas, pedagógicas, divulgadoras, inspiradoras, culturales, entre otras— previamente mencionadas. Sin embargo, la narración de Galileo también aporta elementos valiosos que son insustituibles por cualquier otra narración. Por ejemplo, en la narración de Galileo podemos observar una forma de razonamiento extraordinario, una gran claridad en el análisis de posturas científicas, y una argumentación lógica y una metodología que pueden resultar útiles en diversos ámbitos de la práctica científica.

Finalmente, considero que la práctica del historiador de la ciencia en torno a la reconstrucción y comunicación de este experimento —si bien atiene a intereses fundamentales para la ciencia— también se puede enriquecer si toma en consideración los elementos que la narración original aporta. Los mitos y leyendas científicos son recursos útiles en la práctica científica, pero lo es igualmente la realidad que los inspira.

BIBLIOGRAFÍA

Álvarez García, José Luis y José Ernesto Marquina Fábrega. “Los experimentos de Galileo.” *Ciencias*, no. 26 (abril-junio de 1992): 15-26, <https://www.revista-cienciasunam.com/es/174-revistas/revista-ciencias-26/1604-los-experimentos-de-galileo.html>

Brown, James Robert. *The Laboratory of the Mind: Thought Experiments in the Natural Sciences*. London: Routledge, 1991.

Fahie, J. J. *Galileo, his life and work*. Londres: John Murray, 1903.

Galilei, Galileo. *Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo ptolemaico y copernicano*. Edición y traducción de Antonio Beltrán Marí. Madrid: Alianza, 2011 [1632].

Galilei, Galileo, *Dialogues Concerning Two New Sciences*. Traducción de Henry Crew y Alfonso de Salvio. New York: MacMillan, 1914 [1638].

Koyré, Alexander. *Estudios de historia del pensamiento científico*. Traducción de Encarnación Pérez Sedeño y Eduardo Bustos. Madrid: Siglo XXI, 1977 [1961].

Namer, Émile. *Galileo, Searcher of the Heavens*. Nueva York: Robert M. McBride & Company, 1931.

Thagard, Paul. "Thought Experiments Considered Harmful." *Perspectives on Science* 22, no. 2 (2014): 288-305.

46

Torres Alcaraz, Carlos. "Acerca de la comprensión en matemáticas." *Miscelánea Matemática*, no. 62 (2016): 81-103.

Viviani, Vincenzo. *Racconto storico della vita di Galilei*. Florencia; Barbera, 1966.