



## Una deriva de tiempos en la obra de Galileo

Leonora Díaz Moreno  
Instituto de Matemáticas, Universidad de Valparaíso  
Chile  
[leonoradiazmoreno@gmail.com](mailto:leonoradiazmoreno@gmail.com)

Jaime Arrieta Vera  
Universidad Autónoma de Guerrero  
México  
[jaime.arrieta@gmail.com](mailto:jaime.arrieta@gmail.com)

### Resumen

La emergencia de lo cuadrático en Galileo se explica desde una trama compleja de prácticas-con-vivencia que concurren en su vida. Distinguimos un entramado de ellas a las que constituimos en soporte para entender, desde la complejidad, las metáforas de tiempo a las que recurre Galileo, en tanto construye un modelo cuadrático del tiempo con respecto de la distancia recorrida de un objeto en caída libre. Las metáforas en la obra de Galileo son variadas y enactan como herramientas junto a procedimientos y argumentos requeridos por las intenciones de su actividad. Con el tiempo-pulso obtiene datos experimentales de una esfera rodando por un plano inclinado. Ajusta estos datos a un modelo cuadrático a partir del tiempo-número. Aludiendo al tiempo-peso divulga sus resultados. Con el tiempo-intervalo demuestra sus teoremas según procedimientos geométricos euclídeos.

*Palabras clave:* epistemología de las matemáticas, metáforas de tiempo.

### Antecedentes del estudio

Las distancias entre saberes de la vida diaria, los escolares y los eruditos, arraigan sus raíces en matrices de sentido de epistemes propias a cada uno de esos ámbitos. A modo ilustrativo: el aula naturaliza el desarrollo de las gráficas haciéndolas esquivas a los entendimientos estudiantiles. En particular los estudiantes en sus figuras gráficas no visibilizan al tiempo. Se requiere elaborar puentes de diálogo entre las naturalezas de los saberes en juego (Díaz, 2006, 2008):

Desde nuestra experiencia subjetiva temporal no obtenemos alguna imagen directa que nos den los sentidos respecto del tiempo. Tal experiencia de temporalidad la recuperamos en un proceso imaginativo. Contamos con distintas referencias del tiempo, presentes en la vida diaria y más o menos permeadas por metáforas de tiempo construidas desde distintas prácticas socialmente

compartidas (op. cit., 2008, p. 881).

Díaz, Gutiérrez, Ávila y Carrasco (2007) abordan la deconstrucción de la noción de tiempo entre los estudiantes. Díaz reporta como el tiempo estudiantil (op. cit., 2008, p. 886):

... resulta constituido por una red –ni numérica ni lineal- compleja de intencionalidades y coordinaciones que se estructuran a partir de las necesidades de coordinación con lo otro, con los otros y de las proyecciones intencionales hacia un futuro y un pasado, constituyéndose(lo) (para) cada persona a la manera de un collage heterogéneo e irreversible. Permeado por *los tiempos* de su *tiempo*: histórico, de la vida, dinerario, de la simultaneidad.

Se hace más plausible que los estudiantes figuren el tiempo en una gráfica de la caída libre de un móvil, si los diseños de enseñanza dialogan tanto con los tiempos estudiantiles como con las ideas de tiempo comprometidas en el establecimiento de la ley de caída de los graves por Galileo, identificando la diversidad de sentidos de tiempo que concurren al evocarlo por los estudiantes así como por quien estableciera la covariación entre un tiempo “físico” y los desplazamientos de un móvil en caída libre. Ello motiva el estudio que se reporta de los tiempos a que recurre Galileo cuando experimenta con la caída de los graves.

### **Una visión compleja de la práctica de Galileo**

Las prácticas de Galileo que lo llevaron a construir un modelo cuadrático del tiempo con respecto de la distancia recorrida de un objeto en caída libre, se develan en la concurrencia de prácticas-con-vivencia que provienen de diferentes afluentes: la práctica musical, las habilidades manufactureras en la elaboración de laudes, la numerización de la que es experto, la figuración del movimiento, su práctica discursiva y la comunicación de los resultados científicos en un marco euclideo, trama de prácticas que concurren en un lugar y en un tiempo, en el lugar de la con-vivencia.

El estudio de la complejidad de las prácticas que concurren en un tiempo y en un espacio, en una comunidad, indexadas diría Varela, o las que llamamos Prácticas-Con-Vivencia (P-C-V) requieren de medios que, desplazándose en el tiempo, expliquen por qué se hace, cómo se hace, con que herramientas se hace y cómo se justifica lo que se hace.

Existencia-haciendo-algo indica el hecho de que el hombre, la mujer se despliegan siendo en la trama de prácticas de los seres humanos que concurren en tiempos y lugares. A esta trama concurren propósitos, explícitos o no, que explican por qué hacen lo que hacen los seres humanos. Propósitos entrelazados y retroactantes con los procedimientos y herramientas, que explican cómo lo hacen y con qué elementos lo hacen. Que a su vez se imbrican en una red de argumentos que levantan los actores en su con-vivencia.

La emergencia de lo cuadrático en Galileo se explica desde una trama compleja de prácticas-con-vivencia que concurren en su vida.

Analizamos el caudal de prácticas de Galileo, deconstruyéndolo, examinando las prácticas que lo alimentan y que concurren a configurarlo. Desde la pregunta por la emergencia de lo cuadrático en su experiencia científica, deconstruimos develando redes de intenciones, procedimientos, herramientas y argumentos.

Aunque no es posible analizar e interpretar a la totalidad de prácticas-con-vivencia, pues estaría en contradicción con la perspectiva compleja que adoptamos, distinguimos un entramado de ellas a las que constituimos en soporte para entender, desde la complejidad, la emergencia de lo cuadrático en Galileo.

### La práctica musical y las habilidades manufactureras de Galileo

Sobre la vida de Galileo hay numerosos estudios. Entre ellos los de Drake (1973, 1978) quien explora la influencia que Vincenzo Galilei (1520-1591) su padre, pudo haber tenido sobre su hijo.

Vincenzo Galilei tuvo una cultura bastante amplia, dominaba el laúd, fue un teórico de la música, formó parte de la Academia o Camerata de' Bardi, y era conocedor de las lenguas clásicas y la matemática. Galileo disfrutaba acompañando a su padre con el laúd o el órgano (Drake, 1973). Mantuvo una polémica con Zarlino acerca de los intervalos permisibles para la música que basaba su modelo en la teoría pitagórica. Para Vincenzo todo ello era numerología y sumisión de la práctica musical a una teoría preestablecida; señalaba que de hecho los músicos utilizaban otros intervalos, pues la *consonancia es asunto de oído bien entrenado y no de prejuicios teóricos*. En suma Vincenzo contraponía la práctica musical a los prejuicios de la teoría de Zarlino. También fue un famoso luter de su época, elaboró laudes muy apreciados por los músicos de su época y diseñó una serie de experimentos con cuerdas. Para sostener sus supuestos teóricos musicales experimenta con tensiones y frecuencias en los laudes que construye, coloca los trastos a diferentes distancias, hasta encontrar una forma que le satisfaga su oído musical. Pule maderas y las deja suaves, lizas y tersas, coloca los trastos en el mástil. Galileo ayudaba a su padre. La manufactura de laudes de Galileo fue una práctica *vivenciada con su padre*.

Según Drake (1978), Galileo asistió a estos experimentos e incorporó luego las ideas de su padre: “Me parece —escribió el padre de Galileo— que quienes confían sin más en la autoridad como prueba de una cosa cualquiera y no tratan de aducir una razón válida, proceden de forma ridícula” (Drake, 1978, citado por Alvarez, 2000, p. 23).

Para los artesanos del renacimiento fabricar un plano *liso y pulido* y una bola esférica no era una tarea imposible. Galileo con-vivió en su niñez y juventud tanto prácticas de la manufactura de laudes como las musicales y las discursivas, donde las evidencias de los hechos conforman los argumentos principales.

### La clepsidra y el tiempo-peso

Si bien hay evidencias de que el plano inclinado es sugerido por Guidobaldo del Monte a Galileo, alrededor del año 1600, para estudiar la trayectoria parabólica de los proyectiles, el plano inclinado de Galileo para experimentar la caída libre de los cuerpos, es diferente.

La práctica de Galileo, vivenciada con su padre, en la manufactura de laudes, le permite construir sus instrumentos experimentales adecuados. Galileo requiere restringir la fricción y el deslizamiento existente de todo cuerpo que rueda a través de un canal inclinado. Necesita un canal *liso y pulido* de unos cuantos metros y una pelota como una esfera sin imperfecciones, que en esta época era muy difícil construir. Sin embargo sus habilidades en la talla de maderas y en la experimentación con diferentes materiales permiten construirlos. Otro elemento que contribuye a aminorar la fricción y el deslizamiento de la esfera es que el plano no esté muy inclinado. Sus prácticas que devienen de la geometría euclídea le permiten colocar el plano con un ángulo pequeño de inclinación. Pero no basta con un plano con rozamiento casi cero, hay otro factor tan complicado o más que el primero: la cuantificación del tiempo.

Entre 1603 y 1604 Galileo se plantea ¿Cómo caen los graves? Ya tiene a la mano un plano inclinado que utilizo para otros fines y ahora se propone utilizarlo para cuantificar el tiempo y

relacionarlo con cantidades de desplazamientos.

Galileo necesitaba instrumentos y medios materiales que le permitieran obtener los datos empíricos necesarios para relacionar las distancias recorridas de una esfera rodando en el plano inclinado con los tiempos ocupados para ello, en particular, un medio que le permitiera medir intervalos de tiempo muy cortos en sus experimentos sobre la caída libre. ¿Cómo halló Galileo la forma para medir tiempos cortos? Hay diferentes versiones de Galileo para responder esta pregunta. En los Discorsi Galileo escribe:

En lo que respecta a la medida del tiempo, se empleaba un gran cubo lleno de agua, suspendido en alto, del cual, por un delgado canalito soldado en su fondo, caía un fino hilo de agua que se recogía en un pequeño vaso, durante todo el tiempo en que la bola descendía por el canal y por sus partes. Luego, las partículas de agua recogidas de este modo, se iban pesando cada vez con una balanza exactísima, dándonos las diferencias y proporciones de sus pesos, las diferencias y proporciones de los tiempos; y esto con tal precisión que, como ya he dicho, repetidas una y otra vez estas operaciones, nunca diferían de modo apreciable (Discorsi, Opere, VIII, pp. 212-214).

En esta cita de los Discorsi Galileo argumenta con una construcción del tiempo que está relacionada con el peso de una cantidad de agua, tiempo-peso. A la manera, conocida en su época, de los relojes de agua o clepsidras, utilizados desde la antigua Babilonia (1400 AC). Las clepsidras no proporcionan la hora de la manera actual, marcaban cantidades de tiempo en el que tarda en vaciarse una determinada cantidad de agua de un recipiente a otro. Se usaba, por ejemplo, para marcar el tiempo para hablar de los políticos en la antigua Grecia.

Es importante observar como Galileo intenta relacionar “las diferencias y proporciones de sus pesos (del agua que desciende por el canal, con) las diferencias y proporciones de los tiempos”. Sin embargo, una “balanza exactísima” como la que propone en una carta de Galileo a Balioni “si nos servimos de una balanza tan exacta que es capaz de pesar un sesentavo de grano (Galileo a Baliani, 1 de agosto de 1639, Opere, XVIII, pp. 76-77).

En palabras de Romo (2005, p. 20) “Su afirmación final es cuando menos chocante: su balanza tiene una precisión de 0.1 miligramos. No es extraño que, en su respuesta, Baliani ignore totalmente el método propuesto por Galileo para la medida del tiempo y, en su lugar, prefiera utilizar un péndulo de periodo conocido”.

### La música y el tiempo-pulso

En otro pasaje del Discorsi Galileo menciona

En un tablón, o si se quiere, en una viga de madera de unas 12 brazas de largo y media braza de ancho por un lado y 3 dedos por el otro, se había tallado, en esta anchura menor, un canalito poco más ancho de un dedo; habiéndolo trazado muy recto, y, después de **pegarle en su interior un pergamino bruñido y lustrado** todo lo posible para tenerlo muy pulido y liso, se hacía descender por él una bola de bronce durísimo, muy redonda y pulida; ... el tiempo que empleaba para recorrerlo todo, repitiendo el mismo acto muchas veces, para **asegurarnos bien de la cantidad de tiempo, en el cual jamás se encontraba una diferenciación siquiera de la décima parte de una pulsación**... se encontraba siempre que los espacios recorridos están entre sí como los cuadrados de los tiempos, y esto en todas las inclinaciones del plano, esto es, del canal por el que se hacía descender la bola (Discorsi, Opere, VIII, pp. 212-214)

La argumentación desde esta cita de Galileo se configura a partir de un tiempo diferente del tiempo-peso, el tiempo medido por pulsaciones el tiempo-pulso.

Naylor (1974), a partir de su reconstrucción de los experimentos de Galileo, concluye que

el experimento de los Discorsi no puede ser tan preciso como pretende Galileo: “este experimento no permite confirmar la ley con la precisión que Galileo afirma haber conseguido” (Naylor 1974, p. 133).

En la reconstrucción del experimento del plano inclinado, Naylor, siguiendo escrupulosamente la descripción de Galileo, revistió con pergamino el canal por el que desciende la esfera y en contra de lo que podría pensarse al leer el texto de Galileo, el efecto del pergamino retarda el movimiento de la esfera. Ello es porque la longitud del canal obliga a utilizar más de una pieza de pergamino, con lo que las inevitables juntas entre ellas perturban el movimiento. Naylor afirma que si Galileo podía medir tiempos con la precisión que pretende —la diferencia entre predicciones y resultados no excedía “la décima parte de una pulsación” (o sea 0.08 segundos, si se toma el valor estándar de 75 pulsaciones por minuto) este hecho no podía escapársele. Entonces ¿por qué introduce el detalle del pergamino en la descripción? (Naylor 1974, p. 133).

¿Para qué introduce el papiro corrugado y después lustrado que recubre a su plano inclinado? ¿Para que emitiera sonido al pasar la pelota? Si es así, la clave está en la música.

Galileo colocó “trastes” en el plano inclinado que emitieran sonidos al paso de la bola con este mecanismo comprobó que la bola, al rodar hacia abajo, recorría más distancia en un pulso que en el anterior. Los objetos aceleraban al caer, es decir se movían cada vez más de prisa conforme a la distancia recorrida y el tiempo. Es entonces que Galileo construye un canal con marcas para producir ruido. Nuestra hipótesis es que el plano de Galileo no era otra cosa que un mástil con trastes de un laúd, que colocados convenientemente, producían un traqueteo uniforme.

La precisión para considerar estos pulsos es la que le otorga su oído musical que ha logrado desarrollar en la práctica que ha con-vivenciado con su padre entre otros. Un director de orquesta o alguien con buen oído musical es capaz de percibir diferencias de tiempo del orden de décimas de segundo o aun menores. Durante la interpretación de una sinfonía, por ejemplo, el director y los ejecutantes se pueden percatar cuando alguno de los integrantes de la orquesta “entra tarde” en su correspondiente ejecución. Esto no es porque ellos lleven el tiempo minuciosamente con algún cronómetro exacto; un músico lleva un ritmo interno que incluso le permite percatarse cuando un péndulo musical está fallando.

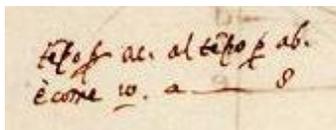
### **La figuración del tiempo, el tiempo-segmento**

Galileo emplea diferentes formas de cuantificar el tiempo de acuerdo a sus intenciones. Utiliza el tiempo-peso para explicar y argumentar en los Discorsi la relación con respecto de la distancia recorrida de la esfera al rodar. El tiempo-pulso para obtener datos que fundamenten su modelo del tiempo respecto con la distancia recorrida. Pero además muestra explícitamente una forma de figurar el tiempo, el tiempo-segmento, que utiliza en el discurso como herramienta para la creación y la presentación de sus resultados en los Discorsi.

Notemos que Galileo no cuenta con la figura cartesiana de nuestros días para hacer visible a la mirada el transcurrir del tiempo. Galileo organiza elementos con que cuenta, entidades hasta ese momento formalmente separadas. Estudios cognitivos y sociológicos vienen reportando cómo la construcción de conocimientos recurre a las metáforas (Díaz, 2005). Galileo recurre a lo que hoy se llama el artificio de las metáforas visuales por familiaridad (Moreno Lara, 2005, citado por Ortiz, 2011). Se trata de una imagen en la que un observador percibe o intuye una semejanza entre dos entes, pudiendo uno de ellos estar presente de modo parcial o no ser

ostensible en ella (Aguilar, 2012). De este modo Galileo “captura” al tiempo en un segmento euclídeo, dotándolo de una figuración geométrica (Carrasco, Díaz y Buendía, 2014).

Galileo pega el tiempo que transcurre cuando un móvil se desplaza entre los puntos a y b con un segmento que nomina ab. En este espacio epistémico de figuración inaugura la yuxtaposición de entidades familiares como transcurros de tiempo y longitudes de segmentos. Trae a la mano, entre otros procedimientos, herramientas y argumentos, los provenientes de la proporcionalidad euclídea. Iguala razones de cantidades de tiempos transcurridos con razones de longitudes de intervalos.



*tempo per ac al tempo per ab è come 10 a 8*

Figura 1. Frase del Folio 35v

Uno de sus muchos ejemplos de trabajo en este espacio epistémico aparece en el Folio 35V (Galilei, 1999). El teorema V, Proposición V expuesto allí incluye al tiempo segmento-entre sus herramientas: *Ratio temporum lationum super planis (deletion) quorum diversae sint inclinationes, et longitudines, nec non elevationes inaequales, componitur ex ratione longitudinum ipsorum et ex subdupla ratione elevationum eorumdem permutatim accepta* (los tiempos de descenso a lo largo de planos de diferente longitud, inclinación y altura mantienen una relación que es igual producto de la relación de sus longitudes por la raíz cuadrada de la relación inversa de las alturas). En otras palabras el teorema afirma que el tiempo de descenso a lo largo de AC es al tiempo de descenso a lo largo de AE como el largo de AF es al de AE según Galileo ilustra en este folio. A lo largo de su obra volverá a recurrir a la media proporcional de dos segmentos, constituyéndose en un recurso característico a sus desarrollos.

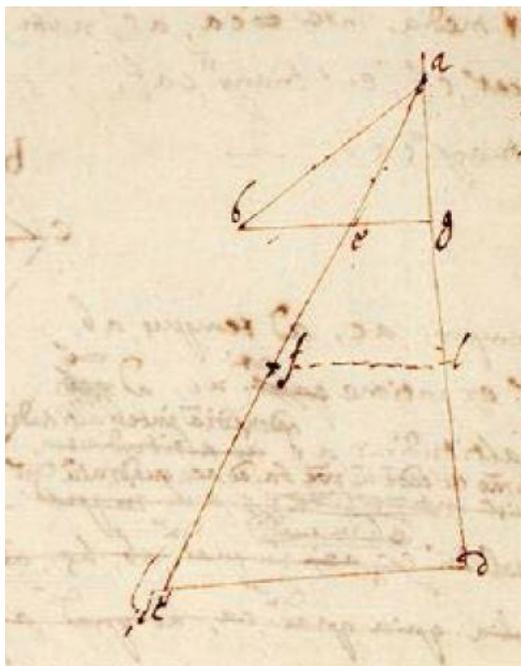


Figura 2. Ilustración 9 Folio 35v

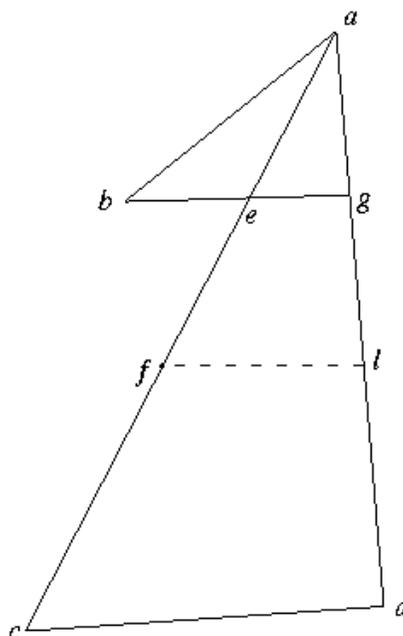


Figura 3. Esquema 1 Folio 35v

Galileo argumenta en el problema XV, Proposición XXXVII: *Si itaque ponatur, tempus per AB esse ut AB, erit AC tempus per AC* (entonces, si ponemos el tiempo por AB es a AB como el tiempo por AC es a AC) usando explícitamente la relación proporcional entre transcurros de tiempo y longitudes de segmentos. También en el Teorema II proposición II de los Discorsi, Galileo hace mención de su tiempo-segmento: *Intelligatur, fluxu temporis ex aliquo primo instanti A repraesentari per extensionem AB, in qua sumantur duo quaelibet tempora AD, AE* (todo el flujo de tiempo en el primer instante A es representado por la línea recta AB, en la cual se toman dos tiempos cualquiera AD y AE).

Los argumentos que expone en los Discorsi están relacionados a razones y proporciones de longitudes de intervalos. De esta forma el tiempo-intervalo le fue útil en el horizonte de sus procesos de cuantificación.

### La numerización del tiempo, el tiempo-número

Los procedimientos de Galileo tomaron base inicialmente en razones y proporciones, no en unidades estándar de medición, en particular, del tiempo. Esta forma de concebir un tiempo-segmento lo conduce a otros procedimientos, herramientas y argumentos. Para dilucidar como lo hacía acudimos al Folio 107 V. En una parte del folio se observan tres columnas de números, en la segunda una sucesión de números enteros, en la primera sus cuadrados y, en la tercera, números que son cercanos a una relación lineal con respecto de los de la primera columna (figura 4).

Estas numerizaciones, a nuestro juicio, corresponden a pulsos de tiempo (la columna 2), el cuadrado de estos pulsos (columna 1) y las distancias recorridas durante los pulsos. El ajuste de datos a un modelo lineal de los datos de la primera columna con respecto a los de la tercera con herramientas de nuestro tiempo es  $d = 33.16t^2 - 2.40711$ . Que si atendemos a las marcas en la cuarta columna (+, -) podríamos pensar que Galileo está ajustando de alguna manera al modelo  $d = 33t^2$  como Álvarez y Posadas (2003) lo muestran.

Tiempo al cuadrado	Tiempo	Distancia recorrida		Tiempo al cuadrado por 33	Diferencia
1	1	32		33	0
4	2	130	-	132	-2
9	3	298	+	297	1
16	4	526	+	528	-2
25	5	824		825	-1
36	6	1192	-	1188	4
49	7	1620		1617	3
64	8	2104		2112	11



Figura 4. Parte del folio 101v y nuestra interpretación de este

Galileo midió el tiempo mediante pulsos musicales, intervalos de tiempos iguales. El tiempo está cuantificado, constantificado, transcurre de pulso a pulso, como los números naturales del 1 al 8. Galileo numeriza al tiempo-pulso con los números naturales. Numeriza las distancias recorridas e identifica relaciones entre los números para poder dilucidar sus relaciones físicas. La numerización como práctica-con-vivencia de Galileo tiene como entes a la mano relaciones de números articuladas con cualidades físicas que devienen en un tiempo-pulso. Es así

que la numerización es una extensión de la experimentación, las cantidades numéricas expresan cualidades físicas (tiempos, distancias, velocidades) las relaciones numéricas son relaciones entre entidades físicas. En la numerización de Galileo existe un continuo vaivén entre procedimientos físicos, geométrico-euclídeos y numéricos.

La asombrosa capacidad para operar con números proviene de su práctica con-vivencia con su tío comerciante y, entre otras, por su práctica-con-vivencia con su profesor, Ostilio Ricci, discípulo de Tartaglia.

### Conclusiones

Las metáforas de tiempo en la obra de Galileo son variadas y emergen en situaciones de acuerdo a sus intenciones. Galileo usa el tiempo-peso para favorecer la divulgación de sus hallazgos pues los clepsidras son los instrumentos convencionales de su época para cuantificar el tiempo, aun cuando estos no sean los adecuados para su experimentación. El tiempo-segmento emerge cuando tiene la intención de demostrar sus proposiciones de acuerdo a la matriz euclídea, canon científico de su época. El tiempo-pulso que usa en sus experimentaciones le resulta una herramienta útil para obtener datos experimentales de una esfera rodando por un plano inclinado. Este tiempo-pulso dará paso al tiempo número con el que ajusta esos datos experimentales a un modelo cuadrático.

Poner en la escena de aulas de matemáticas y de ciencias experimentales el versátil recurso a distintos tiempos de Galileo favorecerá el desplazamiento desde nociones ingenuas de la construcción de la ciencia y de las matemáticas a unas más complejas y no complicadas o alejadas de las posibilidades estudiantiles de crear conocimiento “a la manera de Galileo”. En particular, por analogía entre las metáforas de tiempo que éste pone en escena, quedan a su alcance incorporar a su acervo, una red de sentidos de “lo temporal” propio de la física experimental de los comienzos. Más adelante podrán “capturar lo temporal” de la física de la relatividad o de la física cuántica, en la construcción de nuevas leyes de covariación con el tiempo como una de sus variables. Y recurriendo al artilugio de las metáforas a la manera como configuramos ideas en la vida diaria, en nuestra cognición y también como sociedad, situados en diversas prácticas-con-vivencia.

### Referencias y bibliografía

- Álvarez Manilla, J. M., Valdés Krieg, E. & Curiel de Valdés, A. B. (2006). Inteligencia emocional y desempeño escolar. *Revista Panamericana de Pedagogía*, 9, 9-33.
- American Psychological Association. (2009). *Publication manual of the American Psychological Association*. (6th ed.) Washington, DC: American Psychological Association. Viadero, D. (2007, 19 de diciembre).
- Álvarez, J. (2010). La música y el nacimiento del método. *Revista Ciencias 100*. UNAM, 20-26.
- Álvarez, J. y Posadas, V. (2003). La obra de Galileo y la conformación del experimento en la física *Revista Mexicana de Física*, 49 (1) 61-73.
- Carrasco, E., Díaz, L. y Buendía, G. (2014). Figuración de lo que varía. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), 365-384.
- Dear, P. (1985). Totius in verba. Rhetoric and Authority in the Early Royal Society. *Isis* 76, 145-161.

- Díaz, L., Gutiérrez, E., Ávila, J. y Carrasco, E. (2007) Las representaciones sobre la variación y su impacto en los aprendizajes de conceptos matemáticos. Informe Final Fondecyt 1030413. En actas ENIN 2007. CPEIP-MINEDUC, Barrechea, Chile.
- Díaz, L. (2008) Matrices de sentido para las nociones de velocidad y tiempo. En *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa*. Pp. 878-887. Vol. 21. Ciudad de México.
- Díaz, L. (2005) Profundizando en los entendimientos estudiantiles de variación. En *Revista Latinoamericana de Matemática Educativa*. Vol. 8 n° 2Pp. 145 – 168.
- Drake, S. (1978) *Galileo at Works*. The University of Chicago Press. Chicago.
- Drake, S. (1973). *Galileo's Discovery of the Law of Free Fall*. Scientific American 228(5): 84-92.
- Solís, C. y Sellés, M. (2005). *Historia de la ciencia*. Madrid: Espasa Calpe.
- Galilei, G. (1890-1909). *Le Opere di Galileo Galilei*, 20 vols., Edizione Nazionale a cura di A. Favaro. Florencia: Barbera.
- Galilei, G. (1999) Notes on motion. Electronic representation of the manuscript. Disponible en [http://www.mpiwg-berlin.mpg.de/Galileo\\_Prototype/MAIN/CONTENTS.HTM](http://www.mpiwg-berlin.mpg.de/Galileo_Prototype/MAIN/CONTENTS.HTM).
- Rose, P. L. (1975). The Italian renaissance of mathematics. Studies on humanists and mathematicians from Petrarch to Galileo. Genève: LibrairieDroz, 1975.
- Romo, J. (2005). ¿Hacia Galileo experimentos? *Theoria* 52: 5-23.
- Naylor, R. H. (1974). Galileo and the Problem of Free Fall. *The British Journal for the History of Science* 7, 105-134.