

## MATRICES DE SENTIDO PARA LAS NOCIONES DE VELOCIDAD Y TIEMPO

Leonora Díaz Moreno

Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación

leonoradm@gmail.com

Campo de investigación: Pensamiento variacional

Chile

Nivel: Medio

**Resumen.** *Las distancias entre saberes de la vida diaria, los escolares y los eruditos, afinan sus raíces en matrices de sentido de epistemes propias. Tal ocurre para las nociones de velocidad y tiempo de la matemática del cambio. Una didáctica crítica es desafiada a deconstruirlos, desentrañando su presencia en el sentido común del estudiantado y en los saberes escolares de los que debe apropiarse éste, de modo de proporcionar antecedentes para diseñar y validar puentes de diálogo entre estos cuerpos de saberes. Para colaborar en esta línea, se presentan matrices de sentido para las nociones de velocidad y de tiempo obtenidas en investigaciones de la Matemática del Cambio.*

**Palabras clave:** pensamiento variacional, velocidad, tiempo

### Introducción

Estudiantes de niveles secundario y terciario, presentan dificultades para trabajar con gráficas: representan una caída vertical en el tiempo como un segmento vertical -y, en general- identifican la gráfica de la trayectoria de un móvil con la gráfica de la distancia recorrida en el tiempo ¿Por qué en sus representaciones gráficas no visibilizan al tiempo? Por su parte la voz cotidiana informa “El más veloz llegó en 15 minutos” ¿Cómo se explica que este aserto sea comprendido como una rapidez si no aparece la cantidad de la magnitud desplazamiento? En una línea de investigación socioepistemológica en Pensamiento y Lenguaje Variacional (Díaz et al, 2006; Díaz et al, 2007) se reporta aquí un estudio epistemológico de velocidad y tiempo -nociones eruditas, escolares y cotidianas- para visualizar potenciales eslabones para sus aprendizajes.

### Velocidad y velocidades

Para la acepción cotidiana de velocidad la Rae - Real Academia Española - consigna la frase *ligereza o prontitud en el movimiento*. En tanto que para la palabra rapidez - a la que se

878

recurre indistintamente en el habla cotidiana – Rae consigna la frase *velocidad impetuosa o movimiento acelerado*. Ambas acepciones cualifican al movimiento: impetuoso, acelerado, ligero, pronto. Estas últimas palabras adjetivas se relacionan a su vez con la noción de tiempo, poca cantidad de tiempo, ese tiempo que ocupa lo liviano en desplazarse. Se trata de una red o bucle de nociones, cuyos núcleos centrales son tiempo, desplazamiento, velocidad, movimiento. Laboriosas invenciones teórico-prácticas ocurrirán para llegar a los contenidos del discurso escolar actual sobre el estudio del movimiento físico -cambio de posición que experimentan las partes de un cuerpo como un todo o las posiciones de sus partes respecto a un sistema de referencia- en orden a determinar la posición de un objeto en cualquier momento.

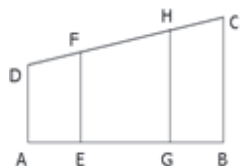


Figura 1

Carrasco, 2006

Aristóteles analiza el movimiento en las categorías de acto y potencia. En su concepción el movimiento es potencia en actualización y por ello es un acto incompleto e imperfecto. Para el estagirita, la causa de los movimientos naturales radicaba en un principio intrínseco mientras que los movimientos violentos exigían una causa externa cuya eficiencia sólo duraba mientras estaba en

contacto con el móvil. Los pensadores del Merton College se desplazan desde estas categorías y adoptan un acercamiento formal y especulativo analítico, considerando al movimiento esencialmente como una proporción. Trataron a las variaciones de velocidad - es decir, al movimiento local - como variaciones en la intensidad de una cualidad, enunciando una noción de velocidad instantánea con consideraciones de funcionalidad. Asimismo levantaron distinciones entre dinámica y cinemática. Distinguieron entre las causas del movimiento y los efectos espaciales temporales de movimiento. Definieron un movimiento uniformemente acelerado como aquel en que los incrementos iguales de velocidad se adquieren en períodos iguales de tiempo. Y, enunciaron y demostraron el teorema de la velocidad media. Los aportes de Oxford se continúan con los de Paris, entre los que destaca el de Buridan, quien concibe la noción de ímpetus que fungirá como

eslabón entre la concepción aristotélica de causas intrínsecas y extrínsecas, y, las nociones de momentum e inercia de la dinámica newtoniana. La entiende como una fuerza capaz de mover el cuerpo en la dirección en que fue lanzado por el agente. Será mayor cuanto más rápidamente mueva el motor al móvil y cuanta más materia contenga el móvil, de modo que si dos cuerpos se lanzan con la misma velocidad, el más denso y pesado recibirá una fuerza mayor y su movimiento, que tenderá a disminuir debido a la tendencia natural del cuerpo y a la resistencia que encuentra, durará más. Aplicando estas ideas a la caída libre de los cuerpos, Buridan afirmó que, al principio, el cuerpo sólo se mueve por efecto de la gravedad, pero que ésta le comunica un ímpetus que se añade a la gravedad y crece progresivamente al hacerse el movimiento más rápido, lo cual explica el carácter acelerado de la caída. Por su parte Oresme aporta una representación gráfica al devenir de las cualidades. Representa a la cualidad como una longitud. Su devenir queda representado por un segmento (el segmento AB en la figura 1) y su intensidad en cada punto por otro segmento, perpendicular al anterior (por ejemplo, la intensidad en el punto E es el segmento EF de la figura 1) Esta figuración del devenir de las cualidades habría sido el paso decisivo para referir el movimiento a un marco temporal. Su aplicación al estudio del movimiento uniformemente acelerado, resultó en la formulación geométrica del teorema de la velocidad media. Oresme observa que nuestro conocimiento se apoya en los sentidos y es ayudado mediante el recurso a la imaginación. Casi trescientos años más tarde Galileo se levanta sobre la obra de sus predecesores mediatos de Oxford y París, así como de la obra inmediata de su padre. Vincenzo Galilei experimenta y numeriza para argumentar sus concepciones. Se desplaza de lo lineal a lo exponencial desde su taller de luthier renacentista. Combina la práctica y la teoría musical. Levanta experimentos desde los que obtuvo números para argumentar en las discusiones teórico-musicales de su época. Supera los planteos sólo especulativos y lineales de su maestro Zarlino: la consonancia no se define por relaciones de números simples sino de sus cuadrados. Asimismo provee a su hijo de las herramientas teórico prácticas que le

permitirán recurrir a un cronómetro musical para medir el tiempo de sus experimentos, con una precisión inalcanzable con los relojes de su época, ya sean relojes clepsidras o relojes mecánicos. Galileo establece entre otros resultados, el principio cinemático de la relación entre el espacio y el tiempo, alcanzando “la esencia” del movimiento de caída de los graves. Allí relaciona números simples y cuadrados de números: *“Si un móvil cae, partiendo del reposo, con un movimiento uniformemente acelerado, los espacios por el recorridos en cualquier tiempo que sea, están entre sí como el cuadrado de la proporción de los tiempos”* (Álvarez y Posadas, 2003, p. 65, citando a Galilei, *Consideraciones y demostraciones.*, Jornada tercera, Teorema II, Proposición II, p. 294; en Díaz y otros, 2007). Opera fluidamente con relaciones de números simples y de sus cuadrados así como con cambios y cambios de cambios. Destaca al cambio lineal que relaciona números simples, los que dan cuenta del incremento más sencillo cuando comenta a su amigo Sarpi: *“Luego, puesto que veo que la piedra que desciende de lo alto a partir del reposo adquiere constantemente nuevos incrementos de velocidad, por qué no he de creer que esas adiciones se verifican de la manera más sencilla y obvia de todas?. Tú dirás: entonces la velocidad es la misma (uniforme). De ninguna manera. Es en efecto constante que la velocidad no sea la misma y que el movimiento no sea uniforme. Se debe, pues, buscar y plantear la identidad. no en la velocidad sino en el incremento de velocidad, es decir, en la aceleración. Que si lo examinamos atentamente no encontraremos ningún incremento más sencillo que en el que se sobreañade siempre de la misma manera.”* (Romero, p.3; en Díaz y otros, 2007) Galileo sustituye el espacio físico por el espacio euclidiano y a los cuerpos reales por los objetos geométricos. Sus consecuencias son, entre otras, el movimiento en el vacío y el movimiento como un estado. El movimiento que según Aristóteles debía de ser tratado como un proceso (potencia-llegar a ser) a partir de Galileo se concebirá como un estado de los cuerpos.

## Tiempo y tiempos

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. En términos del diccionario RAE, tiempo es, en una primera acepción, la duración de las cosas sujetas a mudanza. A mudanza, a su vez, le asocia la acepción de acción y efecto de mudar o mudarse. Y respecto de mudar, dar o tomar otro ser o naturaleza, otro estado, forma, lugar. De este modo, tiempo y desplazamiento aparecen compartiendo significados en este diccionario. Por duración entiende tiempo que dura algo o que transcurre entre el comienzo y el fin de un proceso, con lo cual nos devuelve a la voz primera de tiempo. Entonces culturalmente hablando, tiempo es una suerte de noción primitiva - algo análogo a la noción de punto en geometría euclídeana - no derivada de otras que permitan definirlo y ligada simbióticamente desde un inicio a cambio, a movimiento. En una segunda acepción de RAE, tiempo refiere a una magnitud física que permite ordenar la secuencia de los sucesos, distinguiendo entre éstos, sucesos anteriores, simultáneos y posteriores.

Tiempos de la física. Newton concibió un tiempo absoluto, verdadero, matemáticamente regular y que fluye con independencia de cualquier factor externo; y, otro tiempo (al que llamó duración) relativo y aparente, que identificaba con el tiempo medible por el cambio y movimiento de las cosas. Precisa Leibniz el tiempo de la física clásica como ese *tiempo* dado simultáneamente con el suceso de interés, por un reloj estacionario ubicado en el lugar de tal suceso. Reloj que, a su vez, se sincroniza a un reloj específico y estacionario. Dos tiempos se agregarán: el *tiempo-espacio* de la relatividad, tiempo físico relativo al estado de movimiento del observador, mismo que ahora se mezcla de modo inextricable con el espacio, proporcionando al espacio-tiempo como marco para el estudio del universo. Y el *tiempo de cambio sustantivo* en sistemas subatómicos. Es el *tiempo de la*

relación de incertidumbre  $\Delta E \cdot \Delta t \sim h$  ( $h$  constante de Planck), siendo  $\Delta t$  el tiempo necesario para que la distribución estadística de resultados probables de un sistema subatómico con una dispersión de energía  $\Delta E$ , haya cambiado sustancialmente. Esto es,  $\Delta t$  no mide el ritmo de evolución del sistema, sino que su cambio en otro sistema (Saavedra, 1997).

Tiempo de la vida, tiempo sagrado. Afirma Heidegger que *el ser es tiempo*. Este tiempo de la vida humana no es una entidad, sino que es el modo de ser de las cosas que son, por lo que, los tiempos, resultan diferentes según las distintas cosas que están siendo.

*“Cuando escucho la palabra tiempo viene a mi mente la muerte, los pensamientos y malos momentos (...) pero por otra parte está la vida, la creación de todo lo que vive y solo vive, el aprendizaje, el amor y bellos momentos, todo es el tiempo, vida y muerte”* (E10, Cuestionario; en Carrasco, 2006).

En el tiempo de la vida humana estamos lanzados hacia el futuro desde la conciencia de nuestra finitud. Volvemos valorando nuestro presente, concientes de que debemos “hacer nuestro ser”, decidiendo a cada instante entre opciones de ese hacernos ser, actualizando ese futuro por el que optamos, desde el horizonte de nuestra finitud. Confucio distingue un *kronos-tiempo profano* como un tiempo calendario que determina los plazos en que se llevan a cabo las acciones humanas, de un *kayros-tiempo sagrado* en que se desarrollan los ciclos del drama humano, según la voluntad del Cielo, Gran Uno Inmutable. Para Soublette (2004) la transformación de la cultura en civilización comporta un creciente proceso de rigidización. Refiere a Lao Tse quien, en el Tao Teh King, señala a la rigidez como característica de la muerte y a la flexibilidad cualidad propia de la vida. El autor afirma que en la complejidad abrumadora de la gran urbe todo se cristaliza y se inmoviliza, dando la impresión de que todo cambia. El cambio sólo ocurre en un proceso puramente mecánico de la existencia, inmovilizado el ritmo de la vida en la psique humana. No habría un cambio cualitativo de la persona. En su lugar habría un olvido del ser, del tiempo sagrado.

Tiempo *histórico*. Los historiadores procuran identificar explicaciones generales que identifiquen y definan una época, el tiempo que vivieron los individuos, el de su organización social y económica. Permanencia y cambio de unas determinadas estructuras en un espacio les llevan a determinar categorías temporales. Los diferentes enfoques de las estructuras, que definen las distintas épocas, responden a su vez, a otros tantos modelos de periodización histórica. Sus reflexiones ilustran que, lo que más lentamente cambia, son las estructuras mentales y las formas de interpretar y comprender el mundo, mismas que incluyen desde la religión a la filosofía, pasando por los mitos, la literatura y el arte, entre otros.

*“Es una forma de... dejar cuenta de lo que está pasando cada día...sin saber qué después pasa a ser parte de la historia”* (E3, Cuestionario; en Carrasco, 2006)

Tiempo *dinerario* de las economías capitalistas del mundo moderno. La posibilidad de acumulación que abre el dinero trajo aparejados la intensificación del trabajo y el estrechamiento del tiempo (Valenzuela, 2004). Cuando se vuelve atractivo cosechar todo el árbol de manzanas porque el excedente puede transformarse en dinero, el hombre intensificará su jornada de trabajo y quedará crecientemente sometido a la presión del tiempo que entonces deviene en algo escaso. La vida moderna resultará de intensificar el trabajo y el tiempo, a diferencia de la holgazanería y el ocio, propios de las economías naturales. Para ello racionaliza: controla, regula y calcula el uso del tiempo en una escala que no conoció ninguna sociedad tradicional. La sociedad dineraria emerge sobre la base de este mecanismo de contención del uso del tiempo, el que se manifiesta en un estilo de vida riguroso, presuroso, rígido y controlado, propio de la persona que está siempre ocupada (op.cit., 2004).

*“el tiempo para hacer una tarea en clases, es muy corto”*

*“La palabra tiempo se me imagina... como si fuera el reloj del mundo y todos fuéramos sus sirvientes”*

*“Es algo que el hombre inventó para organizar el día así poder hacer algo”*

*“Oye apúrate, el tiempo es oro”*

*“Si no llegas a tiempo, yo me voy”*. (E2, E17, E7, E16, E18, Cuestionario; en Carrasco, 2006).

El tiempo *bio-psicológico*. El tiempo se puede detener o enlentecer en la experiencia de la psique humana:

*“En esta clase el tiempo no pasa nunca”* (E15, Cuestionario; en Carrasco, 2006).

Al tiempo-espacio de Einstein apto para el estudio del universo, Bergson agrega un tiempo *“apto para la vida”* o tiempo *duración* al que entendió como la vivencia de nuestros estados de conciencia, en el fluir de la vida. Los orígenes del sentido del tiempo, en las estructuras de nuestro sentido común, se remontan a la etapa prebiológica en la que ya existían procesos cíclicos, en un ambiente lleno de periodicidades (noche/día, verano/invierno, bajamar/pleamar, entre otros). Esos ciclos imprimieron, desde sus orígenes, conductas rítmicas a los organismos... (Díaz y otros, 2007) Recientes investigaciones de las neurociencias muestran que varias estructuras cerebrales contribuyen al desarrollo del *“tiempo mental”*, al organizar nuestras experiencias en etapas cronológicas que permiten recordar eventos. Incluyen el hipocampo, el lóbulo temporal y la región frontal del cerebro. Los humanos portamos un reloj biológico que nos marca la alternancia del día y la noche. Este reloj está localizado en el hipotálamo del cerebro. Pero es un *“tiempo mental”* el que nos permite interpretar el paso del tiempo, además de permitirnos comprender nuestra organización de eventos cronológicamente. En la experiencia temporal, la duración del tiempo parece ser a veces más rápida o corta y en otras ocasiones, más lenta o larga y estas variaciones perceptibles pueden situarse en diferentes escalas, desde algunas horas, hasta muchas décadas. De acuerdo a las investigaciones, el *tiempo mental* lo determina la atención que nosotros le ponemos a los sucesos así como las emociones que sentimos cuando esos sucesos ocurren. Así mismo el *tiempo mental* está influenciado por la forma en que registramos esos eventos y también



por las inferencias que hacemos mientras los percibimos o los recordamos (Herrera, 2005).

*“el tiempo pasa lento y pasa rápido, pero cuando me gusta es cuando yo lo hago, es decir, yo hago mi tiempo”* (E19, Cuestionario; en Carrasco, 2006).

La metáfora del río dota de significado al transcurrir del tiempo en la estructura del sentido común, semantizando nuestra experiencia temporal como una corriente en la que –por una parte- en todo momento el futuro vendría al presente y se alejaría al pasado, y –por otra parte- en todo momento se experimenta un avance progresivo desde el momento presente hacia el futuro. Toboso añade un vértice, el que modula un flujo discontinuo, articulando *el ahora* y *el momento presente*, elementos constitutivos de la experiencia del tiempo en la persona. En el ahora nos experimentamos nosotros mismos aún cuando instante a instante, a su vez, cambiamos. El momento presente es el momento fugaz en el que somos distintos al momento anterior. Tal vértice marca la distinción y la relación entre la visualización psicológica de futuro (protensión) y de pasado (retensión). Para Toboso la experiencia personal del tiempo se configura como la síntesis integradora de esta dimensión retensivo-protensiva y una paramétrica, dimensión del tiempo que mide un reloj. Esta dimensión paramétrica, al distinguir las relaciones de anterioridad, simultaneidad y posterioridad entre sucesos -carentes de intencionalidad y emociones de pasado, presente-ahora y futuro- da paso al tiempo medible de la simultaneidad (Carrasco, 2006).

*“(Cuando escucho la palabra tiempo, se me vienen a la mente) momentos de mi infancia, imágenes de mi alegre”* (E6, Cuestionario; en Carrasco, 2006).

*“Ya es tiempo de ir a estudiar”* (E19, Cuestionario; en Carrasco, 2006).



pueden verse favorecidos con diseños didácticos que validen eslabones entre los sentidos que concurren al evocar estas nociones, en la enseñanza de la variación.

### Referencias bibliográficas

Carrasco, E. (2006) Interpretación y construcción de gráficas de variación en el tiempo. Tesis de maestría publicada. CICATA, México.

Díaz, L. (2005). Profundizando en los entendimientos estudiantiles de variación. En *Relime*, Vol.8 (2), 145-168

Díaz, L.; Ávila, J. & Carrasco, E. (2006) *Las representaciones docentes del Cambio* Informe de Avance Proyecto de Investigación años 2006-2007. UMCE. Santiago de Chile.

Díaz, L.; Gutiérrez, E.; Ávila, J. & Carrasco, E. (2007) *Las representaciones sobre la variación y su impacto en los aprendizajes de conceptos matemáticos*. Informe Final Proyecto Fondecyt Nº 1030413. En Biblioteca de CPEIP, Centro de Perfeccionamiento, Experimentación e Investigaciones Pedagógicas. Chile.

Herrera, F. (2005) Reseña del texto La neurología del tiempo. Una aproximación teórica. Tomado el 25/01/08 de [www.uvmnet.edu/investigación/episteme/numero2-05/resenas](http://www.uvmnet.edu/investigación/episteme/numero2-05/resenas).

Saavedra, I. (1997) El tiempo en la física. Apuntes de clases. Plan Común Programas de Ingeniería. Universidad de Chile. Chile.

RAE, Real Academia Española. Tomado el 25 de enero de 2008 de [www.rae.es](http://www.rae.es).

Soublette, G. (2004) El inmutable y perpetuo cambio. En Revista Universitaria Nº85. Chile: Editorial PUC.

Valenzuela, E. (2004) Tiempo, dinero y gratuidad. En Revista Universitaria Nº85. Chile: Editorial PUC.