

REPRESENTACIONES GRÁFICAS: EL APOORTE DE TEORIAS DE APRENDIZAJE A PARTIR DE TEXTOS.

Liliana Ledesma Turowski¹; Cecilia Pocovi²

¹Universidad Nacional de Salta / lledesma@ing.unsa.edu.ar

Resumen: En la práctica académica y profesional, los gráficos constituyen una de las formas más importantes de codificar matemáticamente la información científica. Sin embargo, investigaciones en el área de Enseñanza muestran que los alumnos presentan serias dificultades en diversos aspectos del trabajo con gráficos de una variable en función de otra, tanto en la construcción como en la lectura o interpretación de éstas. En el presente trabajo se muestran los resultados del aprendizaje de estudiantes de carreras de Ingeniería, a partir de un Taller basado en textos diseñados especialmente para minimizar los problemas de comprensión y elaboración de gráficos de cinemática, incorporando actividades de monitoreo de la comprensión lectora mediante la estrategia de la autoexplicación. Así, el diseño didáctico del mencionado Taller fue llevado a cabo a partir de la combinación de distintas posturas teóricas que soportan diferentes aspectos del aprendizaje: i) la integración de los códigos lingüístico y simbólico en los textos elaborados, ii) la explicitación de la ontología de los conceptos y procesos de los que se hace uso para interpretar y construir gráficos iii) la secuenciación en la presentación de la construcción e interpretación de gráficos, y iv) la incorporación del monitoreo de la comprensión lectora mediante la estrategia de auto- explicación. Los aspectos mencionados resultan complementarios en el complejo proceso de aprender, a partir de textos, cómo se interpretan y construyen los gráficos de conceptos científicos en Física. Los resultados obtenidos muestran una notable mejora en la construcción e interpretación de gráficos de funciones cinemáticas al aplicar el abordaje didáctico del Taller que conjuga lectura de los textos diseñados con la elaboración de auto-explicaciones por parte de los estudiantes, durante el proceso de lectura.

Palabras claves: cinemática, gráficos, ontología, textos autoexplicación.

INTRODUCCIÓN

Desde la década de 1980, se han llevado a cabo numerosas investigaciones en el ámbito de la Enseñanza con el objetivo de identificar las dificultades que presentan los alumnos al trabajar con gráficos que representan una variable en función de otra. Estos problemas se manifiestan tanto en la construcción como en la lectura e interpretación de gráficos, y se vuelven aún más complejos cuando se trata de representar conceptos físicos relacionados con el movimiento.

Esto se debe a que magnitudes como la velocidad y la aceleración pertenecen a categorías ontológicas diferentes a las que los estudiantes inicialmente asignan (Chi, 2013, Ledesma & Pocoví, 2013).

El problema de la lectura, comprensión y construcción de gráficos en cinemática ha sido abordado desde distintas perspectivas, lo cual muestra la relevancia y complejidad del tema en el área del aprendizaje de la Física. Por ejemplo, Beichner (1994) diseñó un test de opción múltiple para identificar los problemas de comprensión de gráficos cinemáticos que presentan los estudiantes. En su análisis, clasificó tres tipos de dificultades relacionadas con el uso del concepto de pendiente en gráficos lineales en cinemática:

- **confusiones de intervalo/punto:** Los estudiantes tienden a enfocarse en un solo punto en lugar de considerar un intervalo
- **confusiones de pendiente/altura:** Los alumnos confunden la altura del gráfico con la pendiente, lo que les impide interpretar correctamente la relación entre las variables
- **confusiones icónicas:** Los estudiantes interpretan los gráficos de manera incorrecta, asimilándolos a figuras o imágenes, en lugar de comprender su significado analítico.

Investigaciones llevadas a cabo en el área de Lectura muestran que, la capacidad de los estudiantes para resolver problemas puede verse afectada según los distintos modos de inscripción (simbólicos o lingüísticos) que se utilizan para presentar los conceptos. En tal sentido, trabajos llevados a cabo siguiendo esta línea de investigación, atribuyen la dificultad que poseen los estudiantes de física para comprender las ecuaciones y gráficas, al requerimiento de “cargar de significado” (Redish, 2021, 2023) a dichas expresiones y representaciones. Por ejemplo, Pospiech et al. (2019) revelan que, al trabajar con representaciones gráficas en un contexto matemático, los estudiantes pueden adoptar distintos enfoques: pueden optar por un enfoque algorítmico, que sigue pasos específicos o utilizar características particulares de la relación, como el tipo de dependencia entre las variables.

Sin embargo, estos estudiantes a menudo presentan dificultades al transferir estos procedimientos matemáticos al contexto de la física. Esta problemática se manifiesta, por ejemplo, en el uso de construcciones matemáticas simples, como las asociadas a funciones lineales y cuadráticas en problemas cinemáticos básicos. Pocoví y Ledesma (2019, 2023) describen varios aspectos que pueden mejorar la

interpretación de gráficas de conceptos tipo proceso; específicamente, de conceptos definidos como el cambio de alguna magnitud en función del tiempo.

En la investigación, los alumnos aprenden a interpretar estas gráficas a partir de textos diseñados específicamente para describir la secuencia de pasos a seguir. Los resultados muestran que el uso de textos que explican detalladamente los procesos de representación gráfica mediante imágenes secuenciadas ayuda a los estudiantes a superar las dificultades comunes en la interpretación de estos gráficos.

Con la idea de avanzar sobre lo ya investigado, y generar un aporte a la problemática, en este trabajo se presenta el caso de un Taller extracurricular diseñado con el objetivo de minimizar los problemas manifestados por estudiantes universitarios en la interpretación y construcción de gráficos de funciones lineales y cuadráticas de magnitudes cinemáticas en función del tiempo.

ESTADO DEL ARTE Y MARCOS TEÓRICOS SELECCIONADOS

Este trabajo, aborda varios aspectos del aprendizaje de la física que fueron tenidos en cuenta para el diseño y desarrollo del mencionado taller: i) los códigos lingüísticos y simbólicos presentes en los textos; ii) la ontología de los conceptos científicos; iii) la secuenciación en la construcción e interpretación de gráficos; iv) el monitoreo de la comprensión lectora a través de la estrategia de auto-explicación. A continuación, se presentará de manera resumida algunos resultados de investigaciones previas.

En relación con el primer aspecto, algunas investigaciones en el área de la comprensión lectora han analizado como afecta al proceso de comprensión de los estudiantes los diferentes modos de codificación incluidos en los textos. Este tema es especialmente relevante para los textos de física, como se explica a continuación. Los textos utilizados en clases de física poseen elementos particulares que han sido identificados como influyentes en el proceso de aprendizaje.

Uno de los aspectos más sobresalientes es su carácter "bilingüe", tal como lo describen Alexander y Kulikowich (1994). Los conceptos de física no pueden describirse únicamente a través del sistema lingüístico; su presentación también implica el uso del sistema simbólico, que incluye ecuaciones, gráficos y esquemas. Esto significa que, para dar

sentido a lo que lee, el estudiante debe integrar los distintos sistemas en los que se presenta la información.

Sin embargo, este proceso de elaborar una representación coherente del concepto no es automático, y muchos estudiantes enfrentan dificultades al intentarlo (Alexander & Jetton, 2020). Se ha observado que ciertas expresiones lingüísticas en los textos pueden llevar a interpretaciones erróneas de los símbolos que describen la física del problema (Pocovi & Ledesma, 2019).

En este contexto, surge la siguiente pregunta: ¿Qué características deben tener los textos para facilitar la comprensión lectora de los conceptos de física? Para responder a esta pregunta, es fundamental abordar el segundo aspecto considerado en esta investigación: la ontología de los conceptos científicos. Según la teoría del Cambio Conceptual de Chi (2005, 2008, 2013), uno de los aspectos más relevantes en el proceso de aprendizaje de un concepto es conocer su ontología o naturaleza. Chi propone un número reducido de categorías principales, siendo las más relevantes para el aprendizaje de conceptos físicos las de Entidades y Procesos (Chi, 2005).

A partir de investigaciones recientes, Chi y su grupo concluyeron que, para explicar por qué algunos conceptos son más difíciles de aprender que otros, es necesario definir con mayor precisión la categoría de Conceptos tipo Proceso (Chi, 2005, 2008; 2013). En este sentido, Chi et al. (2008 y 2013) definieron las subcategorías Procesos Emergentes y Procesos Secuenciales. Los conceptos pertenecientes a la categoría de Procesos se definen en función de cambios o incrementos y se caracterizan por presentar componentes que interactúan entre sí para dar lugar a un patrón observable. En el caso que nos ocupa, el de la construcción e interpretación de gráficos de conceptos cinemáticos en función del tiempo, el análisis ontológico de estos conceptos muestra que pertenecen a la categoría de conceptos tipo Proceso Secuencial (para un análisis más detallado referirse a Ledesma y Pocovi (2013, 2023).

Una vez expuestos, de manera somera, los lineamientos de la teoría de Chi, podemos afirmar que, para facilitar la comprensión lectora de los conceptos físicos, el texto que acompaña la presentación de un concepto debe centrarse en resaltar su ontología. Además, el sistema simbólico debería ir siempre acompañado de una traducción al lenguaje verbal que enfatice la naturaleza del concepto presentado. Por esta razón, el presente trabajo también incorpora los aportes de la teoría de

Chi (2008 y 2013) para guiar los aspectos que deben resaltarse en las explicaciones verbales que acompañan la construcción e interpretación de las gráficas de conceptos cinemáticos en función del tiempo.

En los libros de texto de Física básica a nivel universitario, los gráficos que representan una variable en función de otra suelen aparecer en el contexto de la cinemática. En estos casos, se presentan gráficos de posición, velocidad y aceleración en función del tiempo en un formato ya terminado. Esto se puede observar en textos como los de Sears, Zemansky, Young y Freedman (2004, pp. 46-47), Halliday, Resnick y Krane (2009, p. 26), Tipler y Mosca (2001, p. 30) y Serway y Faughn (2005, p. 32). En estos textos, se presenta la forma de dichos gráficos para los distintos movimientos, y se asume que su interpretación está suficientemente explicada a través de las ecuaciones correspondientes. Si bien la interpretación de un gráfico sencillo es prácticamente “automática” para una persona experimentada, la realidad de los alumnos novatos en Física dista mucho de esta situación.

En este sentido, un tercer aspecto considerado en esta investigación se refiere a las contribuciones de Redish (2021, 2022, 2023), que son fundamentales para guiar el diseño de los textos dirigidos a los estudiantes. Según este autor, la habilidad para interpretar un gráfico en un contexto científico requiere que los estudiantes sean capaces de: i) construir la gráfica y entender cómo se codifica la información matemática; ii) interpretar lo que la información codificada en el gráfico revela sobre el sistema físico representado; iii) conectar la representación visual del gráfico con las ecuaciones que describen los fenómenos; y, finalmente, iv) saber cuándo y cómo utilizar gráficos de manera adecuada en problemas físicos. Por ejemplo, en el caso de las gráficas de conceptos cinemáticos en función del tiempo, Redish (2023) propone una secuenciación en su construcción. Sugiere primero ubicar los ejes coordenados, luego situar los puntos en el plano y, finalmente, bosquejar la forma de la función. De este modo, la gráfica obtenida explicita claramente la relación funcional entre las variables representadas.

Finalmente, el cuarto aspecto considerado en el diseño del taller se refiere a las actividades que se llevan a cabo durante el proceso de lectura. La comprensión a través de textos se define como una actividad que también involucra las habilidades del lector (Alexander & Jetton, 2000). En este sentido, es válido plantear la siguiente pregunta: ¿Cómo podemos ayudar a los estudiantes inicialmente en desventaja respecto de sus habilidades lectoras a procesar de manera más efectiva los

textos? Para abordar esta cuestión, es necesario recurrir a la literatura especializada acerca de los lectores más hábiles. En este contexto, McNamara (2017, 2022) plantea que los lectores comprenden mejor el material escrito cuando monitorean su propia comprensión y utilizan estrategias activas de lectura. De acuerdo con la autora, es probable que los lectores más hábiles monitorean más su propia comprensión y despliegue un mayor número de estrategias activas durante la lectura que los lectores menos hábiles. Además, sostiene que la destreza de aprender a partir de textos con determinadas características es una habilidad que se puede adquirir a partir de la práctica de determinadas actividades realizadas durante el proceso de lectura.

DISEÑO DEL TALLER

El diseño didáctico del mencionado Taller se fundamenta a partir de la combinación de distintas posturas teóricas descritas anteriormente: i) Las ideas de Alexander y Jetton (2000) fueron tomadas como referentes para el diseño del material didáctico escrito. Desde esta perspectiva, se tuvo especial cuidado en secuenciar, en los textos diseñados, la presentación de los procesos y conceptos involucrados en la interpretación y construcción de gráficos de manera de facilitar el proceso de integración entre los códigos lingüístico y simbólico. ii) La teoría de Cambio Conceptual de Chi (2005) fue tomada para guiar qué aspectos deben resaltarse en las explicaciones verbales acerca de cómo construir e interpretar las gráficas de los conceptos cinemáticos en función del tiempo.

Así, la ontología de los conceptos y procesos de los que se hace uso para interpretar y construir gráficas fueron explícita y detalladamente descritas en los textos experimentales diseñados. iii) La propuesta de Redish (2023) fue considerada para el diseño de los ejemplos prácticos que se utilizaron para complementar la presentación teórica de los conceptos. Como se señaló, el autor propone una serie de pasos a seguir tanto para la construcción como para la interpretación de gráficas de funciones en el contexto físico. iv) la propuesta de McNamara (2022) fue tomada como referente para el diseño de estrategias de lectura, centradas en la auto- explicación. Su teoría afirma que las explicaciones que los estudiantes elaboran por sí mismos a partir de lo que leen resultan de suma importancia para facilitar la comprensión, en particular, de textos científicos. Estos aportes teóricos seleccionados resultan complementarios y permitieron un abordaje más completo a la compleja problemática de aprender, a partir de textos, cómo se interpretan y construyen los gráficos de conceptos científicos en Física.

CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN Y METODOLOGÍA ADOPTADA

Los participantes en el Taller son alumnos de las carreras de Ingeniería de la Universidad Nacional de Salta, que ya aprobaron las dos asignaturas previas del área de Matemáticas (Cálculo y Álgebra). Participaron 40 alumnos que se aprestan a cursar por primera vez Física I.

El carácter del Taller es no obligatorio y la duración es de dos semanas (30 horas) antes del inicio de clases del cuatrimestre. Lo novedoso del Taller dictado, es que se centró en el aprendizaje, a partir de textos diseñados en base al resultado de investigaciones científicas, tanto de los conceptos cinemáticos como de los procesos involucrados en la interpretación y construcción de gráficos. Si se tiene en cuenta que nuestra universidad posee una de las tasas de egreso más bajas del país, cobra importancia la contribución que se puede realizar al llevar a cabo propuestas educativas novedosas para abordar uno de los numerosos factores que puede influir en esta problemática compleja. El problema de la deserción universitaria comienza en los primeros años en los cuales, por ejemplo, las estadísticas generales y de cursos introductorios de Física en la Facultad de Ingeniería, muestran un alto porcentaje de fracaso estudiantil producido, entre otros factores, por las limitaciones en las habilidades de comprensión lectora.

Durante el desarrollo del taller, se llevó a cabo la lectura de distintos textos diseñados, ricos en traducciones lingüísticas y centrados en la descripción ontológica de los temas seleccionados. Simultáneamente se realizaron una serie de actividades con el objetivo de fomentar la elaboración de auto-explicaciones durante el proceso de lectura. Para monitorear la comprensión lograda en las diferentes instancias del taller y los cambios en la ontología de las ideas de los estudiantes, se administraron cuestionarios escritos al inicio y al finalizar cada etapa. Es necesario aclarar que las distintas situaciones propuestas a los estudiantes en los cuestionarios se elaboraron con un grado de dificultad creciente.

El Taller se desarrolló en tres etapas. La primera etapa correspondió a la presentación del tema Cinemática en una dimensión. Durante esta etapa los estudiantes leyeron textos experimentales diseñados, en los que se presentó la definición de los conceptos de posición, desplazamiento, velocidad y aceleración. A continuación, y por razones de espacio, se presenta un extracto de uno de los textos experimentales presentados a los alumnos:

...Aceleración: Muchas veces, cuando un móvil se desplaza, su velocidad cambia. A ese cambio de velocidad en cierto intervalo de tiempo, le llamamos aceleración.

En este curso, al estudiar el movimiento de traslación de una partícula, consideramos que la aceleración permanece constante en el tramo estudiado. Esto implica que el valor de la aceleración promedio coincide con el valor de la aceleración instantánea. Una descripción detallada y precisa del concepto de aceleración instantánea se proporcionará en Física I.

La ecuación que define la aceleración es:

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

El símbolo Δ quiere decir “cambio” es decir que, en palabras, la aceleración es el cambio de la velocidad en cierto tiempo... (Ledesma & Pocoví, 2024, material no publicado)

Como se puede observar las explicaciones verbales en el texto apuntan a resaltar los “cambios”, “incrementos” o “deltas” que son característicos de los conceptos tipo Proceso, como lo son los conceptos de la velocidad y la aceleración (Ledesma & Pocoví, 2013)

La segunda etapa del taller consistió en la lectura de textos experimentales con un alto contenido lingüístico, en los cuales se explica de forma detallada y secuenciada el proceso de construcción de gráficas de distintos movimientos en una dimensión, mediante ejemplos. Por razones de espacio, no se presentan los textos proporcionados a los

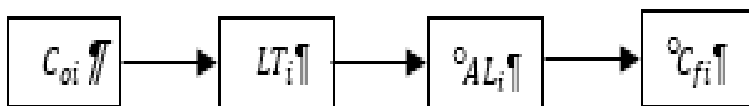
estudiantes. Para una lectura detallada de los textos mencionados, se recomienda al lector referirse a Pocoví y Ledesma (2023).

Finalmente, la última etapa del Taller correspondió a la lectura de textos experimentales con alto contenido lingüístico en donde, mediante ejemplos, se explica de forma detallada y secuenciada el proceso de interpretación de graficas de distintos movimientos en una dimensión. Es necesario aclarar que, en esta etapa, además, se realizaron actividades combinadas de los procesos de interpretación y construcción de graficas (Pocoví & Ledesma, 2023).

Con respecto a las actividades realizadas durante el proceso de lectura de los textos seleccionados, estas se centraron en la enseñanza de las habilidades de autoexplicación, que consiste en explicar el texto en voz alta resaltando los aspectos fundamentales de los textos leídos. El docente responsable del taller mostró, mediante ejemplos, el proceso de autoexplicación. La actividad se enfocó en explicar cada uno de los párrafos de los textos, relacionando las ideas presentadas con el conocimiento previo de los estudiantes y conectando las distintas ideas presentes en el texto para favorecer la realización de inferencias. En forma esquemática, se muestra la estructura general de las distintas etapas del Taller (Figura 1):

Figura 1

Estructura general de las distintas etapas del Taller



—
Nota. Donde i : número de etapa; C_0 : Cuestionario inicial; LT: Lectura de Textos experimentales diseñados; AL: Actividades durante el proceso de lectura; C_f : Cuestionario final

RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados correspondientes a la segunda y tercera etapa del taller, que son objeto de estudio del presente artículo.

Resultados de la Segunda Etapa

El enunciado de los cuestionarios realizados al inicio y al finalizar la segunda etapa del Taller tiene la siguiente estructura y solo difiere en el tipo de movimiento que se analiza:

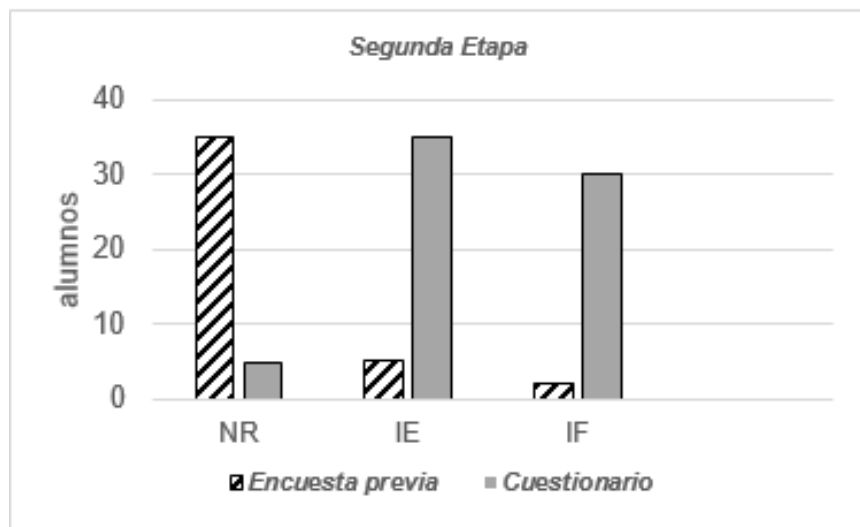
Juan sale a pasear en auto. Comenzamos a estudiar el movimiento de Juan cuando se encuentra a la izquierda del origen de coordenadas y se desplaza hacia la derecha como lo muestra la siguiente figura... En ese momento, disparamos nuestro cronometro. Juan se desplaza de tal manera que la magnitud de su velocidad disminuye a medida que se mueve hasta detenerse al pasar por el origen de coordenadas. Realiza en forma cualitativa, las siguientes graficas: $a(t)$, $v(t)$ y $x(t)$ ".

(Ledesma & Pocoví, 2024, material no publicado)

Con base en las respuestas de los alumnos en los cuestionarios realizados en la segunda etapa del taller, se generaron distintas categorías de respuesta que indican si los estudiantes fueron capaces de identificar: a) los elementos del gráfico (ejes, puntos característicos, intersecciones) y b) la forma de la dependencia entre las variables. La clasificación fue realizada por dos investigadores independientes, y posteriormente se consensuaron las discrepancias (Figura 2).

Figura 2

Respuestas de los alumnos en los cuestionarios realizados en la segunda etapa del taller



Nota: NR: No resuelve o es ininteligible / IE: Identifica los elementos característicos de los conceptos en la gráfica / IF: Identifica la forma de la dependencia entre variables

Resultados de la Tercera Etapa

El enunciado de los cuestionarios realizados al inicio y al finalizar la tercera etapa del Taller tiene la siguiente estructura y solo difiere en el tipo de movimiento que se analiza:

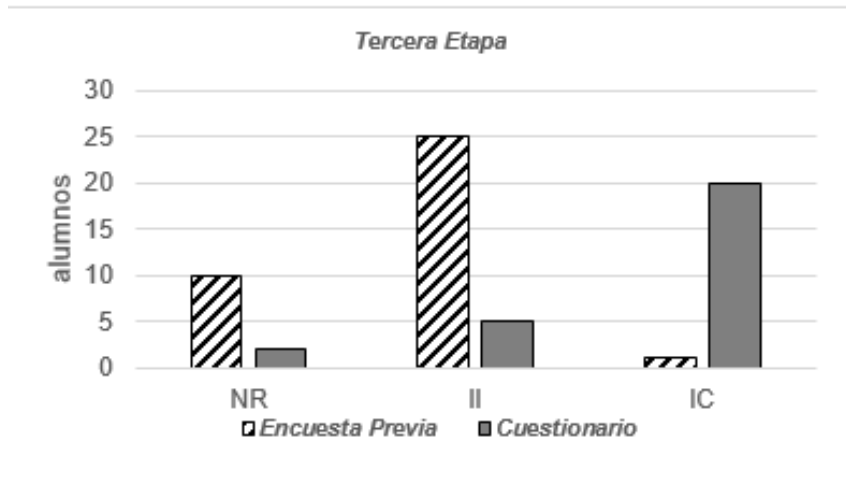
El siguiente gráfico muestra la velocidad en función del tiempo de un auto que se encuentra pasando por el origen de coordenadas y se mueve en una dimensión. Realiza el gráfico de la aceleración y de la posición en función del tiempo. Describa en palabras y detalladamente, el movimiento mediante

un ejemplo. En su explicación, refiérase a los conceptos de posición, velocidad y aceleración. (Ledesma & Pocoví, 2024, material no publicado)

Con base en las respuestas de los alumnos en los cuestionarios que se llevaron a cabo al iniciar y finalizar la tercera etapa, se generaron distintas categorías de respuesta que indican si los estudiantes fueron capaces de identificar los elementos relevantes del gráfico que le permitan interpretar su contenido (Figura 3).

Figura 3

Respuestas de los alumnos en los cuestionarios realizados en la tercera etapa del taller



Nota. NR: No resuelve o es ininteligible / II: Interpreta incorrectamente / IC: Interpreta Correctamente

CONCLUSIONES

Se llevó a cabo el análisis de las respuestas cuestionarios realizados en la segunda y tercera etapa del Taller, a nivel descriptivo general. Los resultados del aprendizaje muestran una notable mejora en la construcción e interpretación de gráficas de funciones cinemáticas al aplicar el abordaje didáctico del Taller que conjuga lectura de los textos diseñados con la elaboración de auto-explicaciones por parte de los estudiantes, durante el proceso de lectura.

REFERENCIAS

- Alexander, P. A. & Jetton, T. L. (2000). Learning from Texts: A multidimensional and developmental perspective. En M. L. Kamil, P. B. Mosenthal, P. D. Pearson & R. Barr Ed., *Handbook of Research of Reading* (Vol III, pp. 285-310). Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Alexander, P. A. & Kulikowich, J. M. (1994). Learning from a Physics text: A Synthesis of recent research. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(9), 895-911. <https://doi.org/10.1002/tea.3660310906>
- Beichner, R. J. (1994). Testing student interpretation of kinematics graphs. *American Journal of Physics*, 62(8), 750-62. <https://doi.org/10.1119/1.17449>
- Chi, M. T. H. (2005). Common sense conceptions of emergent processes: Why some misconceptions are robust. *Journal of Learning Sciences*, 14(2), 161-199. https://doi.org/10.1207/s15327809jls1402_1
- Chi, M. T. H. (2008). Three types of conceptual change: Belief revision, mental model transformation, and categorical shift. In S. Vosniadou (Ed.), *International handbook of research on conceptual change* (pp. 61–82). Routledge.
- Chi, M. T. H. (2013). Two kind and four sub-types of misconceived knowledge way to change it, and learning outcomes. En S. Vosniadou (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change* (2nd ed., pp. 49-70). Routledge.
- Halliday, D., Resnick, R., & Krane, K. (2009). *Fundamentos de Física* (8a ed., Vol. 1) (J. H. Romo, Trad.). Grupo Editorial Patria. (Trabajo original publicado en 2008).
- Ledesma, L. & Pocoví, M. C. (2013). Ontología del concepto de Aceleración: Su comprensión mediante el aprendizaje a partir de textos. *Latin American Journal of Physics Education*, 7(1), 68-78. http://www.lajpe.org/march13/10_LAJPE_725_Liliana_Ledesma_prepr_int_corr_f.pdf

- Ledesma, L. & Pocoví, M. C. (2023). Aceleración Lineal en el Movimiento Circular: su presentación en textos para carreras de ingeniería. En J. E. Calderón, J. Huespe & E. Anzoise, *Investigación y educación en Ciencias de la Ingeniería* (Vol. 3, 2nd ed. Ampliada, pp. 395-410). Universidad Tecnológica Nacional.
- McNamara, D. S. (2017). Self-explanation and reading strategy training (SERT) improves low-knowledge students' science course performance. *Discourse Processes*, 54(7), 479–492. <https://doi.org/10.1080/0163853X.2015.1101328>
- McNamara, D. S. (2022). Training self-explanation strategies: Effects of prior domain knowledge and reading skill. En M. A. Gernsbacher & S. J. Derry (Eds.), *Proceedings of the Twentieth Annual Conference of the Cognitive Science Society* (p.1247). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315782416>
- Pocoví, M. C. & Ledesma, L. (2019) Comprensión del sistema simbólico que representa conceptos tipo proceso. *Revista de Enseñanza de la Física*, 31(Extra), 613-620. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/articuloicle/view/26630/28334>
- Pocoví, M. C. & Ledesma, L. (2020). Código no verbal: ontología y procesamiento asociativo inicial en el caso de un concepto tipo Proceso. *Revista de Enseñanza de la Física*, 32(Extra), 297-304. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/articuloicle/view/31007/31666>.
- Pocoví, M. C. & Ledesma, L. (2023). *Aprendiendo a resolver problemas de cinemática de la partícula*. Editorial Universidad Nacional de Salta. <https://riunsa.unsa.edu.ar/handle/123456789/216>
- Pospiech, G., Eylon, B.-S., Bagno, E., & Lehavi, Y. (2019). Role of teachers as facilitators of the interplay physics and mathematics. En G. Pospiech, M. Michelini, & B.-S. Eylon (Eds.), *Mathematics in physics education* (pp. 269–291). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-04627-9_12
- Redish, E. F. (2021). Using math in physics 1: Dimensional analysis. *The Physics Teacher*, 59(6), 397-400. <https://doi.org/10.1119/5.0021244>
- Redish, E. (2022). Using math in physics: 5. Functional dependence. *The Physics Teacher*, 60(1), 18–21. <https://doi.org/10.1119/5.0040055>
- Redish, E. (2023). Using math in physics. Reading the physics in a graph. *The Physics Teacher*, 61(8), 651-656. <https://doi.org/10.1119/5.0150860>

- Sears, F. W., Zemansky, M. W., Young, H. D. & Freedman, R. A. (2004). *Física universitaria* (11a ed., Vol. 1) (R. Escalona García, Trad.). Pearson Educación. (Trabajo original publicado en 2004)
- Serway, R. A. & Faughn, J. S. (2005). *Física* (6a ed.) (J. H. Romo y Á. C. Gonzáles, Trads.). Thomson Learning. (Trabajo original publicado en 2003).
- Tipler, P. A. & Mosca, G. (2001). *Física para la ciencia y la tecnología, Volumen 1: Mecánica, oscilaciones y ondas, termodinámica* (J. Aguilar Peris y D. J. La Rubia Pacheco, Trads.; 4ª ed.). Editorial Reverté.

* * * * *