

Gráficas de datos experimentales. Aportes a la didáctica de la física

Graphs of experimental data. Contributions to the Didactics of Physics

REVISTA
DE
ENSEÑANZA
DE LA
FÍSICA

Marta Yanitelli¹, Miriam Scancich¹, y Leandro Pala¹

¹Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario, Av. Pellegrini 250, CP 2000, Rosario, Argentina.

E-mail: myanitell@fceia.unr.edu.ar

Resumen

En el presente trabajo se condensan los aspectos más significativos de cada etapa del proyecto de investigación "Las gráficas en las prácticas experimentales de Física básica mediadas por un sistema informático". El mismo se desarrolló en el período 2014-2017 en la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la Universidad Nacional de Rosario. Asimismo, se expone una síntesis de la producción de conocimientos que devienen del análisis de los resultados obtenidos durante su desarrollo. Se incluyen la motivación por el tema del proyecto, las cuestiones foco, los objetivos, los aportes del proyecto al campo de la Didáctica de la Física y las perspectivas que se reflejan en el proyecto en curso que es continuación del que aquí se presenta.

Palabras clave: Gráficas cartesianas; Trabajo experimental; Habilidades cognitivas; Física universitaria.

Abstract

In this work the most significant aspects of each stage of the research project "Graphics in experimental practices of basic physics mediated by a computer system" are condensed. It was developed in the period 2014-2017 in Faculty of Exact Sciences, Engineering and Surveying, National University of Rosario. Likewise, a synthesis of the production of knowledge that derives from the analysis of the results obtained during its development is presented. Motivation for the theme of the project, the focus issues, the objectives and the contributions of the project to the field of Physics Didactics are included; as well as the perspectives that are reflected in the project in progress, that is a continuation of the one presented here.

Keywords: Cartesian graph; Experimental work; Cognitive skills; College Physics.

I. MOTIVACIÓN

Las prácticas experimentales en los cursos de Física básica universitaria ofrecen oportunidades para el desarrollo de competencias asociadas a la elaboración, tratamiento y análisis de gráficas cartesianas (GC) de datos experimentales.

Las GC atraviesan todos los campos del conocimiento y, por tanto, de la sociedad; el construirlas e interpretarlas acertadamente es una necesidad del futuro profesional, y es una responsabilidad de los ámbitos educativos dar respuesta a dicho requerimiento. Hoy se comprende que para resolver problemas de Física es importante decidir cuál es la forma de representación más adecuada –lenguaje natural, gráfica, matemática– en el proceso de modelización, lo cual demanda promover el desarrollo de habilidades para representar las diversas situaciones (Gangoso y otros, 2008; Giere, 1992; Justi, 2006; Yanitelli y otros, 2018).

Diversos trabajos de investigación (Cook y otros, 2008; Postigo y Pozo, 2000; Ryder y Leach, 2000) muestran que los estudiantes de los niveles medio y superior tienen dificultades en la interpretación de gráficas de diferente complejidad. Asimismo, hemos detectado que ciertas dificultades persisten aún después de transitar por un curso universitario de introducción a la Física orientado a fortalecer los conocimientos básicos de la disciplina que, en general, no han sido abordados en la escuela media con la profundidad requerida; y algunas de estas dificultades se mantienen en el siguiente curso de Física de primer año, el cual contempla específicamente la enseñanza de las representaciones gráficas de datos experimentales (Yanitelli y otros, 2014a). Otros investigadores (Sassi y otros, 2005; Testa y otros, 2002) aducen que tales dificultades estarían asociadas a la adquisición de algunas habilidades específicas de elevado nivel cognitivo y con la brecha que existe entre las características concretas del fenómeno en

estudio y las variables abstractas correspondientes a la descripción física del movimiento y su modelado. La evolución desde el nivel concreto al abstracto implica activar procesos de formación, tratamiento y conversión (Duval, 2006) y de diferenciación e integración (Ausubel y otros, 1998) de la información contenida en la GC. Por lo tanto, para lograr una comprensión genuina del movimiento de los cuerpos, los estudiantes tienen que superar un escalón importante que debería ser graduado desde la acción docente.

Este escenario nos ha llevado a indagar sobre cuáles son los elementos que permitirían aportar al proceso de aprendizaje de GC de datos experimentales en el contexto de la formación de los futuros profesionales de la ingeniería. Así, en el año 2014 se dio inicio al proyecto de investigación “Las gráficas en las prácticas experimentales de Física básica mediadas por un sistema informático”, de cuatro años de duración, en la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, acreditado por la Universidad Nacional de Rosario, Argentina.

II. CUESTIONES FOCO

En este contexto se planteó dar respuesta a las siguientes cuestiones: ¿Cuáles son las habilidades cognitivas (HC) que disponen los estudiantes que ingresan a la universidad, asociadas a la construcción e interpretación de gráficas? ¿Cómo se puede favorecer el aprendizaje asociado a la construcción e interpretación de GC, en particular las que se obtienen con un sistema informático de adquisición de datos en tiempo real? ¿Qué características debe tener una propuesta de intervención didáctica para que los estudiantes puedan alcanzar los niveles deseados de comprensión y de construcción de conocimientos?

En particular el proyecto estuvo orientado a:

- Identificar aspectos que los estudiantes consideran relevantes al construir GC y los componentes del lenguaje que regulan la interpretación de las mismas.
- Reconocer la ejecución del complejo proceso de modelización que incluye inferir tipos de movimientos, transferir la información de la GC a otros lenguajes, valorar la viabilidad y confiabilidad de las conclusiones enunciadas.
- Analizar las conceptualizaciones que subyacen en las producciones verbal/gráfica/simbólica de los estudiantes.

III. NUESTROS APORTES

El plan de trabajo se estructuró de acuerdo a las siguientes etapas:

A. Revisión y análisis de artículos de revistas que incluyen propuestas didácticas del campo de la educación en Física, a fin de reconocer tendencias en los procesos de enseñanza y de aprendizaje asociados a la construcción, tratamiento y análisis de las GC, especialmente, las obtenidas con tecnologías digitales.

B. Conceptualización de las HC relacionadas con la construcción, tratamiento y análisis de GC de datos experimentales.

C. Consideraciones y elaboración de una propuesta didáctica para orientar los procesos de construcción, tratamiento y análisis de las GC.

D. Caracterización del nivel de desarrollo de las HC de los estudiantes.

A continuación, se sintetizan los aspectos más significativos de cada una de estas etapas y la producción de conocimientos que devienen del análisis de los resultados obtenidos a lo largo del desarrollo del proyecto de investigación.

A. Revisión y análisis de propuestas didácticas que incorporan gráficas cartesianas

En una primera etapa (Yanitelli y otros, 2015) se revisaron los artículos publicados en la revista *Latin American Journal of Physics Education* entre los años 2007-2013. Se analizó la totalidad de los artículos de ese período. Se identificaron aquellos trabajos que presentan propuestas didácticas que incorporan GC, resultando un total de 61 artículos. En segunda instancia, teniendo en cuenta los indicios que ofrecen los autores, se profundizó en el análisis de tales propuestas y se confeccionó un reporte sobre aspectos didácticos y tecnológicos implicados en los artículos seleccionados. A tal fin, se establecieron las siguientes categorías y modalidades:

Área de la Física. Tiene en cuenta el espacio del conocimiento en el que se encuadran las diferentes propuestas didácticas. Modalidades: Mecánica Clásica; Mecánica Cuántica; Electricidad y Magnetismo; Termodinámica; Óptica Física y Física General (en esta última se incluyen temas de Física básica que no se encuadran en las otras modalidades mencionadas).

Lineamientos teóricos. Considera los referentes teóricos sobre los cuales los autores sustentan su propuesta didáctica para la construcción de ciertos conocimientos. Tales referentes derivan de las teorías de aprendizaje y de los aportes de las investigaciones en Enseñanza de las Ciencias. Modalidades: Perspectiva constructivista /cognitiva; Aprendizaje basado en proyectos /resolución de problemas; No se identifica.

Recurso informático. Hace referencia a la herramienta tecnológica utilizada en el marco de la propuesta que permite al estudiante el tratamiento de las GC. Modalidades: Sistemas de adquisición de datos; Simulaciones; Programas informáticos.

Habilidades cognitivas asociadas a las GC. Comprende un conjunto de operaciones mentales, que permiten procesar la información vinculada a la elaboración y tratamiento de las GC. Modalidades: *Identificar; Establecer proporcionalidad; Ajustar; Interpretar; Modelar; Relacionar y Comparar.*

Se observó que la mayoría de las propuestas se encuadran en el área de Física correspondiente a Mecánica Clásica (73%), lo cual podría ser consecuencia de que se trata de un tópico que se aborda en los cursos básicos de Física.

El 51% de las propuestas analizadas tienen sustento en las perspectivas constructivistas/cognitivas en las que se considera relevante que los estudiantes operen activamente en la manipulación de la información, pensando y actuando sobre ella para revisarla, ampliarla y asimilarla, como así también que se impliquen en los procesos de comprensión o modelado de fenómenos. El 15% de los artículos seleccionados hacen referencia a los modelos de aprendizaje basados en problemas-proyecto/resolución de problemas en los cuales es necesario definir y acotar el problema, formular hipótesis, elegir y usar modelos apropiados, hacer simplificaciones adecuadas e, incluso, negociar la solución con los pares. En estos modelos, el conocimiento científico se construye a través del planteamiento de situaciones problemáticas de interés que los estudiantes resuelven a modo de una investigación dirigida por el profesor. En el 34% de los artículos no fue posible inferir la base teórica que subyace en el marco de la propuesta.

Se evidenció que predominan ambientes de aprendizaje basados en el uso de programas informáticos (*Excel, Graphical Analysis, Origin, Matlab*) para relacionar entre sí los lenguajes tabular, gráfico y algebraico (65%). Se registró que en menor proporción se recurre a entornos que utilizan sistemas de adquisición de datos (46%) entre los que se detectaron seis artículos que incluyen uso de video digital. Sólo en el 11% de las propuestas se recurre a las simulaciones. Cabe aclarar que algunas propuestas incorporan más de un recurso.

Por otro lado, se observó que la mayoría de los autores pone en juego, tanto en forma explícita como tácita, las HC *Relacionar, Interpretar y Ajustar*. Más de la mitad de las propuestas aluden a *Modelar y Comparar*. Sólo en ocho de las propuestas revisadas se hace referencia a *Identificar* y en dos a *Establecer proporcionalidad*, lo cual denotaría que se considera que los estudiantes ya han asimilado estas habilidades asociadas al reconocimiento de las variables a representar en los ejes cartesianos y a la determinación de la escala sobre cada eje, respectivamente. O bien que, en el caso particular de la selección de la escala, no es necesario explicitarla dado que los programas informáticos de procesamiento y análisis de datos determinan los valores de escala.

Algunos autores coinciden en que no todos los estudiantes dimensionan la potencialidad del análisis gráfico dentro de un proceso experimental. En particular, Collazos Morales (2009) considera que sería necesario “*reforzar esta deficiencia con una asesoría continua hacia los estudiantes que presentan mayor dificultad para entender estos aspectos*”(p. 623).

B. Conceptualización de las habilidades cognitivas

Posteriormente se profundizó en el análisis de dichas HC, focalizando en las características que debería tener una propuesta de intervención didáctica orientada a favorecer la construcción, tratamiento e interpretación de GC, obtenidas a partir de un sistema de adquisición de datos en tiempo real (Yanitelli y otros, 2018). Así, a partir de un proceso de refinamiento, se configuró una nueva clasificación de las HC, las cuales están ligadas al proceso de modelización y se detallan a continuación:

- *Identificar:* supone reconocer las variables correspondientes a cada uno de los ejes coordenados.
- *Establecer proporcionalidad:* consiste en determinar el factor de proporcionalidad (escala) entre la unidad de medida a lo largo del eje coordenado y el valor de la cantidad representada.
- *Ajustar:* supone aproximar una función a un dado conjunto de datos experimentales.
- *Transformar:* supone un proceso de conversión gráfica cartesiana formulación matemática o formulación matemáticagráfica cartesiana.

- *Vincular*: implica reconocer las correlaciones que pueden establecerse entre los parámetros matemáticos de la ecuación asociada a la GC (tales como la pendiente de una recta, la ordenada al origen, entre otros) y determinadas magnitudes físicas.
- *Contrastar*: consiste en analizar la correspondencia entre la gráfica de la serie de datos obtenidos experimentalmente y la curva del modelo matemático, superponiendo ambas representaciones en una misma gráfica.
- *Comparar*: supone establecer semejanzas y diferencias entre dos o más curvas en una misma GC.
- *Relacionar*: implica establecer conexiones entre dos o más GC.
- *Interpretar*: implica atribuir un significado a la información contenida en las GC, en función de una estructura conceptual disponible.
- *Asignar título*: implica incluir el título de la GC indicando las variables, el sistema o fenómeno al cual se refiere o el contexto en el cual se estudian dichas variables.

En las propuestas didácticas estudiadas se evidenció que la conjunción de las HC *Identificar*, *Establecer proporcionalidad*, *Asignar título* y *Ajustar* sustentan la construcción de un modelo gráfico representado en un sistema de ejes cartesianos. Estas HC están relacionadas con el volumen de información dentro del modelo gráfico que, de acuerdo con García-García (2005a), corresponde a elementos informativos internos estructurales (variables correspondientes a cada uno de los ejes, escalas, datos experimentales dentro del espacio gráfico, entre otros).

Las HC *Interpretar*, *Relacionar* y *Comparar* activan la interconexión entre los modelos gráfico y conceptual (Concari, 2001) viabilizando la atribución de significado a partir de un conocimiento específico disponible. Esta interconexión demanda un nivel de procesamiento elevado de carácter conceptual, en el cual se procesa la información para generar relaciones conceptuales a partir del análisis global de la estructura gráfica. Es decir, en dicho nivel se elaboran interpretaciones, explicaciones o inferencias sobre los fenómenos representados por la gráfica haciendo uso de conocimientos relacionados.

La interconexión entre los modelos gráfico y matemático, que se pone de manifiesto a través de las HC *Transformar* y *Contrastar*, posibilita la asociación de una entidad matemática a la curva que refleja la tendencia de los datos experimentales. La conversión de una representación en otra, expresada en un sistema semiótico diferente, requiere poner en correspondencia las unidades elementales en cada registro semiótico de las dos representaciones inicial y final, seleccionando y reorganizando desde la inicial sólo los elementos interesantes para la final (Duval, 2006). Se dan, entonces, las condiciones para realizar cálculos y obtener resultados con significado físico.

La HC *Vincular*, que implica convertir los parámetros de una ecuación en un contenido lingüístico propio de la disciplina, pasando de un registro algebraico o formal característico de la escritura simbólica a uno en lenguaje natural, otorga significado a la interconexión de los modelos matemático y conceptual.

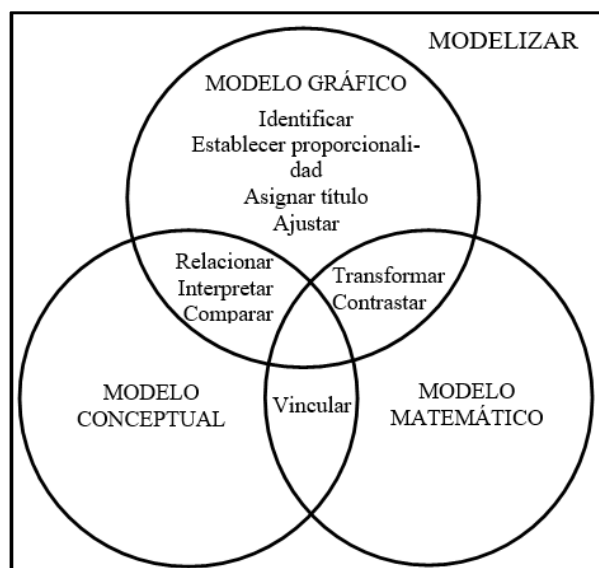


FIGURA 1. Modelos gráfico, conceptual y matemático y sus interconexiones.

En síntesis (como muestra la figura 1), la modelización subsume las HC definidas previamente y posibilita la reconciliación integradora (Ausubel y otros, 1998) de los modelos gráfico, conceptual y matemático a través de cambios de representación que se reflejan en cambios de lenguaje.

C. Consideraciones y elaboración de la propuesta

Hoy se comprende que para resolver problemas de Física es necesario promover el desarrollo de habilidades para representar las situaciones del mundo en términos de modelos (Gangoso y otros, 2008; Giere, 1992; Justi, 2006). En este sentido la propuesta de intervención didáctica se diseñó con el objetivo de fortalecer el desarrollo de las HC subsumidas en la modelización y, en particular, en los procesos de elaboración, tratamiento e interpretación de GC.

Asimismo, se tomaron en cuenta como antecedentes indagaciones realizadas en conjunto con investigadores de la Facultad Regional Rosario de la Universidad Tecnológica Nacional. Una de ellas fue publicada en las Actas del 1er *Workshop* Enseñanza de la Física (Yanitelli y otros, 2013). Otra, presentada en la XI Conferencia Interamericana sobre Enseñanza de la Física, XI CIAEF, fue publicada en *Latin American Journal of Physics Education* (Yanitelli y otros, 2014b). En ambas se interesó analizar en profundidad las dificultades que tienen estudiantes, de primer año de ciclo básico, en el tratamiento e interpretación de gráficas cartesianas correspondientes a diseños didácticos que incorporan diferentes tecnologías digitales (sistema de adquisición de datos en tiempo real y registro en video con empleo de un programa computacional para el análisis de fotogramas). Los resultados obtenidos sugirieron que tales dificultades no dependen del recurso informático utilizado, sino que estarían asociadas a diferentes niveles de demanda cognitiva relacionados con los distintos grados de abstracción requeridos para la comprensión y traducción a los diferentes tipos de lenguajes involucrados como con la modelización del sistema en estudio.

La propuesta (Yanitelli y otros, 2016) de actividades secuenciadas de andamiaje está basada en el desarrollo de prácticas experimentales en las que se analizan movimientos en tiempo real. Las actividades, en creciente nivel de complejidad, posibilitan la construcción de ideas ancla relevantes para que los estudiantes avancen de un nivel de tratamiento y análisis de las gráficas experimentales a otro potencialmente más elevado utilizando como base lo construido en la actividad anterior.

La secuencia comienza con la Actividad 1 “Estudio del movimiento de un cuerpo que cae verticalmente utilizando un registrador de movimiento”. Se realiza en el primer semestre del primer año de las carreras de Ingeniería, en la actividad curricular Introducción a la Física durante el desarrollo de la Unidad 3 Movimiento. Se lleva a cabo en grupos, en colaboración con compañeros. Está diseñada como puente entre las ideas, conceptos y procedimientos con que los estudiantes acceden a los cursos de Física básica universitaria, que devienen de su paso por la escuela secundaria, y los nuevos conocimientos a aprender.

Para obtener el registro del movimiento se sujeta un cuerpo a un extremo de una cinta de papel. El cuerpo al caer arrastra la cinta, permitiendo que un registrador marque sobre la misma una serie de puntos cada centésima de segundo. Dado que para analizar el movimiento es necesario extraer información del registro de puntos obtenido sobre la cinta se propone, inicialmente, un análisis cualitativo con la intención que los estudiantes reconozcan que la serie de puntos que queda registrada en la cinta proporciona la historia del movimiento del objeto y que los posiciones en los aspectos específicos asociados con la interpretación y caracterización del movimiento.

De esta manera se propiciaría el tratamiento de dificultades asociadas a la aplicación del lenguaje específico de la disciplina para otorgar significado al movimiento en estudio. Luego, se plantea un tratamiento cuantitativo del movimiento que implica apelar fundamentalmente a los lenguajes tabular y gráfico con soporte de cálculos.

Estas consignas fueron pensadas con el objetivo de promover en forma gradual la activación de las siguientes HC ligadas al proceso de Modelización: *Identificar, Establecer proporcionalidad, Ajustar* en el estudiante, *Transformar, Vincular, Relacionar* e *Interpretar*.

Posteriormente se proponen las Actividades 2A y 2B “Estudio del movimiento de un planeador sobre una pista de aire, recta y horizontal, utilizando un sensor de movimiento”. Éstas se desarrollaron como trabajos experimentales en Física I, asignatura correspondiente al segundo semestre del primer año de las carreras de Ingeniería en la que se abordan contenidos de Mecánica Clásica.

En relación con la Actividad 2A, las primeras consignas orientan la activación de la HC *Identificar* las variables representadas en los ejes coordenados; la caracterización de las distintas partes de la gráfica que implica apelar a la HC *Establecer proporcionalidad* para determinar los intervalos de tiempo que el deslizador está detenido, en el que está siendo impulsado por la mano y en el que se mueve libremente y; la reflexión sobre la evolución del movimiento registrado poniendo en juego la HC *Interpretar*. Las siguientes consignas promueven la activación de las HC *Ajustar, Transformar* y *Vincular* que implica tomar una decisión sobre el tipo de curva que mejor ajusta los datos experimentales, cambiar de un registro gráfico a un registro matemático para establecer la ley del movimiento y correlacionar los parámetros matemáticos de la ecuación asociada al movimiento con las magnitudes físicas, respectivamente. Las últimas consignas propician la puesta en juego de la HC *Relacionar* con el objeto que los estudiantes establezcan conexiones entre las gráficas posición, velocidad y aceleración vs. tiempo y; el análisis de correspondencia entre el movimiento real y las gráficas dando sustento a la modelización del movimiento del planeador.

La posibilidad de registrar intervalos de tiempo muy pequeños, brindada por las tecnologías digitales, permite generar situaciones de andamiaje que contemplan la construcción de modelos conceptuales más completos donde se tienen en cuenta procesos físicos que se desarrollan durante períodos de tiempo breves.

La Actividad 2B, de mayor nivel de complejidad, se sustenta en los conocimientos construidos en la actividad anterior. Se espera que, al observar y comparar de manera sistemática, y ordenada, los estudiantes interrelacionen las gráficas $x=x(t)$, $v=v(t)$, $a=a(t)$ del planeador en las sucesivas idas y vueltas sobre la pista. Es decir, pongan en juego la HC *Relacionar*. Asimismo, al reflexionar sobre el movimiento observado, el esperado y su registro, utilizando expresiones verbales explicativas se espera que los estudiantes pongan en juego la HC *Interpretar*. También se aspira a que resignifiquen el resto de las HC definidas asociadas al modelo gráfico *Identificar*, *Establecer proporcionalidad*, *Asignar título*, *Ajustar* y a las interconexiones entre los modelos gráfico y matemático *Transformar* y entre los modelos conceptual y matemático *Vincular*, avanzando así en la modelización del movimiento del planeador.

Cabe destacar que se implementaron instancias de reflexión, abiertas a todos los docentes de ambas asignaturas. Las sugerencias derivadas de la discusión permitieron, posteriormente, enriquecer la propuesta de actividades.

D. Caracterización del nivel de desarrollo de habilidades cognitivas activadas por estudiantes

Atendiendo a las etapas anteriores, nuestro trabajo se orientó hacia el reconocimiento de rasgos que caracterizan la modelización de fenómenos físicos, vinculados al desarrollo de ciertas HC activadas por estudiantes de ingeniería (Pala y otros, 2017). La investigación consistió en un estudio de caso de tres estudiantes, seleccionados a partir de tres grupos de trabajo diferentes, que habían cursado Introducción a la Física del primer semestre de las carreras de ingeniería. Se analizaron las GC de datos experimentales posición-tiempo y velocidad-tiempo para los movimientos de un estudiante que camina en línea recta con velocidad constante y un cuerpo que cae verticalmente, los cuales pueden caracterizarse como rectilíneo uniforme (MRU) y rectilíneo uniformemente acelerado (MRUA) respectivamente. La actividad didáctica requería poner en juego las HC identificadas en nuestro estudio previo (Yanitelli y otros, 2018), con excepción de *Comparar*, *Contrastar* y *Asignar título*.

Se evidenció que, si bien los estudiantes no trazaron la curva que mejor ajusta los datos experimentales, dos de ellos tuvieron en cuenta la tendencia del conjunto de datos (*Ajustar*): “la gráfica de la posición es semejante a una recta con pendiente positiva”, “la gráfica de posición en función del tiempo es una función lineal”. Se observó ambigüedad o duda al momento de atribuir significado a la información contenida en las GC, a partir del conocimiento conceptual disponible (*Interpretar*), expresando por ejemplo “movimiento relativamente uniforme”, “velocidad constante la mayor parte del tiempo”. Esto condicionó las interconexiones entre los modelos gráfico, matemático y conceptual.

El cambio de representación de un registro gráfico a un registro matemático (*Transformar*) no se efectuó, o fue realizado con limitaciones; y sólo uno de los tres estudiantes manifestó en su modelo la activación de las HC *Relacionar*, que implicaba establecer conexiones entre las gráficas posición-tiempo y velocidad-tiempo tanto para el MRU como para el MRUA, y *Vincular*, que suponía reconocer el significado de las magnitudes físicas simbolizadas como x_0 , v y t de la ecuación de un MRU y determinar la velocidad con que caminó el estudiante. Este estado de situación puede deberse, en concordancia con García-García (2005b) y García-García y Perales Palacios (2005), a que estos estudiantes eran ingresantes y no estaban habituados en su formación escolar previa a trabajar con gráficas cartesianas de datos experimentales.

En una investigación posterior (Scanchich y otros, 2018), se detectaron avances en la modelización efectuada por los tres estudiantes luego de haber cursado y aprobado Física I, espacio curricular en el cual se desarrollaron las Actividades 2A y 2B. Se observó que los tres estudiantes incorporaron el trazado de la curva de ajuste con la consideración de las barras de incerteza dando cuenta que activaron la HC *Ajustar*. Respecto de la HC *Interpretar* uno de ellos la activó con cierta inseguridad mientras que, en otro estudiante, esta HC se vio fortalecida: “se puede aproximar por un movimiento uniforme”. Los dos estudiantes que no habían puesto en juego la HC *Relacionar* demostraron que pueden establecer relaciones entre las gráficas. La interconexión entre los modelos matemático y conceptual (*Vincular*) y entre los modelos gráfico y matemático (*Transformar*) se puso de manifiesto en los dos estudiantes que inicialmente no habían activado esta HC.

Se puede concluir que los avances se reflejaron en una mayor comprensión conceptual, en particular de las gráficas cartesianas de datos experimentales.

IV. PERSPECTIVAS

Para el período 2018-2019 hemos acreditado un nuevo proyecto que es continuación de la investigación cuyos aportes se presentan en este trabajo y en el cual se amplían las perspectivas sobre el tema y la concepción acerca de las GC, considerándolas no sólo como construcciones objetivas, sino también como fruto de un grupo de prácticas sociales enmarcadas en el trabajo colaborativo de la comunidad científica.

La investigación se desarrolla apelando a una complementariedad de enfoques: cualitativo con perfil interpretativo y tramos cuantitativos. Se está trabajando con estudiantes que cursan la asignatura Física II, correspondiente al segundo año de las carreras de Ingeniería y Agrimensura de la FCEIA-UNR, en un estudio diagnóstico orientado a identificar las habilidades de lectura, el nivel de elaboración de síntesis conceptuales y las explicaciones sobre los fenómenos a partir de la información aportada por GC de datos experimentales. Las producciones elaboradas por los estudiantes están siendo procesadas con la intención de conformar tipologías representativas de sus actuaciones. Esta información será un insumo para orientar el diseño e implementación de una propuesta de estrategias didácticas que podría favorecer un avance conceptual de los estudiantes en relación con el tratamiento, transformación e interpretación de GC de movimientos en tiempo real.

REFERENCIAS

Ausubel, D., Novak, J. y Hanesian, H.(1998).*Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.

Collazos Morales, C.(2009). Prototipo para la Enseñanza de la Dinámica Rotacional (Momento de Inercia y Teorema de Ejes Paralelos). *Lat. Am. J. Phys. Educ.*, 3(3),619-624.

Concari, S. (2001). Las teorías y modelos en la explicación científica: implicancias para la enseñanza de las ciencias. *Ciência & Educação*, 7(1),85-94.

Cook, M., Carter, G. y Wiebe, E. (2008).The interpretation of cellular transport graphics by students with low and high prior knowledge. *International Journal of Science Education*, 30(2),239-261.

Duval, R. (2006).Un tema crucial en la educación matemática: La habilidad para cambiar el registro de representación. *La gaceta de la RSME*, 9(1),143-168.

Gangoso, Z., Truyol, M.E., M., Brincones, I. y Gattoni, A.(2008). Resolución de problemas, comprensión, modelización y desempeño: un caso con estudiantes de ingeniería. *Lat. Am. J. Phys. Educ.*, 2(3),233-240.

García-García, J. (2005a).El uso y el volumen de información en las representaciones gráficas cartesianas presentadas en los libros de texto de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 23(2),181-200.

García-García, J.(2005b).*La comprensión de las representaciones gráficas cartesianas presentes en los libros de texto de ciencias experimentales, sus características y el uso que se hace de ellas en el aula*. Tesis Doctoral. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Granada, España.

García-García, J y Perales Palacios, F.(2005). ¿Afectan los usos didáctico y científico de las gráficas cartesianas a su comprensión? Un estudio con alumnos de bachillerato y universidad. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 19,57-74.

Giere, R.(1992).*La explicación de la ciencia: Un acercamiento cognoscitivo*. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

Justi, R. (2006). La enseñanza de Ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(2),173-184.

Pala, L., Scancich, M. y Yanitelli M.(2017). Desarrollo de habilidades cognitivas asociadas a las gráficas de datos experimentales en estudiantes de ingeniería: su incidencia en la modelización. *Revista de Enseñanza de la Física*, 29(Extra),197-206.

Postigo, Y. y Pozo, J. (2000). Cuando una gráfica vale más que 1000 datos: la interpretación de gráficas por alumnos adolescentes, *Infancia y Aprendizaje*, 90,89-110.

Ryder, J. y Leach, J. (2000). Interpreting experimental data: the views of upper secondary school and university science students. *International Journal of Science Education*, 22(10),1069-1084.

Sassi, E., Monroy, G. y Testa, I. (2005). Teacher training about real-time approaches: Research-based guidelines and training materials. *Science Education*, 89(1),28-37.

Scancich, M., Yanitelli, M. y Pala, L. (2018). Un estudio de caso sobre gráficas cartesianas experimentales en física y modelización. *Revista de Enseñanza de la Física*, 30(Extra),219-226.

Testa, I., Monroy, G. y Sassi, E. (2002). Students' reading images in kinematics: the case of real-time graphs. *International Journal of Science Education*, 24(3),235-256.

Yanitelli, M., Concari, S., Scancich M. y Pérez Sottile, R. (2013). Dificultades de aprendizaje en la aplicación de dos diseños didácticos que emplean tecnologías digitales. *1er Workshop Enseñanza de la Física en Argentina*.

Yanitelli, M., Scancich, M. y Labanca, S. (2014a). Interpretación de gráficas. Buscando elementos para explicar las dificultades de los estudiantes. *Memorias IV Jornadas de Ingreso y Permanencia en Carreras Científico- Tecnológicas*.

Yanitelli, M., Concari, S., Scancich, M. y Pérez Sottile, R.(2014b). Estudios de movimiento en tiempo real. Dificultades de aprendizaje en dos diseños didácticos diferentes. *Lat. Am. J. Phys. Educ.*, 8(3),460-468.

Yanitelli, M., Scancich, M. y Pala, L. (2015).Análisis de propuestas didácticas que incorporan gráficas cartesianas. *Revista de Enseñanza de la Física*, 27(Extra),17-25.

Yanitelli, M., Scancich, M. y Pala, L. (2018). Gráficas cartesianas de Física: un estudio de las habilidades cognitivas. *Lat. Am. J. Phys. Educ.*, 12(2),2305.1-2305.9.

Yanitelli, M., Scancich, M., Pala, L. y Labanca, S.(2016). Secuencia didáctica para facilitar el tratamiento y análisis de gráficas obtenidas en tiempo real. *Publicación de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura: 95 Aniversario*,113-118. También disponible en:
<https://desarrolloinstitucional.fceia.unr.edu.ar/phocadownload/miscelanea/FCEIA-95a%C3%B1os.pdf>