

Gráficas cartesianas de física: un estudio de las habilidades cognitivas



Marta Yanitelli, Miriam Scancich, Leandro Pala

Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura

Universidad Nacional de Rosario, Av. Pellegrini 250, C.P. 2000, Rosario, Argentina.

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

(Recibido el 20 de junio de 2017, aceptado el 10 de marzo de 2018)

Resumen

Cuando los estudiantes se enfrentan a una actividad de laboratorio de física, de nivel universitario, generalmente deben utilizar, interpretar y comunicar información a partir de gráficas cartesianas (GC). Atendiendo a esto se emprendió una revisión bibliográfica a fin de documentar propuestas didácticas actuales que incluyen GC, comenzando con la revista *Latin American Journal of Physics Education*. En base a aspectos didácticos y tecnológicos significativos, implicados en las propuestas analizadas, en el presente trabajo se profundiza en las habilidades cognitivas asociadas a las GC obtenidas a partir de un sistema de adquisición de datos en tiempo real. Los resultados pretenden ser un insumo valioso para el planteo de ambientes de aprendizaje que permitan a los estudiantes lograr una comprensión genuina.

Palabras clave: Habilidades cognitivas, gráficas cartesianas en tiempo real, modelización, nivel universitario.

Abstract

When college level students deal with a physics lab activity, they must use, interpret, and communicate information from Cartesian graphs (GCs). In response to this, a bibliographical review of *Latin American Journal of Physics Education* was undertaken to document current didactic proposals which include GC. The present work delves into the cognitive abilities associated to the CGs obtained from a real-time data acquisition system. The results are intended to be a valuable input for the development of learning environments that allow students to achieve a genuine understanding.

Keywords: Cognitive Skills, cartesian graph in real time, modeling, college level.

PACS: 01.40.-d, 01.40.Fk, 01.50.H-

ISSN 1870-9095

I. INTRODUCCIÓN

En los cursos de Física de nivel básico universitario, cuando los estudiantes se enfrentan a una actividad de laboratorio generalmente deben utilizar, interpretar y comunicar información a partir de gráficas cartesianas (GC). Diversos estudios en el campo de la Didáctica de la Física destacan la importancia de una enseñanza que promueva el aprendizaje del análisis e interpretación correcta de los datos [1, 2, 3]. Otros advierten que los estudiantes manifiestan dificultades en la interpretación y en el uso de la información suministrada en diferentes GC así como en su construcción [4, 5, 6, 7, 8, 9, 10].

Atendiendo a esto, en la presente indagación se busca construir bases firmes para responder a la siguiente pregunta: *¿Qué características debe tener una propuesta de intervención didáctica orientada a favorecer el aprendizaje asociado a la construcción e interpretación de gráficas cartesianas, en particular, las que se obtienen con un sistema informático de adquisición de datos en tiempo real?*, planteada en el marco de nuestro Proyecto de Investigación "Las gráficas en las prácticas experimentales de Física básica mediadas por un sistema informático", iniciado en el año 2014 en la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y

Agrimensura, y acreditado por la Universidad Nacional de Rosario, Argentina.

A tal fin, en una primera fase, se emprendió una revisión bibliográfica que posibilitó documentar propuestas didácticas actuales que incluyen GC [11]. La revisión se sistematizó, comenzando con la revista *Latin American Journal of Physics Education* (LAJPE). En esta fase se detectaron aspectos didácticos y tecnológicos significativos, implicados en las propuestas didácticas analizadas, que se sintetizan en el apartado III.

El estudio en profundidad de las habilidades cognitivas (HC) asociadas a las GC, que se ponen en juego en las propuestas que incluyen un sistema de adquisición de datos en tiempo real, derivó en una nueva mirada de las HC. Los resultados de esta segunda fase de la investigación, que se sintetizan en el presente trabajo, pretenden ser un insumo valioso para la elaboración de nuestra propuesta de intervención didáctica.

II. REFERENTES TEÓRICOS

La comprensión de las GC de datos experimentales, que incluye procesos relacionados con la valoración, transformación e interpretación de tales datos, constituye un

aspecto fundamental tanto en el estudio de los fenómenos físicos como en la comunicación de información asociada a los mismos. Este proceso de comprensión que demanda interrelacionar los lenguajes gráfico, simbólico de la matemática y el específico de la Física, estableciendo vínculos con el fenómeno real analizado, está asociado al desarrollo de ciertas HC. En este sentido Sánchez [12] plantea que es necesario diseñar y aplicar estrategias didácticas dirigidas a la construcción de estructuras que faciliten el desarrollo de tales habilidades y propicien su práctica sistemática, deliberada, consciente y controlada hasta lograr una actuación natural, autorregulada y espontánea.

De acuerdo con la propuesta de Sánchez [12], el desarrollo de HC para la construcción, tratamiento y análisis de GC implica activar procesos de pensamiento de diferentes niveles de complejidad y abstracción. Los procesos básicos, constituidos por operaciones elementales —observación, comparación, relación, clasificación— e integradoras —análisis, síntesis, evaluación—, son pilares fundamentales sobre los cuales se apoyan la construcción y el tratamiento de las GC. Los procesos específicos —planificación, interpretación, transformación, modelización— permiten tanto el desarrollo de secuencias lógicas de pensamiento para la toma de decisiones en el análisis de las GC, como la adquisición de conocimiento y el aprendizaje por discernimiento [13].

La incorporación de herramientas tecnológicas en las propuestas didácticas puede ser una importante contribución en el desarrollo de HC [14, 15], en tanto le permitan al estudiante buscar, organizar, transformar y analizar la información contenida en la GC obtenida en tiempo real, en una participación consciente y activa, propia de una perspectiva constructivista del aprendizaje [16, 17]. Arias y colaboradores [1], sostienen que las propuestas en las que el estudiante tenga que reconocer puntos en el plano cartesiano, ajustar los puntos representados por medio del trazado de una curva, atribuir significados a la información emergente, promueven procesos específicos asociados a la modelización. En consonancia con estos autores, Cordero [18] afirma que la graficación es un medio que sustenta el desarrollo del razonamiento y es en sí misma un tipo de modelización que se resignifica al transformar al objeto en estudio. Si bien el interés de la investigación está orientado hacia el estudio de las HC, se reconoce que, atendiendo a la complejidad de la construcción del conocimiento, las intenciones de los sujetos que construyen, interpretan o usan las GC están presentes en los ambientes de enseñanza y de aprendizaje. Es decir, las GC no son sólo construcciones objetivas, sino que también se corresponden con el fruto de un grupo de prácticas sociales enmarcadas en un trabajo colaborativo [4].

III. ESTUDIO PREVIO

En el estudio previo [11], que dio origen a la presente investigación, se analizaron artículos de la revista LAJPE que incluyen propuestas didácticas en el 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. La búsqueda se acotó al período 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. Para cada artículo se relevaron los siguientes aspectos: título, autores/país/año, palabras clave y nivel académico al cual se sugiere aplicar la propuesta.

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: *Área de la Física*; *Lineamientos teóricos*; *Recursos informáticos*; *Habilidades cognitivas asociadas a las GC*. Las dos últimas categorías con sus correspondientes modalidades, son las que sustentan el presente estudio.

Recursos informáticos. 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 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 [19] considera que sería necesario “reforzar esta

deficiencia con una asesoría continua hacia los estudiantes que presentan mayor dificultad para entender estos aspectos”.

IV. HABILIDADES COGNITIVAS

Una vez realizado el recorrido por los siete primeros años de la revista, y habiendo obtenido un panorama general del abordaje de las GC en las propuestas didácticas de ese período, se decidió focalizar la atención en una de las preguntas centrales de nuestro proyecto de investigación: *¿Qué características debe tener una propuesta de intervención didáctica orientada a favorecer el aprendizaje asociado a la construcción e interpretación de gráficas cartesianas, en particular, las que se obtienen con un sistema informático de adquisición de datos en tiempo real?* El estudio previo constituyó la base sobre la cual profundizar en los aspectos objetivos de la elaboración, tratamiento y análisis de GC de datos experimentales obtenidos en tiempo real. Así, se seleccionaron aquellos artículos que incorporan sistemas de adquisición de datos, resultando un total de 28 (ver anexo). Se centró el interés en las HC que se ponen en juego en las propuestas didácticas.

La metodología consistió en una triangulación entre los investigadores, aplicando cada uno el mismo método de identificación de las HC sobre artículos que habían sido analizados previamente por otro (triangulación denominada auditoría [20]), a fin de reducir los sesgos individuales que provienen inevitablemente de un análisis cualitativo. En este sentido la revisión de las HC bajo una nueva mirada condujo al ajuste y refinamiento de las propias definiciones, para evitar ambigüedades y facilitar su identificación en futuros análisis. La nueva taxonomía incorpora las HC Contrastar y Vincular, producto del desglose de las habilidades Comparar y Relacionar, y la HC Transformar que se desprende de Modelar. También se consideró conveniente incluir la HC Asignar título. (A fin de comprender mejor tales modificaciones el lector puede remitirse al artículo [11]).

A continuación se presenta la actual clasificación de las HC, sus definiciones, comentarios y ejemplos extraídos de las propuestas publicadas en LAJPE.

-*Identificar*: supone reconocer las variables correspondientes a cada uno de los ejes coordenados.

En el proceso de construcción de una GC resulta ineludible para un estudiante reconocer en principio las variables a representar. Así también, dado a la tarea de analizar una GC necesita, si es que quiere obtener información valiosa a partir de la misma, identificar correctamente las variables representadas en cada eje. En este sentido algunos investigadores [21, 22] afirman que asignar correctamente las variables y manipularlas de forma apropiada son, entre otros, requisitos necesarios para la correcta construcción e interpretación de gráficas. Un ejemplo en el que se apela explícitamente a esta habilidad lo brindan García y Ruiz [23] al consignar en una de las gráficas de su propuesta: “en el eje vertical graficamos la presión y en el eje horizontal el volumen” (Figura 1).

Gráficas cartesianas de Física: un estudio de las habilidades cognitivas

Gráficas

Para ver la relación entre presión y volumen del aire encerrado en la jeringa se hace una gráfica, en el eje vertical graficamos la presión y en el eje horizontal el volumen como se muestra en la figura 5.

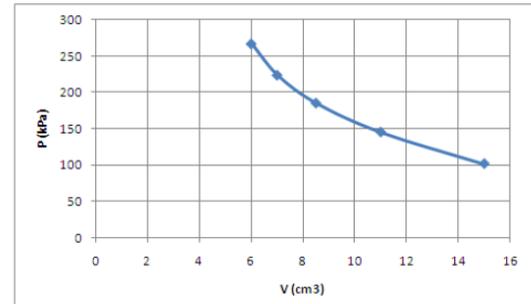


FIGURA 5. Gráfica de presión contra volumen.

FIGURA 1. En el texto se puede reconocer la HC *Identificar*. Recuperado de García y Ruiz (2010), p. 960.

- *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.

Tanto la elección de una escala apropiada para la construcción de una GC como la habilidad para inferir acerca de la escala utilizada cuando se analiza la información de una GC, constituyen aspectos claves en la construcción e interpretación de las mismas. Así [21] y [22] destacan como capacidad necesaria para construir gráficas el hecho de “*Establecer correctamente las escalas para cada uno de los ejes del plano cartesiano, especificando las unidades en las cuales los datos son expresados.*” En muchas gráficas científicas resulta conveniente la utilización de, por ejemplo, escalas logarítmicas para facilitar la obtención de información. En la propuesta de Méndez-Sánchez y colaboradores [24], se trabaja esta cuestión: “*La figura 12 presenta la gráfica de la viscosidad como función de la rapidez de deformación en escala logarítmica. En esta gráfica es posible ver la meseta de comportamiento newtoniano con viscosidad η_0 para valores de rapidez de deformación menores a $2.26s^{-1}$ y la correspondiente disminución de viscosidad al incrementarse la rapidez de deformación.*” (Figura 2). En esta GC se observa que la utilización de escalas logarítmicas para ambos ejes permite extraer información que difícilmente hubiese podido obtenerse utilizando una escala lineal.

-*Ajustar*: supone aproximar una función a un dado conjunto de datos experimentales.

El proceso de aproximar una función hace referencia a la tendencia de la serie de datos experimentales; es decir, esta HC consiste en establecer una dependencia funcional entre ambas variables representadas en la gráfica, tomando una decisión acerca del tipo de curva tomando una decisión acerca del tipo de curva (constante, recta, parábola, exponencial, senoidal, etc.) que mejor ajusta los puntos representados, sin recurrir a una formulación matemática.

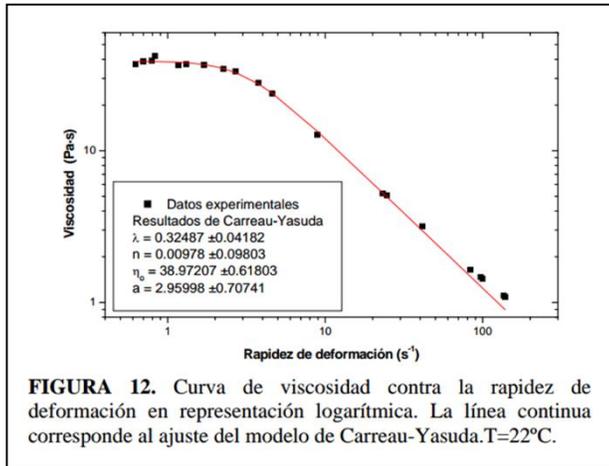


FIGURA 2. Establecer proporcionalidad. La doble escala logarítmica es elegida para obtener información relevante de la GC. Recuperado de Méndez-Sánchez, Pérez-Trejo y Paniagua (2010), p. 244.

Los programas informáticos permiten graficar de forma instantánea esas curvas, pero la decisión del tipo de ajuste más adecuado recae en definitiva sobre el estudiante. En el texto de Méndez-Sánchez y colaboradores [24] (Figura 3) esta HC aparece claramente como un paso diferenciado y previo a la obtención de la ecuación representativa: "Se puede ver que la relación que existe entre el esfuerzo de corte y la rapidez de deformación es lineal en todo el intervalo..."

-Transformar: supone un proceso de conversión gráfica cartesiana-formulación matemática o formulación matemática-gráfica cartesiana.

Esta HC, que implica la transformación de una representación en otra expresada en un sistema semiótico diferente, es una actividad cognitiva que Duval [25] denomina conversión o transformación externa de la representación. En el texto de [24] la referencia a esta HC se menciona luego de haber establecido la tendencia lineal de los datos: "puede representarse por la ecuación (6)" (Figura 3). En este caso la ecuación se obtiene de forma automática haciendo uso de un programa informático.

-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.

Esta HC implica entonces un cambio de registro, una conversión, de un registro matemático a un registro conceptual, estableciendo una correspondencia entre ciertas unidades elementales [25]. En el texto de la Figura 3 se vincula la viscosidad η con la pendiente $2,100Pas$ de la ecuación de ajuste ($\tau = -1,4828 + 2,100 \dot{\gamma}$), al explicitar "...la ecuación de ajuste de los datos experimentales, se tiene que la viscosidad para este fluido es igual a $\eta = 2,100Pas$ ".

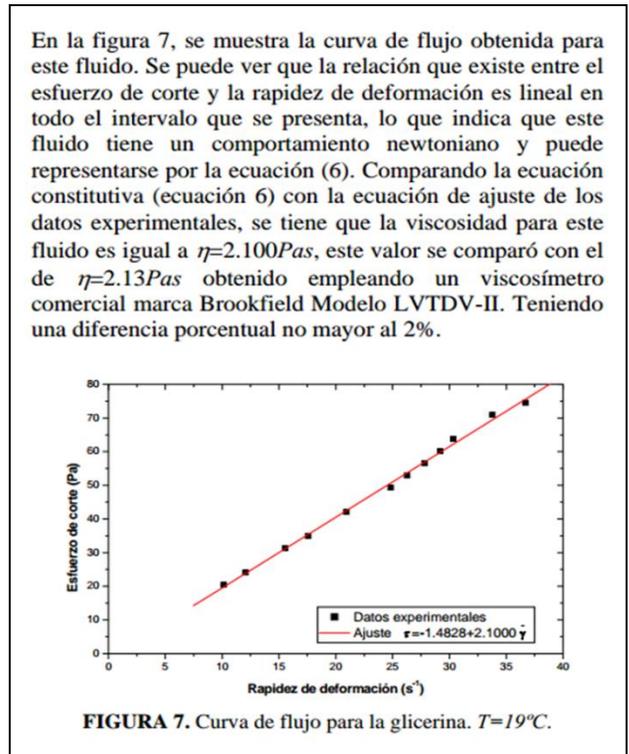


FIGURA 3. Ajustar, Transformar, Vincular e Interpretar. En la descripción de estas HC se transcriben los segmentos del texto que acompaña a la gráfica, indicadores de cada una de ellas. Recuperado de Méndez-Sánchez, Pérez-Trejo y Paniagua (2010), p. 242.

-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.

Esto nos dirá si los datos experimentales se corresponden, en mayor o en menor medida, con el modelo matemático; si éste es suficientemente bueno o satisfactorio para nuestro propósito, o no. Esta correspondencia permite realizar, en términos de Baird [26], una comparación detallada entre las propiedades globales del sistema en estudio y el modelo teórico. Ladera y Pineda [27], elaboran lo que denominan un modelo mecánico para el movimiento complejo de caída del fruto de un árbol, para luego contrastarlo con las mediciones de un sensor de ultrasonido. Así, en el análisis de sus resultados destacan la excelente correspondencia obtenida (Figura 4).

-Comparar: supone establecer semejanzas y diferencias entre dos o más curvas en una misma GC.

Es usual representar en una misma gráfica distintas curvas para el mismo par de variables en los ejes coordenados, cuando se estudia la relación entre esas dos variables para: (a) distintos valores —discretos— de una tercera variable (Figura 5a); (b) diferentes condiciones o propiedades del sistema (Figura 5b).

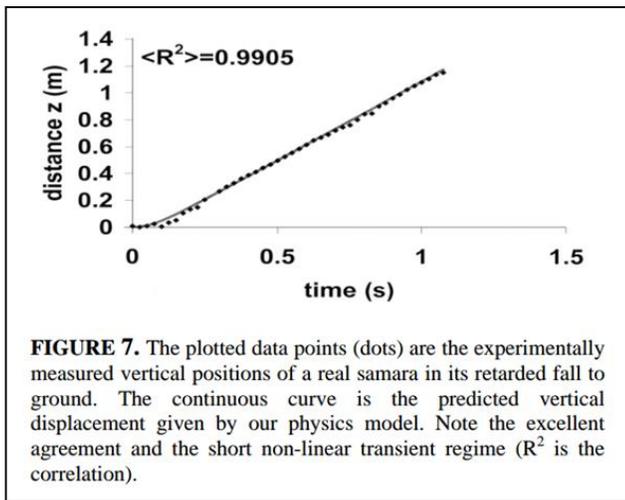


FIGURE 7. The plotted data points (dots) are the experimentally measured vertical positions of a real samara in its retarded fall to ground. The continuous curve is the predicted vertical displacement given by our physics model. Note the excellent agreement and the short non-linear transient regime (R^2 is the correlation).

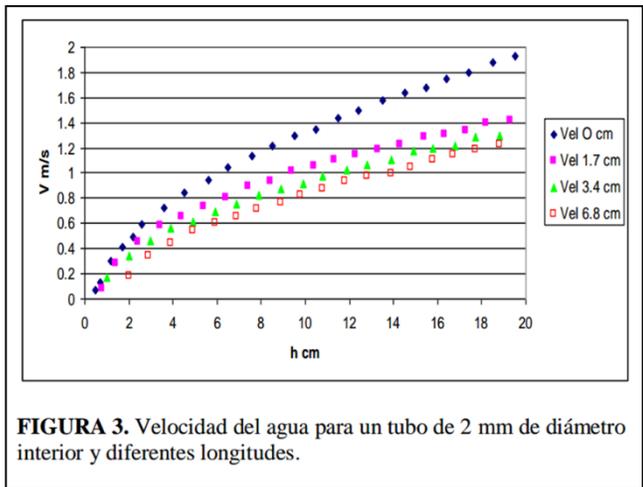


FIGURA 3. Velocidad del agua para un tubo de 2 mm de diámetro interior y diferentes longitudes.

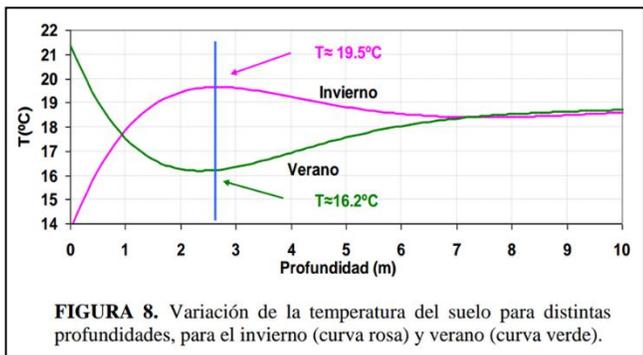


FIGURA 8. Variación de la temperatura del suelo para distintas profundidades, para el invierno (curva rosa) y verano (curva verde).

FIGURA 5b. Comparar. Se grafican curvas para dos condiciones diferentes del sistema: invierno y verano. Los autores indican: “se puede observar que a una profundidad de aproximadamente 2.5 m, Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol. 12, No. 2, June 2018

Gráficas cartesianas de Física: un estudio de las habilidades cognitivas en invierno puede haber una temperatura de 19.5 °C y en verano una temperatura de 16 °C.” Recuperado de Iannelli y Gil (2012) [29], p. 104.

- *Relacionar*: implica establecer conexiones entre dos o más GC.

Esta situación se presenta usualmente cuando: (a) se busca determinar el comportamiento de distintas variables dependientes respecto de una misma variable independiente (Figura 6); (b) se hace depender una variable de una o más transformaciones de la variable independiente, para obtener mayor información de esas gráficas [31]; (c) una gráfica de tres dimensiones se proyecta a dos o tres gráficas planas y se analiza el fenómeno relacionando éstas entre sí [32]. Ilustra el primer caso el siguiente comentario de Amrani y Paradis [30] sobre las GC experimentales de posición, velocidad y aceleración en función del tiempo para un movimiento armónico simple: “*Graphs of position, velocity and acceleration as a function of time are displayed in real time in the same window, illustrated in Figure 5. As shown in the top and middle plots the maximum and minimum values of the position occur when the velocity is zero. Likewise the maximum and minimum values of velocity occur when the position is at its equilibrium.*” (Figura 6).

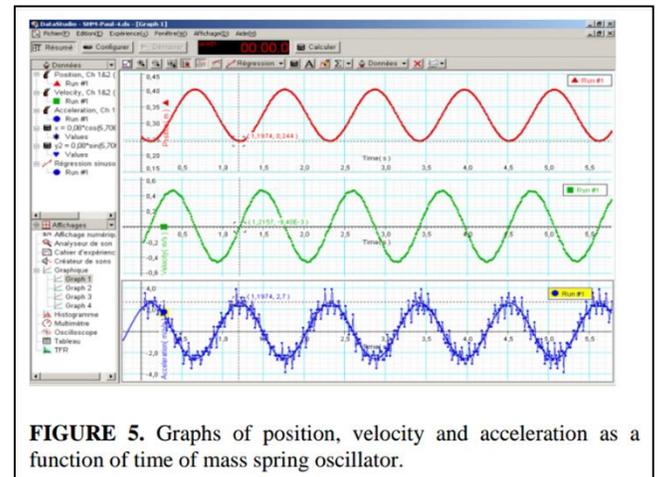


FIGURA 5. Graphs of position, velocity and acceleration as a function of time of mass spring oscillator.

Interpretar: implica atribuir un significado a la información contenida en las GC, en función de una estructura conceptual disponible.

El desarrollo de esta habilidad está relacionado con un análisis global de la gráfica, en la búsqueda de la información que pueda extraerse de la misma a partir de la relación observada entre las variables y haciendo uso de conocimiento específico sobre el fenómeno en estudio. En ocasiones, esta HC se pone en juego con la HC *ajustar*, como se observa en el texto de [24] incluido en la Figura 3: “*la relación que existe entre el esfuerzo de corte y la rapidez de deformación es lineal en todo el intervalo que se presenta, lo que indica que este fluido tiene un comportamiento newtoniano*”.

-Asignar título: implica incluir el título de la GC indicando las variables, el sistema o fenómeno al cual se refiere y/o el contexto en el cual se estudian dichas variables.

Los títulos permiten establecer el área de contenido en la que se inserta la GC, lo cual contribuye a establecer las leyes y principios dentro de los cuales puede ser interpretado el fenómeno. En la figura 5 de la propuesta de Amrani y Paradis [30], se consigna como título de la GC: “*Graphs of position, velocity and acceleration as a function of time of mass spring oscillator*”, dando cuenta de las variables —posición, velocidad, aceleración y tiempo— y el sistema —masa de un oscilador a resorte— (Figura 6).

V. MODELIZACIÓN

La modelización, es decir la construcción de modelos, constituye un aspecto fundamental en el proceso dinámico y no lineal de construcción del conocimiento científico [33]. A través de la modelización se conforman estructuras de relaciones complejas y de significados con códigos y conceptos propios que ofrecen reglas para explicar las situaciones, usando diferentes formas de representación [34, 35]. Desde un punto de vista educativo, modelizar es el acto de representar las propiedades del fenómeno en estudio de manera simplificada, es decir, incluyendo en el modelo los aspectos relevantes del fenómeno según el objetivo propuesto. En el proceso de enseñanza y de aprendizaje en Física se pueden construir modelos conceptuales, gráficos, matemáticos, entre otros.

En particular, en las propuestas didácticas estudiadas que incluyen la elaboración, tratamiento y análisis de GC se evidenció que la construcción de un modelo gráfico representado en un sistema de ejes cartesianos se sustenta, básicamente, en la conjunción de las HC *Identificar*, *Establecer proporcionalidad*, *Asignar título* y *Ajustar*. Estas HC están relacionadas con el volumen de información dentro del modelo gráfico que, de acuerdo con [4], 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 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 [25]. 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 natural pasando del registro algebraico o formal propio de la escritura simbólica al lenguaje natural, otorga significado a la interconexión entre los modelos matemático y conceptual.

En síntesis, la modelización en tanto construcción de modelos subsume las HC definidas previamente y posibilita la reconciliación integradora [13] de los modelos gráfico, conceptual y matemático a través de cambios de representación que se reflejan en cambios de lenguaje. Esto se resume en la Figura 7.

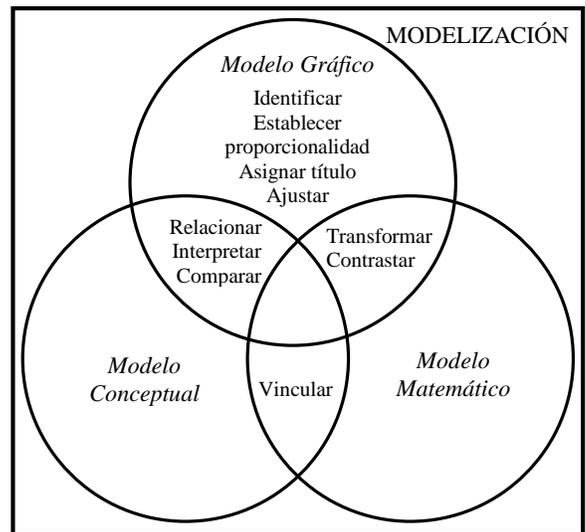


FIGURA 7. Modelos gráfico, conceptual y matemático y sus interconexiones.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En busca de elementos que sirvan de base para establecer las características que debe tener una propuesta de intervención didáctica orientada a favorecer el aprendizaje asociado a la construcción e interpretación de GC obtenidas en tiempo real, se observó que en la mayoría de las propuestas analizadas se trabaja con al menos cuatro de las HC planteadas en la presente investigación. Las que más se ponen en juego son aquellas relacionadas con el proceso de conversión de representaciones: *Interpretar*, *Transformar*, *Contrastar* y *Vincular*. Cabe mencionar que la HC *Ajustar* se activa con similar asiduidad que las HC *Interpretar* o *Transformar*. Esto refleja que, en general, en el planteo de las propuestas, los autores promueven el proceso de modelización más allá de que no lo expliciten en estos términos. En particular, Méndez-Sánchez y colaboradores [24], en la modelización de distintos tipos de fluidos, apelando a diferentes formas de representación (gráfica cartesiana, expresión algebraica y lenguaje natural), promueven activamente la coordinación entre los diversos

registros semióticos y, por ende la conversión de las representaciones. El desarrollo de esta coordinación es fundamental, pues de éste depende la habilidad para movilizar diferentes formas de representación conjuntamente de manera interactiva [25]. Asimismo, favorece una comprensión efectiva e integradora, que posibilita en términos de Ausubel [13] la transferencia de los conocimientos aprendidos.

Se evidenció una escasa atención al tratamiento de la HC *Establecer proporcionalidad*. Esto denotaría que se considera que no es necesario explicitar dicho tratamiento dado que los programas informáticos de procesamiento y análisis de datos determinan los valores de escala. Sin embargo, no se debería desatender que en muchos casos es preciso personalizar la escala para adaptarla a las demandas de la tarea. Esto sugiere que no se estarían considerando las dificultades asociadas a la determinación de la escala que, según [36], presentan los estudiantes, y que la construcción de escalas es una temática que se da por conocida en los currículos de ciencias y matemáticas [37].

La puesta en juego de HC en las propuestas analizadas hace suponer que los autores, aún de manera no explícita, consideran que las habilidades para construir diferentes formas de representación, no son capacidades innatas en los estudiantes, por lo tanto no tienen por qué desarrollarse si no se promueve su activación desde una tarea instruccional [38].

A partir de referencias explícitas, los autores dan cuenta de que las GC constituyen un recurso comunicativo que permite destacar ciertas características consideradas relevantes para el estudio de los sistemas físicos. Es decir, las GC son herramientas que permiten a los estudiantes emitir juicios, tomar decisiones, explicar fenómenos, elaborar conclusiones y predicciones. En este sentido, en su propuesta, Méndez-Sánchez y colaboradores [24] consignan “*A partir de las curvas de flujo y de viscosidad se determinó que la glicerina es un fluido newtoniano y que el shampoo es un fluido no newtoniano adelgazante.*”

VII. CONSIDERACIONES FINALES

Las GC se posicionan en 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 necesario promover el desarrollo de habilidades para representar las situaciones del mundo en términos de modelos [7, 33, 34, 38]. En este sentido es importante plantear propuestas de intervención didáctica que fortalezcan el desarrollo de las HC subsumidas en la modelización y, en particular, en los procesos de elaboración, tratamiento e interpretación de GC.

Consideramos que las HC identificadas en el marco de la presente investigación pueden constituirse insumo valioso para el planteo de ambientes de aprendizaje que permitan a los estudiantes lograr una comprensión genuina.

Es nuestra intención, continuar y ampliar nuestra perspectiva respecto de las HC teniendo en cuenta los

Gráficas cartesianas de Física: un estudio de las habilidades cognitivas procesos intersubjetivos que dan cuenta de las intenciones de los sujetos que construyen, interpretan o usan GC, a fin de fortalecer los fundamentos teóricos y metodológicos delineados en nuestro proyecto relacionado con GC de datos experimentales obtenidos en tiempo real.

REFERENCIAS

- [1] Arias Hernández, C., Hernando Leal, L., Organista Rodríguez, M., *La modelación de la variación, un análisis del uso de las gráficas cartesianas en los libros de texto de Biología, Física y Química de secundaria*, Revista de Ciencias **15**, 93-128 (2011).
- [2] Artola, E., Mayoral, L., Benarroch, A., *Las representaciones gráficas cartesianas en biología de poblaciones: Un estudio de campo en educación secundaria*, Revista Biológica **30**, 5-12 (2013).
- [3] García García, J., Perales Palacios, F., *¿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 (2005).
- [4] García García, J., *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**, 181-200 (2005).
- [5] Pozo, J., Flores, F., *Cambio conceptual y representacional en el aprendizaje y la enseñanza de la ciencia*, (Machado Libros, Madrid, 2007).
- [6] Suárez, L., Cordero, F., *Elementos teóricos para estudiar el uso de las gráficas en la modelación del cambio y de la variación en un ambiente tecnológico*, Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias Año 3, **1**, 51-58 (2008).
- [7] Adúriz Bravo, A., *Hacia una didáctica de las ciencias experimentales basada en modelos*, II Congrès Internacional de Didactiques (2010).
- [8] Chamizo Guerrero, J., Muñoz Galván, M., *Las metáforas y los modelos en la enseñanza de la Química*, IX Congreso Internacional sobre investigación en Didáctica de las Ciencias, 893-897 (2010).
- [9] Solar, H., Deulofeu, J., Azcárate, C., *Competencia de modelización en interpretación de gráficas funcionales*, Enseñanza de las Ciencias **33**, 191-210 (2015).
- [10] Yanitelli, M., Concari, S., Scancich, M., Pérez Sottile, R., *Estudio de movimiento en tiempo real. Dificultades de aprendizaje en dos diseños didácticos diferentes*, Lat. Am. J. Phys. Educ. **8**, 460-468 (2014).
- [11] Yanitelli, M., Scancich, M., Pala, L., *Análisis de propuestas didácticas que incorporan gráficas cartesianas*, Revista de Enseñanza de la Física **27**, 17-25 (2015).
- [12] Sánchez, M., *La investigación sobre el desarrollo y la enseñanza de las habilidades de pensamiento*, Revista Electrónica de Investigación Educativa **4**, <http://redie.uabc.mx/redie/article/view/55/101> (2002).
- [13] Ausubel, D., Novak, J. y Hanesian, H., *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*, (Editorial Trillas, México, 1983).

- [14] Testa, I., Monroy, G., Sassi, E., *Students' reading images in kinematics: the case of real-time graphs*, International Journal of Science Education **24**, 235-256 (2002).
- [15] Sassi, E., Monroy, G., Testa, I., *Teacher training about real-time approaches: Research-based guidelines and training materials*, Science Education **89**, 28-37 (2005).
- [16] Bernhard, J., *Physics Learning and Microcomputer Based Laboratory (MBL) – Learning effects of using MBL as a technological and as a cognitive tool*, Science Education Research in the Knowledge Based Society, 313-321 (2003).
- [17] Russell, D., Lucas, K. y McRobbie, C., *The role of the microcomputer-based laboratory display in supporting the construction of new understandings in kinematics*, Research in Science Education, **33**, 217-243 (2003).
- [18] Cordero, F., *La modellazione e la rappresentazione grafica nell'insegnamento-apprendimento della matematica*, La Matematica e la sua Didattica **20**, 59-79 (2006).
- [19] Collazos Morales, C., *Prototipo para la Enseñanza de la Dinámica Rotacional (Momento de Inercia y Teorema de Ejes Paralelos)*, Lat. Am. J. Phys. Educ. **3**, 619-624 (2009).
- [20] Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., Baptista Lucio, P., *Metodología de la investigación*, (McGraw-Hill Interamericana, Chile, 2008).
- [21] McKenzie, D., Padilla, M., *The construction and validation of the graphing in science (togs)*, Journal of Research in Science Teaching **23**, 571-579 (1986) citado en García García, J., *La comprensión de las representaciones gráficas cartesianas presentes en los libros de texto de ciencias experimentales y el uso que se hace de ellas en el aula*, Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias de la Educación, Granada (2005).
- [22] Padilla, M., McKenzie, D., Shawn E. Jr., *An examination of the line graphing ability of students in grades seven through twelve*, School Science and Mathematics **86**, 20-25 (1986) citado en García García, J., Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias de la Educación, Granada (2005).
- [23] García Torres, C., Ruiz Chavarría, M., *La ley de Boyle, el análisis de dos experimentos*, Lat. Am. J. Phys. Educ., 4 Suppl **1**, 957-962 (2010).
- [24] Méndez-Sánchez, A., Pérez-Trejo, L., Paniagua Mercado, A., *Determinación de la viscosidad de fluidos newtonianos y no newtonianos (una revisión del viscosímetro de Couette)*, Lat. Am. J. Phys. Educ. **4**, 237-245 (2010).
- [25] Duval, R., *Un tema crucial en la educación matemática: La habilidad para cambiar el registro de representación*, La gaceta de la RSME **9**, 143-168 (2006).
- [26] Baird, D., *Experimentación. Una introducción a la teoría de mediciones y al diseño de experimentos*, 2a Ed. (Prentice - Hall Hispanoamericana S. A., México, 1991).
- [27] Ladera, C., Pineda, P., *The physics of the spectacular flight of the *Triplaris samaras**, Lat. Am. J. Phys. Educ. **3**, 557-565 (2009).
- [28] Riveros Rotgé, H., Oliva Arias, A., Corona Hernández, J., *Flujo de agua en botellas como experimento didáctico*, Lat. Am. J. Phys. Educ. **5**, 196-200 (2011).
- [29] Iannelli, L. y Gil, S., *Acondicionamiento térmico de aire usando energía geotérmica-ondas de calor*, Lat. Am. J. Phys. Educ. **6**, 99-105 (2012).
- [30] Amrani, D., Paradis, P., *Use of Computer-Base Data Acquisition to Teach Physics Laboratories: Case Study-Simple Harmonic Motion*, Lat. Am. J. Phys. Educ. **4**, 511-514 (2010).
- [31] Amrani, D., Paradis, P., *Malus's law of light polarization using a Computer-Based Laboratory*, Lat. Am. J. Phys. Educ. **3**, 229-231 (2009).
- [32] Ibáñez, J., Abellán, F., Valerdi, R., García Gamuz, J., *Conductividad térmica de una barra de cobre. Estudio experimental del transitorio*, Lat. Am. J. Phys. Educ. **2**, 259-267 (2008).
- [33] Giere, R., *La explicación de la ciencia: Un acercamiento cognoscitivo*, (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México, 1992).
- [34] Justí, R., *La enseñanza de Ciencias basada en la elaboración de modelos*, Enseñanza de las Ciencias **24**, 173-184 (2006).
- [35] Rentería Rodríguez, E., *Los trabajos prácticos fundamentados en el proceso de modelización y orientados a la resolución de problemas*, Tesis de Magister en Educación. Universidad de Antioquía, Facultad de Educación, Medellín (2009).
- [36] Núñez, F., Banet H., Cordón Aranda, R., *Capacidades del alumnado de educación secundaria obligatoria para la elaboración e interpretación de gráficas*, Enseñanza de las Ciencias **27**, 447-462 (2009).
- [37] Leinhardt, G., Zalavzky, O., Stein, M., *Functions, graphs, and graphing. Task a learning and teaching*, Review of Educational Research **60**, 1-64 (1990).
- [38] Gangoso, Z., Truyol, M., Brincones, I., Gattoni, A., *Resolución de problemas, comprensión, modelización y desempeño: un caso con estudiantes de ingeniería*, Lat. Am. J. Phys. Educ. **2**, 233-240 (2008).

ANEXO

Título	Autor/es	Año-Vol (Nro.)
Articulación en la enseñanza en carreras de ingeniería: el movimiento armónico simple y las ecuaciones diferenciales de segundo orden lineal	Costa, V., Torroba, P.y Devece, E.	2013 - V7(3)
Enseñanza de los conceptos relativos al movimiento rotacional mediante videos del fenómeno y medidas en tiempo real	Ferreira B, J. y Andrés Z., M.	2013 - V7(3)
Propriedades de um acelerômetro eletrônico e possibilidades de uso no ensino de mecânica	Saraiva da Rocha, F. y Marranghello, G.	2013 - V7(1)
Comparison between gravitational and inertial mass: Two experiments with Real Time Laboratory	Torzo, G. y Pecori, B.	2012 - V6(2)
Acondicionamiento térmico de aire usando energía geotérmica-ondas de calor	Iannelli, L.y Gil, S.	2012 - V6(1)
Uso de técnicas digitales para el estudio del movimiento de cuerpos rígidos	Núñez, P., Olivieri, N., Llera, M. y Rodríguez, E.	2012 - V6(1)
Periodic movement of subject's legs to investigate force-position, force-velocity and force-acceleration relationships: Real time experiment using data logge	Amrani, D.y Hénault, A.	2011 - V5(2)
Experimentos con objetos que caen con aceleración mayor que g	Calderón, S. y Gil, S.	2011 - V5(2)
Corrección de la distribución de intensidades de la imagen del patrón de difracción de un láser obtenida con una cámara digita	Cleva, M., Sampallo, G., González Thomas, A.y Acosta, C.	2011 - V5(2)
Evaluación de tres montajes experimentales para la práctica de laboratorio "Momento de inercia de un cuerpo rígido"	Hernández Ferreira, A. y Hernández Gessa, A.	2011 - V5(1)
Flujo de agua en botellas como experimento didáctico	Riveros Rotgé, H.; Oliva Arias, A.y Corona Hernández, J.	2011 - V5(1)
La ley de Boyle, el análisis de dos experimentos	García Torres, C. y Ruiz Chavarría, M.	2010 - V4(4)
Use of Computer-Based Data Acquisition to Teach Physics Laboratories: Case study-Simple Harmonic Motion	Amrani, D. y Paradis, P.	2010 - V4(3)
Physics of Karate. Kinematics analysis of karate techniques by a digital movie camer	Gianino, C.	2010 - V4(1)
Determinación de la viscosidad de fluidos newtonianos y no newtonianos (una revisión del viscosímetro de Couette	Méndez-Sánchez, A., Pérez-Trejo, L. y Paniagua Mercado, A.	2010 - V4(1)
Experimentos con un sensor de efecto Hall	Atorino, J., Bortolín, L., Rodríguez, E., Farías, R. y Rodríguez, E.	2009 - V3(3)
The physics of the spectacular flight of the Triplaris samaras	Ladera, C.y Pineda, P.	2009 - V3(3)
Malus's law of light polarization using a Computer-Based Laboratory	Amrani, D.y Paradis, P.	2009 - V3(2)
Prototipo para la Enseñanza de la Dinámica Rotacional (Conservación del Momento Angular)	Collazos Morales, C.	2009 - V3(2)
The real pendulum: theory, simulation, experiment	Torzo, G.y Peranzoni, P.	2009 - V3(2)
Experiment showing the motion of a falling object and the influence of air drag	Bergeler, E.	2009 - V3(1)
La cámara digital como instrumento de laboratorio: estudio del tiro oblicuo	Calderón, S., Núñez, P.y Gil, S.	2009 - V3(1)
Estudio cinemático del movimiento de cuerpos que ruedan por un plano inclinado	Calderón, S., Núñez, P. y Gil, S.	2009 - V3(1)
Midiendo velocidades supersónicas utilizando Youtube	Núñez, P., Calderón, S. y Gil, S.	2009 - V3(1)
La aceleración en el espacio y en el tiempo: cinemática de los arrancones	Corona Cruz, A.	2008 - V2(3)
Cuando la tostada resbala de la mano	Corona Cruz, A.y Martínez Peña, G.	2008 - V2(3)
Conductividad térmica de una barra de cobre. Estudio experimental del transitorio	Ibáñez, J., Abellán, F., Valerdi, R. y García Gamuz, J.	2008 - V2(3)
Implementación del software DivYX en el laboratorio de Mecánica	Pérez-Trejo, L., Méndez Sánchez, A. y González Flores, H.	2008 - V2(3)