

# Distintos tipos de gráficos cartesianos en el aprendizaje de la física. Dos casos típicos

Diverse types of Cartesian graphs in physics learning. Two typical cases

REVISTA  
DE  
ENSEÑANZA  
DE LA  
FÍSICA

Ignacio J. Idoyaga<sup>1,2</sup>, Jorge E. Maeyoshimoto<sup>1,2</sup>, Hugo Granchetti<sup>3</sup> y Ma. Gabriela Lorenzo<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Buenos Aires, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Centro de Investigación y Apoyo a la Educación Científica. Junín 956, CP 1113, CABA. Argentina.

<sup>2</sup>Universidad de Buenos Aires, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Cátedra de Física. Junín 956, CP 1113, CABA. Argentina.

<sup>3</sup>Universidad de Buenos Aires, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Cátedra de Matemática. Junín 956, CP 1113, CABA. Argentina.

<sup>4</sup>CONICET.

E-mail: iidoyaga@ffyb.uba.ar

## Resumen

Este trabajo busca reconocer el nivel de procesamiento de la información gráfica que alcanzan estudiantes universitarios de física. Se estudia la influencia del tipo de gráfico cartesiano y del contenido representado. Se diseñaron especialmente dos tareas de lápiz y papel: una correspondiente a la unidad “Vibraciones y ondas” y otra a la unidad “Polarización”. Los resultados mostraron que los estudiantes estaban familiarizados con los gráficos cartesianos y que accedieron al nivel de la información explícita e implícita sin mayores dificultades. Por otra parte, el procesamiento a nivel de la información conceptual fue menos frecuente y estuvo fuertemente influenciado por el contenido representado lo que debe ser tenido en cuenta a la hora de orientar las actividades de enseñanza.

**Palabras clave:** Representaciones externas; Gráficos cartesianos; Contenido de la información gráfica; Física; Universidad.

## Abstract

This paper aims to recognize the level of graphical information's level of processing that reached Physics students at University. The study covers the influence of Cartesian graphs and the content represented. Pencil and paper tasks were specially designed: one suitable for “Vibrators and Waves” unit and another for “Polarization” unit. The results show that students were familiar with the Cartesian graphs and that they acceded to the level of the explicit and implicit information without major difficulties. On the other hand, the processing of conceptual information was less frequent and was strongly influenced by the content represented. It should be taken into account when guiding teaching activities.

**Keywords:** External representation; Cartesian graphs; Graphs information content; Physics; University.

## I. INTRODUCCIÓN

En los cursos de física, profesores y estudiantes recurren a diferentes sistemas semióticos entre los que se destacan el lenguaje natural, las representaciones gráficas y las expresiones algebraicas. Cada sistema resalta alguna característica del concepto que se busca enseñar y aprender, abordándolo de una forma que le es propia. Así, los sistemas no resultan redundantes, sino que actúan de manera sinérgica para la construcción de un significado canónico (Roth, Bowen y McGinn, 1999) que no se alcanzaría de otra manera. Las complejas ideas científicas imponen la necesidad de recurrir a diferentes modos semióticos (Lemke, 2002).

Las reglas de cada sistema semiótico condicionan la enseñanza y el aprendizaje, por lo que surge la necesidad de explicitarlas en las clases, particularmente como conectan los signos con las ideas que las repre-

representaciones sustituyen en el discurso científico (Lombardi, Caballero y Moreira, 2009). Perales (2006) sostiene que es necesario ampliar el término entorno de aprendizaje para incluir estas reglas y restricciones como importantes características que influyen sobre la construcción de conocimiento científico.

Entre los sistemas representacionales presentes en la educación en física, la información gráfica como tipo particular de representación externa, ocupa un lugar preponderante (Artola, Mayoral y Benarroch, 2016; Grilli, Laxague y Barboza, 2015; Gómez Llombart y Gaviria Catalán, 2015). En la enseñanza de la física en distintos niveles del sistema educativo, se recurre a un gran número de representaciones gráficas presumiblemente asumiendo que son sencillas de comprender y muchas veces obviando la necesaria clarificación de sus reglas. Sin embargo, las investigaciones sobre la comprensión de las representaciones gráficas han puesto en duda este supuesto.

Desde una perspectiva didáctica, las representaciones pueden entenderse como construcciones de los sujetos que refieren a objetos, fenómenos, conceptos o ideas. Reúnen las características fundamentales de los referentes, sean reales o imaginarios, y pueden sustituirlos en la interacción con los sujetos. Puede plantearse la existencia de dos clases generales de representaciones, las internas y las externas (Duval, 1999). Las representaciones internas son de carácter idiosincrático y son construidas tácitamente durante los procesos de aprendizaje. Por otra parte, las representaciones externas son de carácter semiótico y abundan en los procesos de enseñanza en los que pueden ser consideradas como prótesis cognitivas para la comprensión y el aprendizaje de nuevos conocimientos (Pozo, 2006).

Las representaciones gráficas son representaciones externas permanentes que pueden ser conservadas en un soporte y ofrecen una representación visual de objetos ausentes o conceptos abstractos (García García, 2005). En estas representaciones la distribución de puntos, líneas o curvas en un plano codifica un significado (Martí, 1999).

En ciencias y en su enseñanza las representaciones gráficas tienen diferentes usos. En el discurso de los científicos estas representaciones pueden mostrar el comportamiento de un grupo de datos producto de la experimentación o presentar un modelo teórico sobre el comportamiento de los fenómenos; mientras que en la enseñanza una representación gráfica puede ser incluida para presentar en la exposición de determinados hechos, formando parte de una de una situación problema, o en el interior de una propuesta de actividad experimental (García García, 2005).

Cada tipo de representación gráfica tiene una forma particular de presentar la información y de acuerdo con la relación entre los elementos representados, pueden distinguirse diagramas, gráficos, mapas e ilustraciones (Postigo y Pozo, 2000).

Los gráficos cartesianos, como tipo particular de representación ocupan un lugar central en el discurso de la física y de las diversas disciplinas que conforman las asignaturas de las titulaciones en ciencia y tecnología de nivel superior. Permiten mostrar relaciones cuantitativas entre las variables involucradas por lo que desempeñan un rol destacado en la enseñanza y en la práctica experimental (Jiménez Tejada, 2013; Arias, Leal y Organista, 2011). En esta línea, los estudiantes de ciencias, para aprender por medio de gráficos cartesianos, deben procesar la información contenida en ellos en pos de construir un conocimiento que exceda a la propia representación. Al respecto, Postigo y Pozo (2000) han propuesto tres niveles de procesamiento de la información contenida en los gráficos:

- El procesamiento a nivel de la información explícita como el nivel más superficial de lectura, que alude a la identificación de los elementos presentes en el gráfico (título, número, nombre, tipo y los distintos valores de las variables).
- El procesamiento a nivel de la información implícita el cual requiere encontrar patrones y tendencias identificando relaciones entre las variables involucradas; exige que el gráfico sea interpretado globalmente y supone un cierto conocimiento y dominio del sistema semiótico (por ejemplo, determinar la pendiente de una recta).
- El procesamiento a nivel de la información conceptual requiere en gran medida de los niveles anteriores y está centrado en el establecimiento de relaciones conceptuales a partir del análisis global de la estructura del gráfico.

El último nivel hace necesario ir más allá de la información contenida de modo explícito e implícito en el gráfico recuperando otros conocimientos disponibles en la memoria a largo plazo, relacionados con el contenido representado, con el fin de realizar interpretaciones, explicaciones o predicciones sobre el fenómeno representado en dicho gráfico. El nivel conceptual es el que permitiría *redescribir* las representaciones internas o generar nuevas, construyendo sobre las anteriores a partir de la relación entre representaciones externas e internas, lo que implica procesos sucesivos de *explicitación* e *implicitación* (Pozo, 2017).

En la escuela secundaria, mayormente, se logra el procesamiento de la información gráfica en los dos primeros niveles (información explícita e implícita), queda para la universidad el desarrollo de las habili-

dades vinculadas al procesamiento de la información conceptual. Sin embargo, existen varias investigaciones que han puesto de manifiesto que tanto los estudiantes universitarios como sujetos titulados en ciencias, presentan dificultades para acceder a la información gráfica más allá de los dos primeros niveles (Leinhardt, Zalanvsky y Stein, 1999; García García y Perales, 2006; Pozo y Flores, 2007) o para interpretar la información contenida en los gráficos (Font y otros, 2008), así como para construir representaciones (Álvarez Tamayo, 2011 y Solar, Deulofeu y Azcárate, 2015) lo que no necesariamente puede considerarse un proceso inverso al de la lectura del gráfico.

La imposibilidad de procesar los gráficos más allá de los niveles superficiales, perpetuada por la falta de estrategias planificadas para enseñar el procesamiento conceptual en el nivel universitario, podría ser una de las causas de los frecuentes problemas que manifiestan los estudiantes para el aprendizaje de las ciencias, en especial de la física, disciplina en la que abundan las representaciones (Suárez y Cordero, 2008; Galagovsky, Di Giacomo y Castelo, 2009; Chamizo, 2010; Matus, Benarroch y Nappa, 2011). La manera en que los profesores enseñan tanto a construir como a leer e interpretar representaciones gráficas, particularmente gráficos cartesianos, es un factor preponderante y puede constituirse en un catalizador efectivo para transparentar el discurso científico y tecnológico.

Sin embargo, no todos los gráficos cartesianos son idénticos entre sí, dado que existen diferentes tipos de curvas de acuerdo con las funciones que representan (rectas, parábolas, hipérbolas, entre otras) y además, admiten la representación simultánea de dos o más funciones en un mismo par de ejes ortogonales. En este sentido, el propósito general de este trabajo es profundizar el conocimiento sobre la utilización, comprensión, interpretación y procesamiento de distintos tipos de gráficos cartesianos de uso habitual en la enseñanza y el aprendizaje de física. El objetivo específico es indagar el acceso al procesamiento de dos tipos de gráficos cartesianos ampliamente utilizados en cursos universitarios de física correspondiente a dos tópicos del programa de la asignatura (polarización y ondas), atendiendo al nivel de procesamiento de la información conceptual en relación con las curvas representadas en cada caso. Los resultados de este trabajo resultan un valioso aporte para el diseño de secuencias didácticas basadas en la investigación, tendientes a propiciar el desarrollo de habilidades relacionadas con el procesamiento de gráficos; y para la reflexión sobre las estrategias de enseñanza.

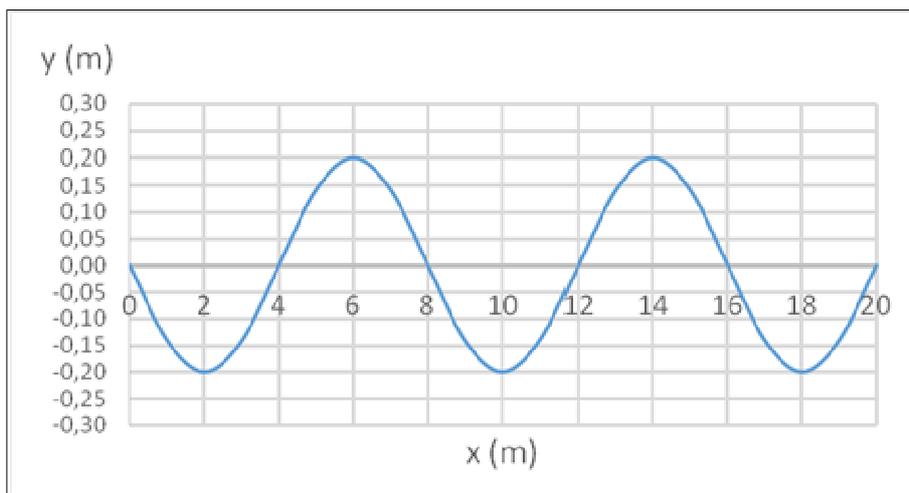
## **II. METODOLOGÍA**

### **A. Participantes**

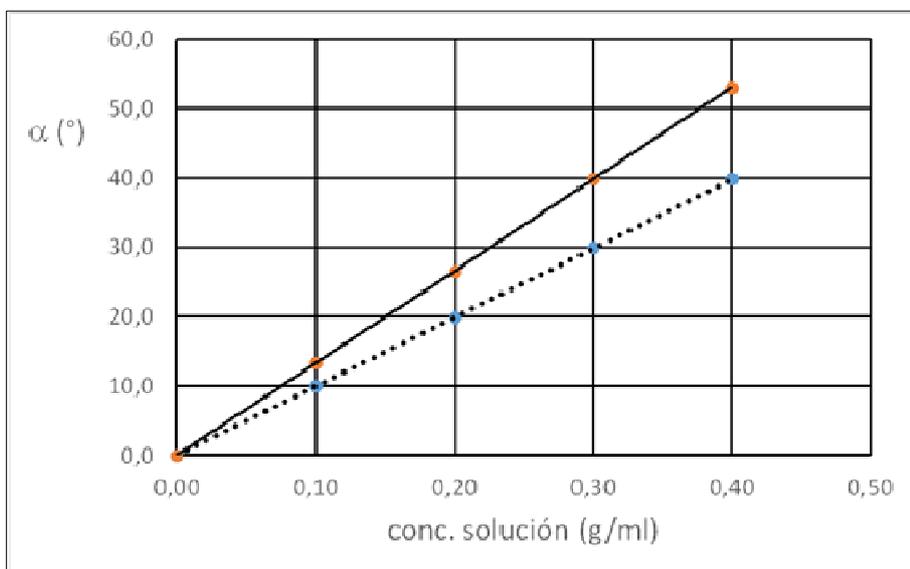
Los participantes fueron 96 estudiantes voluntarios (dos grupos de clase completos) de la asignatura Física B correspondiente al segundo año de las carreras de Bioquímica, Farmacia y Licenciatura en Química que se dictan en una universidad privada de la Ciudad de Buenos Aires, cuyos datos fueron tratados de forma confidencial. El programa analítico incluye las siguientes unidades: vibraciones y ondas, sonido, naturaleza de la luz, óptica geométrica, polarización, difracción, espectroscopia y espectrofotometría. La carga horaria semanal de la asignatura es de cuatro horas, en las que se realizan distintas actividades experimentales en el laboratorio. Los estudiantes también disponen de múltiples actividades en un aula virtual especialmente diseñada para completar sus aprendizajes. La evaluación para la acreditación de la asignatura consta de dos exámenes escritos y dos informes de laboratorio. En todas estas instancias se espera que los estudiantes confeccionen e interpreten gráficos cartesianos.

### **B. Tareas**

Este estudio incluyó la realización de dos tareas de lápiz y papel especialmente diseñadas. La tarea 1 presentaba un gráfico cartesiano (Figura 1) donde se representaba en cierto instante una onda viajera mecánica establecida en una soga. Este contenido corresponde a la unidad Vibraciones y ondas. La tarea 2 presentaba un gráfico (Figura 2) donde se representaba el poder rotatorio de dos soluciones acuosas de sacarosa, una pura y otra con impurezas ópticamente inactivas, según su concentración. Este contenido corresponde a la unidad Polarización. Estos gráficos se eligieron especialmente por tratarse de representaciones que aparecen con alta frecuencia en el curso y que normalmente se incluyen en instancias de evaluación. Si bien ambos son gráficos cartesianos responden a las mismas reglas generales, presentan funciones diferentes como suele suceder en el nivel universitario, por lo que resulta interesante profundizar en ellos.



**FIGURA 1.** Gráfico correspondiente a la tarea 1. Representación instantánea de una onda viajera mecánica en una soga.



**FIGURA 2.** Gráfico correspondiente a la tarea 2. Poder rotatorio de dos soluciones acuosas de sacarosa, una pura y otra con impurezas ópticamente inactivas.

Cada tarea incluyó preguntas cerradas tipo enunciado a completar (a, b, y c) vinculadas a los distintos niveles de procesamiento de la información gráfica (E: información explícita; I: información implícita; C: información conceptual). Las preguntas y el nivel asociado se muestran en la tabla 1.

**TABLA I.** Preguntas y niveles de procesamiento de la información gráfica asociados para la tarea 1 y la tarea 2.

	Tarea 1	Tarea 2	Nivel asociado
a	La unidad de la posición (X) es...	La unidad del poder rotatorio ( $\alpha$ ) es...	E
b	La longitud de onda es...	El solvente es... (dextrógiro, levógiro u ópticamente inactivo)	I
c	Si la velocidad es 20m/s, la frecuencia es...	La pureza de la muestra impura es...	C

### C. Diseño y análisis de datos

La tarea fue introducida en situación de examen en el mes de mayo de 2017. El tiempo para la realización fue de sesenta minutos.

Las producciones fueron analizadas en primera instancia de manera individual por cada investigador para luego poner en común sus observaciones con el grupo, hasta el establecimiento de un consenso.

Para el análisis de las respuestas a las preguntas a, b y c de cada tarea se asentaron aquellas correctas desde una perspectiva disciplinar y se registraron las respuestas diferentes.

Los datos se analizaron usando estadística descriptiva e inferencial. Se realizaron las correspondientes pruebas de McNemar para detectar diferencias en las respuestas de los alumnos en cada tarea, entre los diferentes niveles de procesamiento de la información gráfica. Para evaluar la asociación entre las respuestas dadas en la tarea 1 y en la tarea 2, en cada nivel de procesamiento, se utilizó la prueba exacta de Fisher. En todas las pruebas se empleó un nivel de significación alfa de 0,05. Se trabajó con el software IBM SPSS versión 22.

### III. RESULTADOS

Las tablas II, III y IV muestran las diferentes proporciones de respuestas correctas e incorrectas para la tarea 1, comparando las respuestas a las preguntas vinculadas a los diferentes niveles de procesamiento de a pares.

**TABLA II.** Respuestas a las preguntas a versus b para la tarea 1.

			1b		Total
			Incorrecto	Correcto	
1a	Incorrecto	Recuento	5	8	13
		% del total	5,2%	8,3%	13,5%
	Correcto	Recuento	7	76	83
		% del total	7,3%	79,2%	86,5%
Total	Recuento		12	84	96
	% del total		12,5%	87,5%	100,0%

**TABLA III.** Respuestas a las preguntas a versus c para la tarea 1.

			1c		Total
			Incorrecto	Correcto	
1a	Incorrecto	Recuento	9	4	13
		% del total	9,4%	4,2%	13,5%
	Correcto	Recuento	12	71	83
		% del total	12,5%	74,0%	86,5%
Total	Recuento		21	75	96
	% del total		21,9%	78,1%	100,0%

**TABLA IV.** Respuestas a las preguntas b versus c para la tarea 1.

			1c		Total
			Incorrecto	Correcto	
1b	Incorrecto	Recuento	8	4	12
		% del total	8,3%	4,2%	12,5%
	Correcto	Recuento	13	71	84
		% del total	13,5%	74,0%	87,5%
Total	Recuento		21	75	96
	% del total		21,9%	78,1%	100,0%

Se hallaron diferencias significativas en la proporción de respuestas correctas al comparar los niveles de análisis 1b (tarea 1, pregunta b) y 1c (tarea 1, pregunta c) ( $p=0,049$ ); no así para las otras dos comparaciones. En particular, las proporciones de respuestas correctas e incorrectas fueron prácticamente iguales entre los niveles de análisis 1a y 1b.

Análogamente, las tablas V, VI y VII muestran las diferentes proporciones de respuestas correctas e incorrectas para la tarea 2, comparando las respuestas a las preguntas vinculadas a los diferentes niveles.

**TABLA V.** Respuestas a las preguntas a versus b para la tarea 2.

			2b		Total
			Incorrecto	Correcto	
2a	Incorrecto	Recuento	11	15	26
		% del total	11,5%	15,6%	27,1%
	Correcto	Recuento	15	55	70
		% del total	15,6%	57,3%	72,9%
Total	Recuento	26	70	96	
	% del total	27,1%	72,9%	100,0%	

**TABLA VI.** Respuestas a las preguntas a versus c para la tarea 2.

			2c		Total
			Incorrecto	Correcto	
2a	Incorrecto	Recuento	21	5	26
		% del total	21,9%	5,2%	27,1%
	Correcto	Recuento	31	39	70
		% del total	32,3%	40,6%	72,9%
Total	Recuento	52	44	96	
	% del total	54,2%	45,8%	100,0%	

**TABLA VII.** Respuestas a las preguntas b versus c para la tarea 2.

			2c		Total
			Incorrecto	Correcto	
2b	Incorrecto	Recuento	20	6	26
		% del total	20,8%	6,3%	27,1%
	Correcto	Recuento	32	38	70
		% del total	33,3%	39,6%	72,9%
Total	Recuento	52	44	96	
	% del total	54,2%	45,8%	100,0%	

Se hallaron diferencias significativas en la proporción de respuestas correctas al comparar 2a y 2c ( $p < 0,001$ ) y 2b y 2c ( $p < 0,001$ ). En particular, las proporciones de respuestas correctas e incorrectas fueron prácticamente iguales entre 2a y 2b.

Por otro lado, las tablas VIII, IX y X muestran las diferentes proporciones de respuestas correctas e incorrectas entre la tarea 1 y la tarea 2, para cada uno de los niveles de procesamiento de la información gráfica.

**TABLA VIII.** Respuestas a de la tarea 1 versus a de la tarea 2.

			2a		Total
			Incorrecto	Correcto	
1a	Incorrecto	Recuento	11	2	13
		% del total	11,5%	2,1%	13,5%
	Correcto	Recuento	15	68	83
		% del total	15,6%	70,8%	86,5%
Total	Recuento	26	70	96	
	% del total	27,1%	72,9%	100,0%	

**TABLA IX.** Respuestas b de la tarea 1 versus b de la tarea 2.

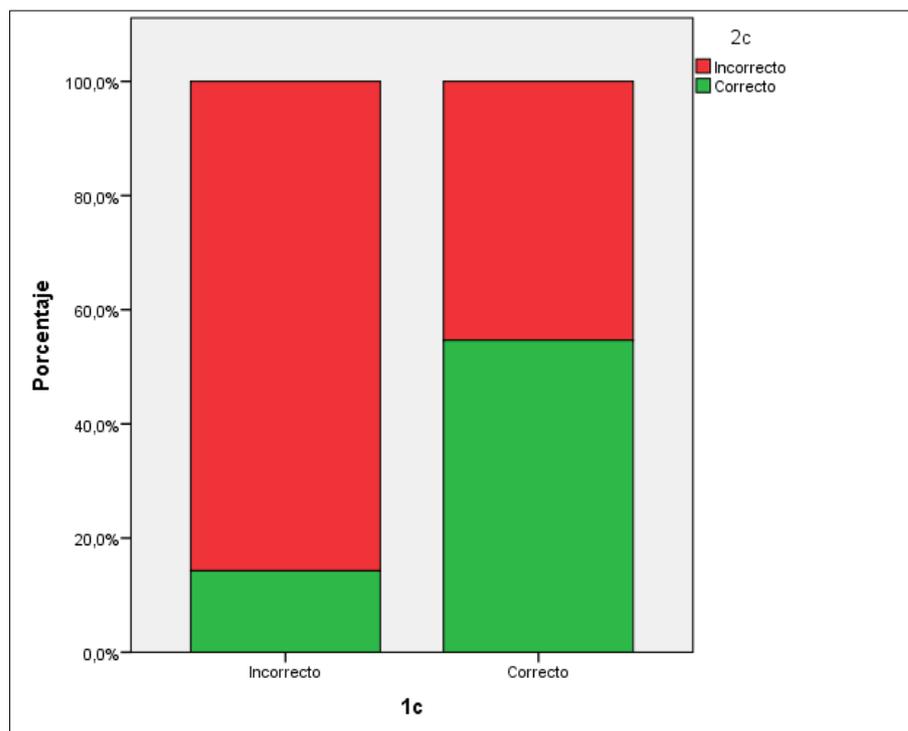
			2b		Total
			Incorrecto	Correcto	
1b	Incorrecto	Recuento	6	6	12
		% del total	6,3%	6,3%	12,5%
	Correcto	Recuento	20	64	84
		% del total	20,8%	66,7%	87,5%
Total	Recuento		26	70	96
	% del total		27,1%	72,9%	100,0%

**TABLA X.** Respuestas c de la tarea 1 versus c de la tarea 2.

			2c		Total
			Incorrecto	Correcto	
1c	Incorrecto	Recuento	18	3	21
		% del total	18,8%	3,1%	21,9%
	Correcto	Recuento	34	41	75
		% del total	35,4%	42,7%	78,1%
Total	Recuento		52	44	96
	% del total		54,2%	45,8%	100,0%

En los tres casos se hallaron diferencias significativas en la proporción de respuestas correctas, al comparar los niveles de análisis 1a y 2a (86,5% vs 72,9%;  $p=0,002$ ), 1b y 2b (87,5% vs 72,9%;  $p=0,009$ ), y 1c y 2c (78,1% vs 45,8%;  $p<<0,001$ ). La mayor diferencia se dio en esta última comparación.

En relación con la prueba de independencia de los correspondientes niveles de respuesta entre cada tarea, se halló una asociación significativa entre los niveles de análisis 1a y 2a ( $p<<0,001$ ) y entre los niveles de análisis 1c y 2c ( $p=0,001$ ). Entre los niveles de análisis 1b y 2b la asociación fue más modesta ( $p=0,069$ ). Esto significa que los alumnos que contestaron correctamente la tarea 1 en el nivel de análisis 1a y 1c, tienden a contestar correctamente también la tarea 2 en el nivel de análisis 2a y 2c, respectivamente. La figura 3 ilustra estos resultados para el caso de las preguntas c.



**FIGURA 3.** Gráfico correspondiente al análisis cruzado de las respuestas a las preguntas c de las tareas 1 y 2.

#### IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los participantes mostraron estar familiarizados con los gráficos cartesianos y lograron acceder a los niveles de información explícita e implícita para los dos tipos de gráficos presentados. Este hecho se evidencia en los resultados expuestos en la tabla II y en la tabla V. Las preguntas a y b, vinculadas respectivamente con los niveles explícito e implícito, fueron respondidas correctamente con alta frecuencia, 87 y 88% para la de la tarea 1 y 73% en ambos casos para la tarea 2. Estas altas frecuencias correlacionan con el desarrollo de las habilidades vinculadas con los dos primeros niveles de procesamiento de la información gráfica. Estos valores estarían indicando una apropiación de conocimiento de los estudiantes lograda tanto durante la escolarización secundaria como a través de sus experiencias en la universidad. En este sentido, se puede concluir que actividades en donde se pide a los estudiantes universitarios que procesen las representaciones a estos niveles no implicarían grandes desafíos para la resolución de las tareas y la consiguiente construcción de nuevos conocimientos. El hecho que no existan diferencias significativas entre las respuestas a las preguntas 1a y 1b y entre 2a y 2b, refuerza la idea que la información explícita e implícita es accesible igualmente para estos estudiantes.

Las diferencias encontradas al comparar las respuestas 1a y 2a (87% vs 73%;  $p=0,002$ ) y al comparar 1b y 2b (88% vs 73%;  $p=0,009$ ), pueden atribuirse a las diferencias estructurales entre ambos gráficos y a las distintas funciones representadas. En la tarea 1 el gráfico cartesiano presenta una función periódica, en la tarea 2 el gráfico cartesiano presenta dos funciones lineales. Es posible especular que el hecho de que dos funciones se representen en el mismo par de ejes dificulta el procesamiento de la representación, confirmar esto requerirá estudios posteriores. Por otra parte, en ambas preguntas relacionadas al nivel implícito se utiliza terminología propia de la unidad a la que pertenecen los gráficos. La formulación de la pregunta podría también estar influyendo.

Las respuestas a las preguntas c, relacionadas con el procesamiento a nivel de la información conceptual, para ambas tareas son las que presentan menor frecuencia de respuestas correctas. Existen diferencias estadísticamente significativas entre 1b y 1c ( $p=0,049$ , tabla IV), entre 2a y 2c ( $p<<0,001$ , tabla VI) y entre 2b y 2c ( $p<<0,001$ , tabla VII). Lo que evidenciaría la complejidad de este nivel y apoyaría la idea que muchos estudiantes universitarios no logran realizar todos los procesos necesarios para vincular la representación con conocimientos previos para resignificarla. La idea de atribuir esta dificultad al procesamiento de la información gráfica se sustenta en el supuesto que los estudiantes manejan los modelos propios de la física necesarios. Estos grupos aprobaron un curso de física anterior y trabajaron arduamente las unidades involucradas durante el cuatrimestre en el que se aplicaron las tareas. Aparece entonces, claramente la necesidad generar estrategias de enseñanza para el desarrollo de habilidades que permitan abordar el procesamiento conceptual y así aprender por medio de gráficos.

Resultan llamativas las diferencias entre las frecuencias para la pregunta c (nivel conceptual) entre ambas tareas. Las respuestas correctas para la tarea 2, correspondiente a la unidad Polarización, son significativamente menores ( $p<<0,001$ , tabla X) que para la tarea 1, correspondiente a la unidad Vibraciones y Ondas. Esta diferencia de más de 32 puntos porcentuales puede atribuirse a las distintas funciones representadas en los gráficos o al uso de terminología propia de cada capítulo disciplinar, sin embargo, es más probable que el contenido representado este influyendo en el procesamiento a nivel de la información conceptual.

Si bien la prueba de Fisher mostró asociación significativa entre todos los niveles de procesamiento, indicando una tendencia a que si se responde correctamente una tarea se hará lo mismo en la otra, la Figura 2 muestra contundentemente el obstáculo que se plantea en la tarea 2 para el nivel conceptual. Sólo 41 de los 75 estudiantes que responden correctamente la pregunta c de la tarea 1, accediendo al procesamiento conceptual, hacen lo mismo en la tarea 2.

El contenido Polarización (tarea 2) parecería influir negativamente la posibilidad de procesar conceptualmente la representación, al menos en mayor medida que las ideas vinculadas a una simple onda viajera en una soga (tarea 1). Posiblemente los complejos y abstractos modelos utilizados en las clases donde se aborda la polarización, la actividad óptica y su relación con la determinación de pureza presenten dificultades para conectarse con la representación. Esto debería ser tenido en cuenta a la hora de diseñar actividades de clase o de evaluación.

Adicionalmente, es oportuno señalar que el gráfico de la tarea 1 es análogo al ejercicio, realizado en clase, de generar ondas en sogas, esta similitud con la experiencia vivencial podría permitir un acercamiento desde el pensamiento concreto, algo imposible en el abstracto modelo con el que se interpreta el fenómeno representado en la tarea 2.

Particularmente, en los planes de estudio de carreras como las que fueron objeto de este trabajo, los gráficos del tipo de los presentados en la tarea 2, suelen aparecer en asignaturas de los ciclos superiores que se cursan con posterioridad al curso básico de física. Consecuentemente, el trabajo realizado por los

profesores para desarrollar habilidades para procesarlos no solo impactará en el mejor rendimiento de los estudiantes en el curso sino también, en su avance efectivo hacia la graduación de los estudiantes.

En suma, este estudio muestra que no todos los gráficos cartesianos son procesados de la misma manera por los estudiantes. Entre las variables que entran en juego y en las que esperamos profundizar en estudios posteriores se encuentran: el tipo de función representada, la cantidad de curvas incluidas en un mismo gráfico, ambos aspectos en relación con los modelos conceptuales de diferentes contenidos específicos que subyacen a dichas representaciones.

Las consecuencias inmediatas se verían reflejadas en obstáculos para construir aprendizajes cuando la enseñanza implicase la utilización de representaciones con importante carga conceptual como es habitual en los estudios universitarios de ciencias, situación que es característica y necesaria en el nivel superior destinada a la formación de profesionales altamente capacitados.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó en el marco de los proyectos UBACYT 20020130100073BA, CONICET- PIP 11220130100609CO y FONCYT-ANPCYT PICT 2015-0044.

## REFERENCIAS

Álvarez Tamayo, O. (2011). Incidencia de las representaciones múltiples en la formación del concepto Transporte celular en estudiantes universitarios. (Tesis inédita de Maestría). Universidad de Manizales. Colombia.

Arias, C. Leal, L. y Organista, M. (2011). 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, 93-118.

Artola, E., Mayoral, L. y Benarroch, A. (2016). Dificultades de aprendizaje de las representaciones gráficas cartesianas asociadas a biología de poblaciones en estudiantes de educación secundaria. Un estudio semiótico. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(1), 36-52.

Chamizo, J. (2010). Una tipología de los modelos para la enseñanza de las ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7(1), 26-41.

Duval, R. (1999). Semiosis y pensamiento humano. *Registros semióticos y aprendizajes intelectuales*. Cali: Peter Lang

Font, V., Acevedo, J., Castells, M. y Bolite J. (2008). Metáforas y ontosemiótica. El caso de la representación gráfica de funciones en el discurso escolar. En Lestón, P. (Ed.) *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa*, 21. México, DF: Colegio Mexicano de Matemática Educativa A.C. y Comité Latinoamericano de Matemática Educativa A.C.

Galagovsky, L., Di Giacomo, M.A. y Castelo, V. (2009). Modelos vs. dibujos: el caso de la enseñanza de las fuerzas intermoleculares. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 8(1), 1-22.

García García, J. J. (2005). El uso y 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. J. y Perales, F. (2006). ¿Cómo usan los profesores de química las representaciones semióticas? *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 5(2), 247-259.

Gómez Llombart, V. y Gaviria Catalán, V. (2015). Describir y dibujar en ciencias. La importancia del dibujo en las representaciones mentales del alumnado. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(3), 441-455.

Grilli, J., Laxague M. y Barboza, L. (2015). Dibujo, fotografía y Biología. Construir ciencia con y a partir de la imagen. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(1), 91-108.

- Jiménez Tejada, M., Sánchez Monsalve, C. y González García, F. (2003). How Spanish primary school students interpret the concepts of population and species. *Journal of Biological Education*, 47(4), 232–239.
- Leinhardt, G., Zalavsky, O. y Stein, M. K. (1999). Functions, Graphs and graphing. Task a Learning and teaching. *Review of Educational Research*, 60(1), 1–64.
- Lemke, J. (2002). Enseñar todos los lenguajes de la ciencia: palabras, símbolos, imágenes y acciones. En M. Benlloch (Comp.), *La educación en ciencias: Ideas para mejorar su práctica*. Barcelona: Paidós.
- Lombardi, G., Caballero, C. y Moreira, M.A. (2009). El concepto de representación externa como base teórica para generar estrategias que promuevan la lectura significativa del lenguaje científico. *Revista de investigación*, 66, 147–186.
- Martí, E. (1999), Esto no es dibujo. Las primeras distinciones sobre sistemas notacionales. En Pozo, J. I. y Monereo, C. (Coords.) *El aprendizaje estratégico: enseñar a aprender desde el currículo*. Madrid: Santillana.
- Matus, L., Benarroch, A. y Nappa, N. (2011). La modelización del enlace químico en libros de texto de distintos niveles educativos. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 10(1), 178 – 201.
- Perales, F.J. (2006). Uso (y abuso) de las imágenes en la educación en ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 24, 13–30.
- Postigo, Y. y Pozo, J. I. (2000). Cuando una gráfica vale más que 1000 datos: la interpretación de gráficas para alumnos adolescentes. *Infancia y Aprendizaje*, 90, 89–100.
- Pozo, J. I. (2006). *Adquisición de conocimiento*. Madrid: Morata.
- Pozo, J. I. (2017). Learning beyond the body: from embodied representations to explicitation mediated by external representations. *Journal for the Study of Education and Development*, 40(2), 219–276.
- Pozo, J. I. y Flores, F. (Coords.) (2007). *Cambio conceptual y representacional en el aprendizaje y la enseñanza de la ciencia*. Madrid: Antonio Machado.
- Roth, W. M. y McGinn, M. K. (1998). Inscriptions: toward a theory of representing as social practice. *Review of Educational Research*, 68(1), 35–59.
- Solar, H., Deulofeu, J. y Azcárate, C. (2015). Competencia de modelización en interpretación de gráficas funcionales. *Enseñanza de las Ciencias*, 33(2), 191–210.
- Suárez, L. y Cordero, F. (2008). 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*, 3(1), 51–58.