

Representaciones de la Física en estudiantes de Ingeniería Un análisis estructural

Susana Cabanellas¹ – Martín Dominino² - Marta Massa¹

¹ Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura
Universidad Nacional de Rosario

² Facultad de Psicología – Universidad Nacional de Rosario
scabanel@fceia.unr.edu.ar

Se presenta un estudio exploratorio realizado con 160 estudiantes de Ingeniería con el objetivo de caracterizar y describir las representaciones que comparten sobre la Física. Se empleó una metodología cuali-cuantitativa con un enfoque interpretativo. Se aplicó una prueba de evocación de palabras jerarquizadas y se analizó el contenido y la estructura de la representación. Los resultados sugieren un proceso representativo en formación caracterizado por elementos centrales del dominio de la mecánica y nociones relativas a la visión de ciencia que comienzan a ser incorporadas al campo de la representación. Los resultados se discuten a la luz de los alcanzados en otros estudios y de las decisiones teórico-metodológicas marco de la investigación.

Palabras clave: representaciones, Física, alumnos, Ingeniería.

We present an exploratory study conducted with 160 engineering students in order to characterize and describe the representations that share about Physics. We used a qualitative and quantitative methodology with an interpretative approach. We applied a hierarchical evocation test and analyzed the content and structure of the representation. The results suggest a representative process in progress, characterized by central elements of the domain of mechanics and concepts relating to the vision of science that began to be introduced in the representational field. The results are discussed in the light of those obtained in other studies and the research theoretical and methodological decisions.

Keywords: Representations, Physics, students, Engineering.

Introducción

Las dificultades asociadas al aprendizaje de la física en la universidad, reflejadas en bajos rendimientos y altos índices de repitencia y deserción, constituyen una preocupación largamente compartida tanto por los docentes como por los investigadores en enseñanza de las ciencias y ha orientado numerosas investigaciones desde distintos paradigmas y modelos.

La información aportada y consensuada por diferentes unidades académicas coincide en que los alumnos aspirantes y/o que ingresan a las carreras universitarias poseen dificultades y carencias en relación a las habilidades y estrategias requeridas para el aprendizaje en la educación superior.

Algunas experiencias e investigaciones sobre esta problemática señalan como aspectos relevantes de esta situación, “la fragmentación de la escuela secundaria en circuitos signados por factores territoriales y socioeconómicos y los cambios en la subjetividad del adolescente”, entre otros factores (Ministerio de Educación, 2009).

El espacio curricular correspondiente a Física en la Educación Polimodal¹ ha estado orientado al logro de las competencias consideradas deseables para el campo de las Ciencias Naturales (Ministerio de Educación de la Prov. de Santa Fe, 2003), de acuerdo a los grandes objetivos que orientan la educación científica y que Jiménez Aleixandre y Sanmartí (1997) han sintetizado de la siguiente manera:

¹ La estructura de la escuela secundaria en Argentina se modificó en el año 2007 a partir de la sanción de la Ley Nacional de Educación; no obstante, en la Prov. de Santa Fe y en otras jurisdicciones del país, los contenidos curriculares no han sufrido modificaciones hasta el presente.

- El aprendizaje de conceptos y la construcción de modelos.
- El desarrollo de destrezas cognitivas y de razonamiento científico.
- El desarrollo de destrezas experimentales y de resolución de problemas.
- El desarrollo de actitudes y valores.
- La construcción de una imagen de ciencia.

Estas competencias no parecen estar alejadas de las que se proponen como necesarias para el ingreso a las carreras universitarias denominadas prioritarias. Las mismas aluden a capacidades complejas e integradas, relacionadas con saberes teóricos, contextuales y procedimentales, vinculados con el saber hacer –formalizado, empírico, relacional– referido al contexto y al desempeño profesional –técnicamente competente y socialmente comprometido– incorporando la ética y los valores². Las competencias específicas incluyen saberes del campo de la Física entre los que se privilegian el razonamiento lógico, la argumentación, la experimentación, el uso y organización de la información y la apropiación del lenguaje de la ciencia y la tecnología (Ministerio de Educación, 2009).

Se suele expresar entonces que “dos de los obstáculos más serios para lograr el aprendizaje de la Física en estudiantes de este nivel etario, son su falta de interés y de esfuerzo por aprender. Es por ello que uno de los objetivos de la enseñanza de esta disciplina debiera ser despertar en los alumnos un deseo de saber que garantice la apropiación de los contenidos curriculares”. (Ministerio de Educación de la Prov. de Santa Fe, 2003)

Una causa a la que se atribuye la disminución crónica de estudiantes que se interesan por continuar estudios de ciencias e ingeniería a nivel mundial es la influencia del curriculum de ciencias tradicional (Aikenhead, 2003). Un estudio longitudinal efectuado durante 15 años en EEUU, reportado por Frederick (1991), muestra que de los estudiantes interesados en continuar estudios universitarios de ciencias e ingeniería al iniciar su escolaridad secundaria, el 19% pierde el interés durante la

escuela secundaria, y el 39% lo hace durante el primer año de sus estudios universitarios, de lo cual concluyen que la responsabilidad por desanimar a alumnos calificados y motivados es atribuible en mayor grado a la universidad que a la escuela secundaria.

La mayoría de las investigaciones sobre las visiones de los estudiantes secundarios sobre el currículo de ciencias indican que lo consideran socialmente irrelevante y alejado del mundo de los jóvenes (Osborne y Collins, 2001; Reiss, 2000).

Otro aspecto analizado concierne a la imagen ingenua de ciencia que conlleva (Knain, 2001; Larochelle y Désautels, 1991)

Numerosas investigaciones han caracterizado las visiones y concepciones de los alumnos sobre la ciencia, sus creencias epistemológicas y sus actitudes (García Carmona, 2004; Hammer, 1994; Manassero y Vázquez, 2002; Mazzitelli y Aparicio, 2009).

Una interesante síntesis presentaron Campanario y Otero (2000) quienes sostienen que las concepciones epistemológicas de los alumnos sobre el conocimiento científico y sobre sus procesos y productos cognitivos evolucionan a medida que avanzan en el sistema educativo como resultado de la forma en que toman contacto con el conocimiento científico y en cómo dicho conocimiento es presentado y utilizado, considerando, además, que lo más frecuente es que los mensajes sobre la naturaleza de la ciencia se transmitan de manera implícita a través del lenguaje, las actividades de instrucción, el material bibliográfico, etc.

Desde el enfoque de la psicología de la educación se atiende a las dimensiones sociales más generales del acto educativo –sistemas de valores de referencia, objetivos-normas, modelos de comportamiento esperados, organización y funcionamiento de las instituciones–. Desde este enfoque se asume que las condiciones que caracterizan al conjunto de un sistema educativo contribuyen a determinar las expectativas de los diferentes actores, las concepciones que estos tienen de sus papeles, sus representaciones y su funcionamiento en

² En virtud de que las decisiones tanto personales como grupales sobre cuestiones tecno-científicas están fuertemente condicionadas por aspectos axiológicos (Bell y Lederman, 2003), es necesario tener en cuenta los contenidos actitudinales relativos a normas y valores socioculturales.

el interior del sistema, factores que, a su vez, pueden constituirse en obstáculos y originar dificultades en el aprendizaje.

En este marco interesa analizar las representaciones construidas socialmente e indagar acerca de su influencia en el desempeño de alumnos y docentes. En particular, se pretende comprender la estructura y dimensiones de las representaciones sobre la Física, su enseñanza y aprendizaje, en jóvenes que ingresan a carreras de Ingeniería.

El objetivo de este trabajo es describir el campo representacional de la Física que comparten estos alumnos, examinando la organización de las relaciones simbólicas que se establecen con ese campo del conocimiento en el grupo considerado, es decir, cómo la conciben, vía procesos de objetivación y anclaje, sujetos con diferentes formaciones y experiencias previas en un contexto educativo específico.

Marco de referencia

La clase de Física se constituye en un espacio social donde se genera una red de interacciones entre los alumnos, entre ellos y el profesor y con todos los recursos utilizados. En ese marco se generan tanto representaciones individuales como compartidas, con aportes tanto cognitivos como emocionales.

Jodelet (2008) señala que *“conviene distinguir las representaciones que el sujeto elabora activamente de las que el mismo integra pasivamente, en el marco de las rutinas de vida o bajo la presión de la tradición o de la influencia social”* (p.52). Considera que las representaciones sociales pueden ser referidas a tres esferas de pertenencia: la de la subjetividad, la intersubjetividad y la trans-subjetividad. La primera involucra los procesos que devienen en el propio sujeto, en la manera de apropiarse y construir conocimientos, tiene en cuenta aspectos cognitivos y emocionales del individuo. *“La esfera de la intersubjetividad remite a situaciones que, en un contexto determinado, contribuyen a establecer representaciones elaboradas en la interacción entre sujetos, especialmente las elaboraciones negociadas y producidas en común a través de la comunica-*

ción verbal directa” (Jodelet, 2008, p.52). La tercera se compone de elementos que atraviesan tanto lo subjetivo como lo intersubjetivo, involucrando a los contextos de interacción, las producciones discursivas y los intercambios verbales.

En el marco de la teoría de las representaciones sociales (Moscovici, 1976), el enfoque estructural, en particular, la teoría del núcleo central (Abric, 1994), constituye una perspectiva apropiada para abordar el estudio que nos proponemos. Desde este enfoque se postula que toda representación está organizada en torno a un *sistema central* y uno *periférico*, complementario del anterior, que concreta y contextualiza las determinaciones normativas y consensuales del sistema central dando lugar a una representación móvil, flexible e individualizada. El núcleo central es una estructura que organiza los elementos de la representación y que les da sentido, acentuando los aspectos valorativos y cognitivos. Se vincula con la noción de núcleo figurativo cuya constitución es el resultado de uno de los procesos de formación de las representaciones, la objetivación. El núcleo figurativo es una estructura imagética en la que se articulan de una forma más concreta o visualizable los elementos del objeto de representación que han sido seleccionados por los individuos o grupos en función de criterios culturales y normativos. Así, descontextualizados y reorganizados en una nueva estructura de conjunto y de ellas retenidas solo ciertas cualidades icónicas, tales elementos pasan a gozar de una considerable autonomía en relación a la totalidad del objeto original. Tal recreación nuclear del objeto puede ser entonces ampliamente utilizada, como forma básica de conocimiento, en una variedad de situaciones y circunstancias, en asociación con otros saberes, intermediando la incorporación de nuevas informaciones (Sá, 1996).

El núcleo central tiene una función generadora en cuanto a que a partir de él se crea o se transforma la significación de los otros elementos constitutivos de la representación. También es el elemento unificador y determina la naturaleza de las relaciones que vinculan los elementos de la representación. Está determinado tanto por la naturaleza del objeto repre-

sentado como por la relación que el sujeto o el grupo mantiene con ese objeto. Así puede asumir dos funciones diferentes, una *funcional*³ y una *normativa*⁴ (op. cit., 1996).

El sistema periférico tiene funciones de *regulación* y de *adaptación* del sistema central a las características de las situaciones concretas a las que el grupo se enfrenta. Acoge las nuevas informaciones y eventos susceptibles de poner en cuestión al núcleo central y además permite una cierta modulación individual de la representación. Su flexibilidad permite la integración en la representación de las variaciones individuales ligadas a la historia propia y experiencias personales del sujeto.

Las cogniciones centrales corresponden al campo de las definiciones o características que definen todos los objetos procesados a través de la representación y de las normas o criterios para la evaluación de los objetos, mientras que las cogniciones periféricas componen el campo de las descripciones de las características más frecuentes y probables del objeto y, en cuanto a lo evaluativo, el campo de las expectativas o sea, de las características deseadas del objeto. Ambas zonas tienen un carácter complementario (op. cit., 1996).

Caracterización de la población

La población está constituida por los alumnos que ingresaron a las carreras de Ingeniería de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura (FCEIA) de la ciudad de Rosario en la cohorte 2010. La misma está integrada por aproximadamente 800 estudiantes, en su mayoría varones oriundos de la ciudad y de diferentes localidades de las provincias de Santa Fe, Buenos Aires, Entre Ríos y Córdoba, de los cuales aproximadamente el 60% cursa regularmente el primer año de la carrera.

Se trabajó sobre una muestra intencional de 160 sujetos –131 varones y 29 mujeres– con

edades comprendidas entre 17 y 30 años –edad promedio 18,5 años– asistentes a un taller introductorio de Física correspondiente al primer semestre del primer año común a todas las carreras de ingeniería que se cursan en la institución. La misma estuvo constituida por alumnos que asistían en los tres bloques horarios en que se desarrollan las actividades académicas en la FCEIA –55 turno mañana, 73 turno tarde, 32 turno noche–, de modo de tener en cuenta posibles diferencias en cuanto a lugar de procedencia y compromisos con actividades extra-universitarias – laborales, deportivas, etc.–

Se analizó la muestra en relación con el conjunto de rasgos demográficos que caracterizan a la población de alumnos: lugar de procedencia, formación previa, actividades extracurriculares, nivel de estudios del grupo familiar. (Tabla 1)

En la Tabla 1 se observa que los alumnos de la muestra proceden en su mayoría de la ciudad de Rosario y de otras localidades de la provincia de Santa Fe; han realizado estudios secundarios orientados a la Economía y Gestión de las Organizaciones y a la Producción de Bienes y Servicios, habiendo alcanzado el título de Técnicos la mayoría de los egresados de esta última modalidad. Aproximadamente la mitad de los sujetos practica deportes y pertenece a un grupo familiar en el que al menos uno de los padres ha cursado estudios universitarios.

A los efectos de analizar aspectos de la dimensión sociocultural – importante dimensión para la construcción de las representaciones sociales– que emergen como relevantes en una primera aproximación al reconocimiento de las representaciones se encuestó a los alumnos solicitando que indicaran la frecuencia con que participan o se interesan en diversas actividades vinculadas con la ciencia.

³ Por ejemplo, en situaciones con una finalidad operatoria se privilegian para integrar el núcleo central los elementos más importantes para la realización de una determinada tarea.

⁴ En situaciones donde intervengan directamente dimensiones socio-afectivas, en el núcleo estará presente una actitud muy marcada hacia el objeto de representación.

Tabla 1. Distribución de los alumnos según lugar de procedencia, actividades extra-universitarias, estudios secundarios y nivel de estudios de los padres

Lugar de procedencia					
Rosario	Pcia. Santa Fe	Pcia. Córdoba	Pcia. Entre Ríos	Prov. Buenos Aires	Otros
57	66	4	8	16	9
Actividades extra-universitarias					
Trabaja	Otros estudios	Deportes	Tareas comunitarias	Varias simultáneas	Ninguna
5	11	77	1	35	31
Estudios secundarios ⁵					
Ciencias Naturales	Economía y Gestión	Humanidades/Cs Sociales	Técnicos/Bienes y Servicios	Otros ⁶	
22	58	10	54	16	
Nivel de estudios de los padres ⁷					
Secundario	Terciario	Universitario	No contesta		
50	32	77	1		

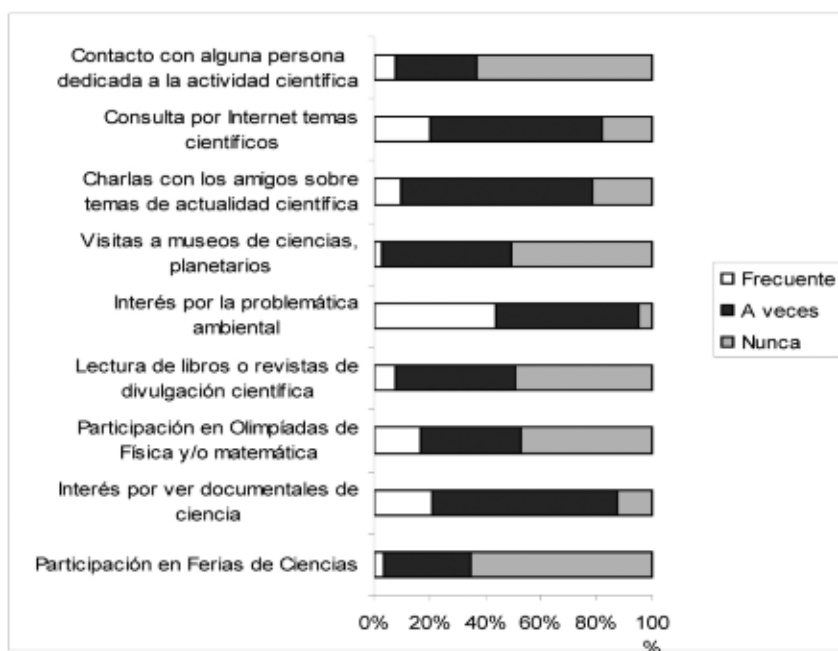


Figura 1. Porcentaje de alumnos que participan o se interesan en actividades vinculadas con la ciencia.

⁵ Se consignan las distintas orientaciones del nivel Polimodal correspondientes a los estudios secundarios.

⁶ Agrupa a los alumnos extranjeros, a aquellos que provienen de provincias que no han tenido distintas orientaciones en los estudios secundarios y a los sujetos de mayor edad que hicieron la escuela secundaria antes de la reforma implementada a partir de la Ley Federal de Educación N° 24195.

⁷ Los valores indicados corresponden a la frecuencia del nivel de estudios alcanzado por al menos uno de los padres.

Como puede observarse en el gráfico de la Figura 1, se destaca el interés manifiesto por temas relativos a la problemática ambiental y la escasa frecuencia con que leen libros o revistas de divulgación, visitan museos o han participado en ferias de ciencias. Por otro lado, mientras que la mayoría conversa sobre temas de actualidad científica con sus pares sólo en ocasiones, el interés por interiorizarse en ellos parece viabilizarse con mayor frecuencia a través de las nuevas tecnologías de la información y los medios masivos de comunicación –internet, televisión–.

Caracterización de la representación

Para identificar el contenido y la estructura de las representaciones compartidas por el grupo se aplicó una prueba de evocación de palabras en la que se solicitaba a cada sujeto indicar 8 términos que les evocara el elemento inductor “Física”, ponderados según una escala de jerarquía de 1 a 8.

Para el tratamiento de los datos aportados por la prueba de evocación de palabras se empleó la técnica propuesta por Abric (2003). Se consideraron dos parámetros para el análisis: la frecuencia de los términos evocados y la jerarquía atribuida por cada sujeto según una escala numérica de 1 a 8 decreciente en orden de importancia. El conjunto de términos

se clasificó en cuatro grupos que configuran la estructura que se ilustra en el esquema de la figura 2.

Para determinar el nivel de frecuencia y el orden medio de jerarquía que discriminaría la pertenencia a cada uno de los grupos –alta o baja frecuencia, alta o baja jerarquía– se procedió a calcular la media aritmética entre los valores de frecuencia y jerarquía correspondiente a cada uno de los elementos representacionales obtenidos a partir del análisis del contenido del corpus de términos evocados.

En el cuadrante superior izquierdo se ubican los elementos más frecuentes y más importantes constituyendo el *núcleo central* de la representación. Puede ocurrir que aparezcan en esta zona elementos sin un valor significativo que pueden ser considerados como “prototipos” del objeto de representación.

La zona del cuadrante superior derecho constituye la *primera periferia* del núcleo donde se encuentran los elementos periféricos más relevantes.

En el cuadrante inferior izquierdo –*zona de contraste*– se ubican los términos evocados con baja frecuencia pero que son considerados muy importantes. Esta configuración podría indicar la presencia de subgrupos minoritarios portadores de una representación diferente cuyo núcleo estaría constituido por uno o más elementos aquí presentes.

En la zona del cuadrante inferior derecho

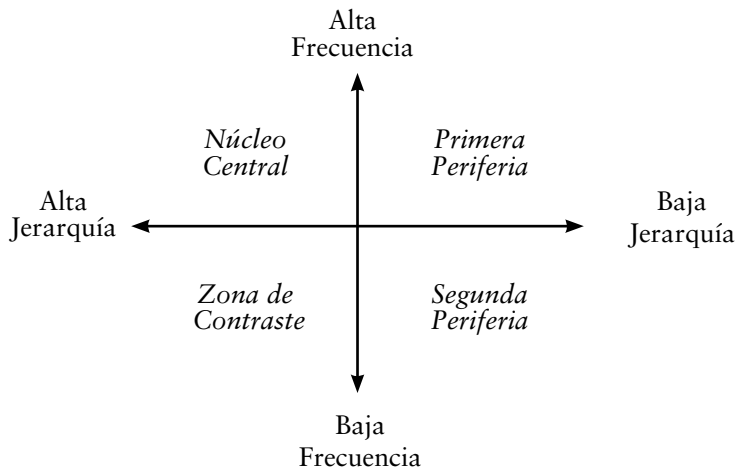


Figura 2. Zonas que configuran la estructura de la representación.

se ubican los elementos menos relevantes de la representación que constituyen la *segunda periferia*.

Contenido de la representación

El número total de términos evocados resultó igual a 1154 –una media de 7.21 evocaciones por sujeto– entre los cuales se identificaron 215 términos diferentes. Se efectuó una clasificación de las palabras de este corpus a partir de un análisis de contenido y de similitud y se descartaron los términos con frecuencias menores o iguales a 10, resultando un conjunto de 38 términos o elementos representacionales que aluden a los siguientes aspectos:

- El objeto de estudio: *naturaleza, cuerpos*.
- Conceptos fundamentales: *espacio, tiempo, materia, energía, ondas, equilibrio*.
- La estructura en tanto cuerpo organizado de conocimientos: *ciencia, teorías, leyes*.
- Procesos de construcción del conocimiento físico: *experimentos, laboratorio, investigación, métodos, descubrimientos*.
- Los actores involucrados en la construcción y evolución del conocimiento físico: *científicos⁸, científicos célebres⁹*.
- El lenguaje formal y los recursos operativos: *matemática, herramientas matemáticas¹⁰, fórmulas, magnitudes*.
- La relación con otros campos de conocimiento: *tecnología*.
- Áreas y contenidos de dominios específicos: *Mecánica¹¹, Termodinámica¹², Electricidad y Magnetismo¹³*.
- Conceptos del dominio de la Mecánica: *fuerzas, gravedad, masa, peso, principios de Newton¹⁴, movimiento, tipos de movimiento¹⁵, velocidad, aceleración, (otros) conceptos de mecánica¹⁶*.
- Aspectos afectivos que denotan distintas actitudes hacia el aprendizaje de la Física: *emotividad¹⁷, estudio*.

El contenido de la representación está constituido por elementos tanto de la dimensión cognitiva como de la afectiva. Estos alumnos describen a la Física por su objeto de estudio, estructura, lenguaje formal y por su relación con la tecnología como campo privilegiado de vinculación, como así también a través de referencias a los actores y procesos involucrados en la construcción del conocimiento.

Se refieren además, a nociones de diferentes dominios o áreas y, en particular, a conceptos del campo de la Mecánica, reflejando la influencia en el proceso de objetivación y anclaje, de sus experiencias en el medio escolar.

En este sentido, movilizan también expresiones de la dimensión afectiva que ponen de manifiesto las relaciones que como estudiantes establecen con el aprendizaje. Estas relaciones están caracterizadas tanto por sentimientos de asombro y satisfacción como por actitudes de interés y curiosidad. El aprendizaje de la Física constituye para ellos un desafío que requiere estudio, paciencia y esfuerzo, tanto como ingenio e imaginación.

Estructura de la representación

La frecuencia media de aparición ($F_{\text{media}} = 25$) y el orden medio de jerarquía de los términos evocados (OMJ = 4.50) son los indicadores cuantitativos que permiten determinar el estatus de los elementos representacionales de la física cuya organización se presenta en la Tabla 2.

De acuerdo a las premisas de la teoría del núcleo central (Abric, 2003), las palabras que fueron agrupadas en el cuadrante superior izquierdo de la Tabla 2 fueron las que tuvieron mayor frecuencia y fueron ponderadas como de mayor jerarquía. Según el enfoque estructural, estos elementos constituyen el *núcleo central* de la representación (Fig. 2); son los más sólidos y enraizados en el pensamiento colec-

⁸ Engloba los términos: científicos, expertos, físicos.

⁹ Incluye referencias a Newton, Einstein, Galileo y Maxwell.

¹⁰ Agrupa las siguientes expresiones: escalas, gráficas, teoremas, ecuaciones, longitudes, volumen, vectores.

¹¹ Agrupa los términos: mecánica, cinemática y dinámica.

¹² Incluye los siguientes términos: termodinámica, temperatura, calor, entropía.

¹³ Agrupa los términos tensión, corriente, conductividad.

¹⁴ Se alude en particular a la tercera ley, el principio de acción y reacción.

¹⁵ Agrupa MRU, MRUV, caída libre, tiro vertical.

¹⁶ Incluye desplazamiento, trayectoria, momentos, rozamiento.

¹⁷ Engloba los términos: asombro, satisfacción, interés, curiosidad, paciencia, esfuerzo, ingenio.

Tabla 2. Estructura de la representación

OMJ	Menor a 4.50		Mayor a 4.50				
	Frecuencia media	Término evocado	Frecuencia	OMJ	Término evocado	Frecuencia	OMJ
Mayor a 25	Fuerzas		90	3.91	Masa	40	4.63
	Ciencia		52	2.40	Herramientas matemáticas	40	4.88
	Movimiento		52	4.37	Velocidad	37	5.16
	Gravedad		42	4.27	Conceptos de mecánica	33	5.88
	Leyes		38	3.34	Peso	26	4.81
	Científicos célebres		31	4.40			
	Fórmulas		26	3.78			
	Experimentos		26	4.12			
Menor o igual a 25	Teorías		21	4.19	Equilibrio	25	5.24
	Energía		21	4.43	Tiempo	23	4.61
	Emotividad		17	4.05	Aceleración	23	5.04
	Investigación		16	3.16	Materia	21	6.13
	Científicos		16	4.00	Termodinámica	21	4.99
	Matemática		14	3.93	Electricidad/magnetismo	17	5.35
	Mecánica		15	3.14	Magnitudes	16	4.75
	Naturaleza		12	2.25	Cuerpos	15	4.73
	Tecnología		12	4.42	Laboratorio	14	5.62
	Ondas		11	4.46	Principios de Newton	13	4.64
					Tipos de movimiento	12	4.67
					Métodos	12	5.12
					Espacio	12	5.33
					Descubrimientos	11	4.64
					Estudio	11	5.78

tivo de los sujetos y caracterizan la parte más estable de la misma, es decir, la menos sensible a cambios debido al contexto externo o a las prácticas cotidianas de los sujetos.

El núcleo de la representación se compone de elementos de la dimensión descriptiva que designan algunos de los rasgos de la Física en tanto cuerpo organizado de conocimientos –*ciencia, científicos célebres, leyes, experimentos*– y por evocaciones que se refieren a conceptos del campo de la mecánica –*fuerza, movimiento, gravedad*– y al cálculo –*fórmulas*– como recurso operativo característico en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

Los términos que constituyen el núcleo central sugieren que estos alumnos comparten una representación de la Física desde una visión clásica –*leyes naturales*– de carácter empirista –*experimentos*– anclada en la mecánica newtoniana, siendo el *movimiento*, las *fuerzas* y la *gravedad*, como interacciones fundamentales, los elementos clave que parecen objetivarla. Sería para ellos además, una *ciencia* cuya evolución se ha dado a partir de los aportes de ciertos *científicos destacados*.

En el cuadrante superior derecho se localizan las palabras que también tuvieron alta frecuencia, sin embargo, su posición promedio

en el orden de jerarquía no fue suficiente para que se integren al núcleo central, constituyendo su primera periferia. Las zonas periféricas agrupan los rasgos que refuerzan, concretan o explican las dimensiones que aparecen en el núcleo central.

En este espacio se observa, en franca proximidad con los elementos del núcleo, a la *masa*, el *peso*, la *velocidad*, y otros *conceptos de mecánica* que refuerzan y hacen más explícita la dimensión “mecánica” de la representación. Así también, aparece un conjunto de recursos *–herramientas matemáticas–* propios del lenguaje formal de la Física vinculados a la necesidad de operativizar los conceptos en el marco del proceso de enseñanza y aprendizaje.

En el cuadrante inferior izquierdo se sitúan las palabras evocadas con menor frecuencia que, sin embargo, fueron calificadas como de mayor jerarquía. Esta zona *–de contraste–* incluye términos vinculados a elementos del núcleo central y que caracterizan posibles variaciones de la representación entre subgrupos de sujetos.

En este sentido, en este cuadrante se identifican, por un lado, términos relacionados con elementos presentes en la estructura nuclear, reforzando el carácter “mecánico clásico” de la representación *– la referencia expresa a la mecánica, a la naturaleza como objeto de estudio, y a la matemática como modelo de inteligibilidad–* y, por otro lado, referencias a algunos aspectos de la ciencia *– teorías, investigación, científicos, métodos–*, que estarían sugiriendo la posibilidad de que algún subgrupo de sujetos comparta una visión más contemporánea de la misma.

Al examinar esta zona, se observan elementos de la dimensión afectiva *–emotividad–* en particular, la evocación de sentimientos variados que, en general, denotan actitudes favorables y un alto grado de motivación hacia el aprendizaje.

Se observa también el reconocimiento de relaciones entre ciencia y *tecnología* pero permanecen ausentes los vínculos con la sociedad. A pesar de los esfuerzos hechos en este sentido en la enseñanza de las ciencias en la escuela secundaria, la integración de los aspectos CTS parece no haberse incorporado aún cabalmen-

te en la mentalidad del grupo. Por el momento los elementos referidos a ciertos contenidos curriculares y a la posibilidad de operativizarlos parecen anteponerse a las concepciones relativas a los principales aspectos de las dimensiones teórico-epistemológica y sociocultural de la Física.

Los términos ubicados en el cuadrante inferior derecho son los que tuvieron menor frecuencia y jerarquía atribuida, componiendo los elementos de la segunda periferia de la representación. Se debe tener en cuenta que los elementos presentes aquí cambian, son inestables y revelan claramente, el impacto en la representación de las prácticas educativas y de las variables del contexto escolar, lo que explica la presencia de los términos evocados.

En este espacio se destaca la presencia de términos específicos *–aceleración, tipos de movimiento–* relacionados con elementos del núcleo central y de algunos más generales *–materia, tiempo, espacio, cuerpos, magnitudes–* que, se infiere, podrían encontrar significación también en el campo de la mecánica. Así, siendo las magnitudes aquellas propiedades cuantificables que se les puede atribuir a los objetos físicos, al concepto de espacio y al de tiempo le correspondería la propiedad de localización espacial y temporal, al de *materia* la de masa inercial y gravitatoria, y al de movimiento propiedades dinámicas como la energía o, en sentido restringido, la velocidad de los cuerpos.

La referencia a los *Principios de Newton* en esta zona puede interpretarse como una aproximación a la noción de interacción, necesaria para comprender cabalmente tanto situaciones de *equilibrio* como las leyes de conservación.

Además, se reconocen conceptos de otras áreas o dominios *–termodinámica, electricidad y magnetismo–* lo que estaría indicando la incipiente incorporación a la representación de nociones de otros campos de la Física.

Los términos *descubrimientos y laboratorio* refuerzan los elementos del núcleo central que se vinculan con la visión clásica de ciencia compartida por estos sujetos. Sin embargo, puede interpretarse que los conceptos de *espacio, tiempo y materia*, asociados a los de *energía y ondas* y a las referencias a *científicos, teorías y métodos* *–mencionados en la zona*

de contraste— podrían llegar a constituir un esquema apropiado para la incorporación de nuevos elementos al núcleo de la representación de modo de lograr una transición hacia una visión más contemporánea de la Física desde la cual se asuma que las teorías son el resultado del trabajo creativo dentro de una comunidad científica; que los científicos emplean procedimientos de trabajo que no constituyen un único método y que sus interpretaciones dependen del conocimiento previo, del paradigma de investigación dominante y de valores contextuales.

Discusión

Como se ha mencionado en el marco de referencia, las cogniciones y creencias que constituyen el núcleo de la representación pueden ser tanto funcionales como normativas (Abric, 2003). Las últimas derivarían del sistema de valores de los individuos constituyendo la dimensión social del núcleo mientras que las primeras se asocian a características descriptivas y a la inscripción del objeto en las prácticas sociales u operatorias, determinando las conductas frente a él. Desde esta perspectiva, se puede decir que los elementos identificados como centrales en este estudio tienen un carácter sobre todo funcional, determinando las conductas y acciones de los alumnos en relación con el aprendizaje de los contenidos del currículo de Física, en el marco de su formación profesional.

En cuanto a los aspectos normativos, cabe destacar la ausencia en la estructura nuclear de términos relacionados con aspectos afectivos y socioculturales que permitan inferir actitudes o valoraciones de este grupo acerca de las finalidades o propósitos atribuidos a la Física y a su enseñanza.

En este sentido resulta interesante comparar estos resultados con los alcanzados en otros estudios efectuados con alumnos y profesores de nivel secundario y universitario de modo de indagar acerca de posibles tendencias de organización de las representaciones teniendo en cuenta que, a pesar de que se han efectuado en otros contextos, en la enseñanza de la Física en las distintas jurisdicciones educativas de nuestro país se comparten prácticamente los

mismos contenidos básicos y recursos didácticos.

En un estudio anterior realizado con alumnos de nivel secundario (Cabanellas y Massa, 2009a) se observó que en los grupos de nivel Polimodal, que ya han tenido contacto con la disciplina en un espacio curricular específico durante su trayecto escolar, la representación incluye elementos de las dimensiones pedagógica y afectiva y aunque en menor medida, también de la dimensión sociocultural. Hacen referencia a contenidos abordados durante su escolaridad, a aspectos de los procesos de enseñanza y aprendizaje que consideran susceptibles de modificación y manifiestan una actitud crítica hacia la asignatura. En acuerdo con algunos resultados reportados en otras investigaciones (García Carmona, 2004; Hammer, 1994; Spector y Gibson, 1991), estos alumnos opinan que aprender física es aprender fundamentalmente fórmulas y, en general, consideran que es una materia interesante pero compleja, que les resulta difícil y les aporta poco en su formación.

En otro estudio reciente orientado a describir los perfiles actitudinales hacia el aprendizaje de la física de alumnos de nivel Polimodal, Mazzitelli y Aparicio (2009) indican que estos jóvenes son “indiferentes frente a su contribución a la cultura, al desarrollo personal y a la formación de valores”.

En la universidad, se manifiestan diferencias en el sentido que dan a la física alumnos con distintas orientaciones en los estudios (Booth e Ingerman, 2002), aún cuando se trate de carreras que compartan un perfil vinculado a lo tecnológico como las de Arquitectura e Ingeniería. Mientras que alumnos de la carrera de Arquitectura manifiestan una visión humanista caracterizada por referencias a la utilidad de la disciplina tanto en el ámbito profesional como sociocultural, los estudiantes de Ingeniería le atribuyen fundamentalmente una finalidad propedéutica; las referencias a su utilidad se restringen fundamentalmente al ámbito de su especialidad y prácticamente no aluden a aspectos más amplios de la dimensión sociocultural. (Cabanellas y Massa, 2009b)

Según los resultados de los trabajos citados, es posible notar entonces que los estudiantes de nivel Polimodal asumen una posición crí-

tica o indiferente frente a los propósitos atribuidos a la Física y a su enseñanza desde el punto de vista sociocultural, mientras que en los estudiantes de Ingeniería estas cuestiones se manifiestan solo débilmente de modo que pueden ser considerados rasgos no revelados en la representación.

Cabe destacar que, en cuanto a los rasgos no revelados en una representación, Abric (2005) propone la existencia de una región de difícil explicitación en las representaciones que denomina “zona muda”. En este sentido, Flament, Guimelli y Abric (2006) indican que los sujetos expresan algunos aspectos de la representación de determinados objetos en función de la normatividad que perciben que está en juego en la situación en que se encuentran y, por tanto, manifiestan lo que imaginan que sería una “respuesta políticamente correcta”. Así, existiría una parte no verbalizada o explícita de la representación, que integra la conciencia de los individuos pero que no es expresada, obedeciendo probablemente a la intención de los sujetos de generar una imagen positiva de sí mismos, dadas las características del contexto –natural de aprendizaje– en el que se realizó la recolección de la información.

Desde la perspectiva de la psicología de la educación se han explorado también las representaciones sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de profesores de nivel medio y universitario (Aparicio y Mazzitelli, 2008; Graça y Moreira, 2004; Martínez Filomeno, 2003; Mazzitelli, Aguilar y Aparicio, 2008).

Al comparar la representación de los alumnos de Ingeniería con los resultados obtenidos por Mazzitelli y colaboradores (2008) al analizar las de profesores de nivel secundario de diferentes disciplinas, se identifican similitudes en el contenido y diferencias en cuanto a la estructura.

En cuanto al contenido, llama la atención la similitud de los términos evocados por los sujetos en ambos casos, con algunas interesantes excepciones. Los profesores evocan como elementos de la estructura teórica de la Física a los “modelos”, mencionan como uno de los procesos característicos de la ciencia a la “resolución de problemas” y aparentemente no hacen referencia a relaciones con otros campos

del saber, por ejemplo, la “tecnología”. Contrariamente, en la población analizada en este estudio, se privilegia a esta última como área de vinculación, mientras que los dos términos mencionados en primer lugar, estrechamente vinculados a la dimensión didáctica, no aparecen en el contenido de su representación.

Si bien la resolución de problemas es uno de los recursos más utilizados en las clases de Física de nivel medio, muchas veces se engloban bajo este nombre, actividades que son sólo ejercicios en los que la única estrategia a desarrollar es aplicar el algoritmo correspondiente para llegar a la solución correcta y en los que el problema matemático suele enmascarar al problema de física. De este hecho daría cuenta la presencia del elemento “fórmulas” en el núcleo de la representación de los alumnos.

Mientras que los profesores describen su visión de la Física desde una dimensión epistemológica que atiende tanto a conceptos estructurantes como a procesos de construcción del conocimiento físico organizados en torno a objetos de estudio específicos de los distintos dominios de la disciplina, los estudiantes dan indicios de una construcción anclada fundamentalmente en nociones del campo de la mecánica, dando cuenta del énfasis otorgado a los contenidos de la cinemática y la dinámica en el currículo actuado efectivamente en las aulas de la escuela secundaria.

Con respecto a la estructura, en el núcleo y la primera periferia de las representaciones de los profesores, predominan los aspectos formales asociados a la dimensión epistemológica –según la categorización propuesta por Graça y Moreira (2004)–, mientras que los elementos de la dimensión pedagógica referidos a la “disposición y el interés por el aprendizaje” aparecen en la zona más alejada del núcleo y en la zona de contraste (Mazzitelli et al., 2008).

La comparación pone de manifiesto las diferencias en las relaciones simbólicas que se establecen con el objeto Física en los grupos de referencia. Cabe recordar que el sistema periférico tiene funciones de regulación y de adaptación del sistema central a las características de las situaciones concretas a las que los grupos se enfrentan, la enseñanza de la Física en el caso de profesores y su aprendizaje en el contexto de carreras de Ingeniería en el grupo de los

alumnos. En cuanto a los aspectos evaluativos, las cogniciones que integran este sistema, componen el campo de las expectativas y refieren a las características deseadas del objeto, la “disposición y el interés por el aprendizaje” en los profesores y, en el caso de los alumnos en el marco de su formación profesional vinculada a la Ingeniería, la incorporación de nociones de otros dominios de la Física en estrecha relación con la tecnología.

Consideraciones finales

En el presente estudio se ha empleado una técnica de evocación de palabras jerarquizadas a fin de aprehender el campo representacional de la noción de Física en alumnos que comienzan sus estudios de Ingeniería. A la luz de las decisiones teórico-metodológicas, se considera importante destacar que el estudio de las representaciones de un objeto tal, no puede ser exhaustivamente abordado desde un único método. Es preciso aplicar técnicas complementarias para confirmar, por una parte, el campo semántico y la organización del contenido de la representación y, por otra, las diferencias a nivel de respuestas en alumnos con diferentes formaciones y experiencias previas. Por tanto, estos resultados deben ser considerados como un primer indicador del campo representacional en el marco de un contexto específico y fuente de futuras investigaciones.

El propósito de este trabajo ha sido ilustrar la manera en que grupos de alumnos universitarios de carreras tecnológicas se representan al objeto Física en un contexto específico. La construcción del objeto parece surgir de la enseñanza de la Física en la escuela. Puede inferirse que los proyectos institucionales de formación y el currículo de las instituciones educativas de procedencia han orientado la selección de los elementos que constituyen la representación.

La representación muestra a través de su estructura, un proceso representativo en formación caracterizado por elementos centrales del campo de la mecánica y nociones relativas a la visión de ciencia que comienzan a ser incorporadas debido a su presencia en las zonas periféricas y de contraste. Muestra un conocimiento fragmentado sobre los productos y procesos de la ciencia desde una perspectiva sociocultural, lo que no permite vislumbrar la posición de los sujetos frente a las finalidades y/o propósitos que es posible atribuirle.

Desde esta perspectiva –enfoque psicosocial– también es posible encontrar insumos para el análisis de la relación entre los conceptos e imágenes formadas por los estudiantes en sus prácticas educativas y en la vida cotidiana y el aprendizaje de conocimientos del currículo de ciencias. (Rangel, 1997)

En relación con el aprendizaje, es importante destacar que uno de los roles del proceso didáctico es tornar accesible el conocimiento teórico y abordarlo de una manera significativa para los estudiantes. En este sentido, tener en cuenta las representaciones construidas por los alumnos puede arrojar luz sobre la orientación a dar a nuevas nociones y conceptos. Por otro lado, si las representaciones que los estudiantes traen con ellos como conocimiento práctico son sometidas a examen crítico con vistas a superarlo, pueden constituir importantes referencias en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

En tanto diagnóstico de la situación existente, punto de partida para cualquier acción superadora, o como elemento de monitoreo para la evaluación de la efectividad de las estrategias que puedan implementarse, se espera que estos resultados colaboren a dar respuesta a las dificultades de los estudiantes en su ingreso universitario, contribuyendo así a su permanencia en la universidad.

Referencias

- Abric, J. C. (1994). L'organisation interne des représentations sociales : système central et système périphérique, en C. Guimelli (ed.) *Structures et transformation des représentations sociales*. Paris : Delachaux y Niestlé.
- Abric, J. C. (2003). L'analyse structurale des représentations, en S. Moscovici (ed.) *Methodologie des sciences sociales*. París: PUF, pp.59-80.
- Abric, J. C. (2005). A zona muda das representações sociais, en Oliveira, D. C.; Campos, P. H. F. *Representações sociais: uma teoria sem fronteiras*. Rio de Janeiro: Museu da República, pp. 23-34.
- Aikenhead G. S. (2003). Review of Research on Humanistic Perspectives in Science Curricula. *European Science Education Research Association (ESERA) 2003 Conference*, Holanda.
http://www.usask.ca/education/people/aikenhead/ESERA_2.pdf. Recuperado el 25/04/10.
- Aparicio, M.; Mazzitelli, C. (2008). Comparación de la estructura de las representaciones sociales de docentes y alumnos sobre las ciencias (Parte I). *Revista de orientación educacional*, 22(10), pp.13-29.
- Bell, R.L.; Lederman, N.G. (2003). Understandings of the nature of science and decision making on science and technology based issues. *Science Education*, 87(3), pp. 352-377.
- Booth, S.; Ingerman, A. (2002). Making sense of Physics in the first year of study. *Learning and Instruction*, 12, 493-507.
- Cabanellas, S.; Massa, M. (2009a). Un estudio exploratorio de las representaciones de la Física, como ciencia y disciplina escolar, en estudiantes de escuela secundaria. *Actas X Conferencia Interamericana de Educación en Física*. Medellín, Colombia.
- Cabanellas, S.; Massa, M. (2009b) Representaciones de la Física, su enseñanza y aprendizaje. Un estudio con estudiantes de nivel secundario y universitario. *Revista de Enseñanza de las Ciencias*. Número extraordinario VIII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias, pp. 1372-1375.
- Campanario, J.; Otero, J. (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(2), pp. 155-169.
- Flament, C. ; Guimelli, C. ; Abric, J. C. (2006). Effets de masquage dans l'expression d'une représentation sociale. *Les Cahiers Internationaux de Psychologie Sociale*. N. 69, pp. 15-31.
- Frederick, W.A. (1991). Science and technology education: An engineer's perspective. En S.K. Majumdar, L.M. Rosenfeld, P.A. Rubba, E.W. Miller y R.F. Schmalz (Eds.), *Science education in the United States: Issues, crises and priorities*. Easton, PA: The Pennsylvania Academy of Science, pp. 386-393.
- García Carmona, A. (2004) Física... ¿para qué? *Revista Española de Física*, 18(3), 11-13.
- Graça, M.; Moreira, M. A. (2004). Representações sociais sobre a matemática, seu ensino e aprendizagem: Um estudo com professores do ensino secundário. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*. 4 (3), pp. 41-73.
- Hammer, D. (1994). Epistemological beliefs in introductory Physics. *Cognition and Instruction*, 12, pp.151-183.
- Jiménez Aleixandre M.P. y Sanmartí N. (1997) ¿Qué ciencia enseñar? Objetivos y contenidos en la educación secundaria. En *La enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias de la Naturaleza en la Educación Secundaria*. Barcelona: Horsori del Carmen L. (coord.)
- Jodelet, D. (2008). El movimiento de retorno al sujeto y el enfoque de las representaciones sociales. *Cultura y representaciones sociales*, 3(5). Recuperado (15/10/08) <http://www.culturayrs.org.mx/revista/num5/jODELEt.html>
- Knain, E. (2001). Ideologies in school science textbooks. *International Journal of Science Education*, 23, pp. 319-329.
- Larochelle, M.; Désautels, J. (1991). "Of course, it's just obvious": Adolescents' ideas of scientific knowledge. *International Journal of Science Education*, 13, pp. 373-389.
- Manassero, M. A.; Vázquez, A. (2002) Instrumentos y métodos para la evaluación de las actitudes relacionadas con la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(1), pp. 15-27.
- Martínez Filomeno, M. (2003). La representación social de la profesión docente: creencias respecto de la ciencia y la enseñanza. 1° *Jornadas sobre Representaciones Sociales, Investigación y Práctica*. Bs.As.

- Mazzitelli, C. A.; Aguilar, S. B.; Aparicio, M. (2008). Análisis de las representaciones sociales de docentes sobre la Física y su relación con el aprendizaje. *Memorias del Noveno Simposio de Investigación en Educación en Física*. Rosario. Argentina.
- Mazzitelli, C. A.; Aparicio, M. T. (2009) ¿Cuáles son las representaciones sociales de los alumnos de nivel secundario hacia la Física y cómo se relacionan con el aprendizaje? *Revista de Orientación Educativa*. 23(43), pp. 83-99.
- Ministerio de Educación. (2009). *Documento sobre competencias requeridas para el ingreso a los estudios universitarios*. Secretaría de Políticas Universitarias. Recuperado el 25/06/10. http://www.me.gov.ar/spu/guia_tematica/CPRES/cpres-comision.html
- Ministerio de Educación de la Provincia de Santa Fe. (2003). Decreto N° 284. *Diseño Curricular para la Educación Polimodal*. <http://www.spepsantafe.edu.ar/Normativas/000003.htm>. Recuperado el 12/04/09.
- Moscovici, S. (1976). *La Psycanalyse, son image et son public*. Paris: PUF.
- Osborne, J.; Collins, S. (2001). Pupils' views of the role and value of the science curriculum: A focus group study. *International Journal of Science Education*, 23, pp. 441-467.
- Rangel, M. 1997. The representations of the students, as a means of practical knowledge, and the learning of scientific knowledge al school. *Textes sur les représentations sociales*. 6(1), pp. 51-58.
- Reiss, M.J. (2000). *Understanding science lessons: Five years of science teaching*. Milton Keynes: Open University Press.
- Sá, C. P. (1996). *O núcleo central das representações sociais*. Petrópolis. RJ. Vozes.
- Spector, B.; Gibson, C. (1991) A qualitative study of middle school students' perceptions of factors facilitating the learning of science: Grounded theory and existing theory. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, pp. 467-484.

