

LOS ESTADOS DE AGREGACIÓN Y LAS REPRESENTACIONES UTILIZADAS POR ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS

Cappannini, Osvaldo ¹ y Espíndola, Carlos ²

Grupo de Didáctica de las Ciencias, IFLYSIB (CONICET-CICPBA-UNLP), Calle 59 N° 789, C. C. 565, La Plata 1900, Buenos Aires, Argentina; ¹ Fac. de Ciencias Exactas, UNLP; ² Colegio Nacional “R. Hernández”, UNLP.

Tel.: (+54) (0221) 425-4904, fax (+54) (0221) 425-7387 , cappa@iflysib.unlp.edu.ar

RESUMEN

Existe una extensa lista de trabajos de investigación dedicados a identificar representaciones sobre estructura de la materia en personas pertenecientes a diferentes niveles y roles en el sistema educativo. Uno de los objetivos de la educación secundaria es que los estudiantes aprendan a interpretar fenómenos macroscópicos en términos de modelos discretos y microscópicos. El modelo corpuscular resulta fundamental para poder explicar, por ejemplo, las diferencias entre estados de agregación de la materia, sus propiedades y los cambios, físicos o químicos, que experimentan. Las investigaciones realizadas muestran que los estudiantes aceptan fácilmente este modelo corpuscular y parte de la terminología que incluye, pero que no lo utilizan espontáneamente. En este trabajo se presenta una indagación sobre representaciones de estructura para los tres estados de agregación en estudiantes universitarios en conjunto con un análisis de la utilización conjunta de modelos para pares de estados de agregación, reflejando que también en este nivel y para estudiantes de cursos introductorios de Química, el modelo discreto de la materia sólo resulta dominante para gases pero no para sólidos y líquidos.

Palabras clave: representaciones, estructura de la materia, modelo corpuscular.

ABSTRACT

We can find an extensive list of research articles aimed to identify structure of matter representations in people belonging to several levels and roles in the educative system. Students' learning of the explanation of macroscopic phenomena in terms of discrete and microscopic models constitutes one of the purposes of secondary education. The corpuscular model is essential to explain, e.g., the differences among the three states of matter, their properties and the (physical or chemical) changes they may undergo. Research has shown that although students easily accept this corpuscular model and some of its terminology, they do not use it spontaneously. This article presents an inquiry on representations about structure of the three states of matter in university students together with an evaluation of their use for pairs of states of matter, showing that also in this level and for students belonging to Introductory Chemistry courses, the discrete model of matter is dominant only for gases but not for solids and liquids.

Keywords: representations, structure of matter, corpuscular model.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas se ha reconocido desde la investigación en didáctica de las ciencias que, tanto como los científicos, los estudiantes construyen representaciones mentales de manera similar para interpretar sus experiencias cotidianas y los fenómenos que suceden en el mundo que los rodea. Solomon (1993), Linder y Marshall (2003) y Mortimer (1995) entre muchos otros, han señalado que cada individuo aborda los problemas, en distintos temas y contextos, utilizando diferentes maneras de pensar. Desde esta perspectiva, no se pueden considerar unas representaciones mejores que otras sino que hay modelos más o menos adecuados al contexto en el que se van a utilizar. Asimismo, el término representación implica una construcción mental del estudiante en la que confluyen sus conocimientos previos y recursos cognitivos disponibles además de las características identificadas en la situación que enfrentan (Hammer, 2004). Aún cuando las representaciones se consideran básicamente de naturaleza cognitiva, constituyen el resultado de la interacción de cada estudiante con su entorno, en el marco de su relación con la escuela y el ámbito social a través de sus vínculos con pares y docentes (Pozo y Rodrigo, 2001).

El estudio de estas representaciones, también llamadas por algunos autores modelos mentales (Norman 1983; Johnson-Laird, 1983; Vosniadou, 1994), de su construcción y utilización en diferentes contextos, resulta de interés por dos motivos principales: influyen decisivamente en los procesos cognitivos y pueden brindar a investigadores en didáctica de las ciencias y docentes una importante información acerca del marco conceptual del estudiante, es decir, de su estructura subyacente de conocimientos (Vosniadou, 1994). Los modelos presentes en estudiantes de diferentes niveles del sistema educativo sobre la estructura de la materia se han constituido en tema de investigación continuo en las últimas décadas (Mortimer 1995 y 1998; Garnett y otros, 1995; Johnson, 1998; Benarroch, 2000 y 2001, Krnel y otros, 2000 y 2005; Eilam, 2004; Stains y Talanquer, 2007) dada su importancia como sostén de la explicación de las propiedades macroscópicas de los materiales en la ciencia de este siglo.

Es decir, la construcción del conocimiento en las ciencias naturales, se ha organizado en torno a un gran número de leyes, teorías y modelos para situarnos en distintos niveles de complejidad a la hora de responder a preguntas como: ¿existen propiedades comunes a todos los materiales?, ¿por qué hay tantas sustancias diferentes?, ¿qué hace que una sustancia tenga propiedades diferentes a otra?, ¿cómo se puede explicar que unas sustancias se transformen en otras distintas? Las respuestas que ha dado la ciencia a lo largo de la historia a cuestiones como estas han generado un cuerpo de conocimientos que, mediados por la transposición didáctica, se recogen en los currículos escolares, organizados también en torno a diferentes leyes, teorías y modelos que deben presentarse a los estudiantes. De una adecuada articulación entre este cuerpo de conocimientos generado desde el ámbito científico y las representaciones presentes en cada estudiante, dependerá el proceso de aprendizaje (Mortimer y Scott, 2002).

Uno de los supuestos acerca del conocimiento de los estudiantes que ingresan al ámbito universitario es que se han familiarizado con la denominada teoría de partículas, uno de los núcleos de la formación en ciencias en el contexto del nivel secundario. El modelo asociado a esta teoría, que propone a la materia como divisible en partículas constituyentes separadas por vacío y en continuo movimiento, explica muchas de las propiedades macroscópicas a través de interacciones y comportamientos de dichas partículas. El proceso de articulación de este modelo con los conocimientos previos de los estudiantes puede constituir una barrera, al inicio del nivel universitario, para abordar nuevos conocimientos.

El presente artículo surge a partir de algunos interrogantes dirigidos al análisis de esta situación en estudiantes universitarios, tales como: ¿muestran estos estudiantes una adecuada incorporación del modelo discreto de la materia? ¿los aplican en la explicación de propiedades macroscópicas de materiales y de los fenómenos observados en ellos? ¿utilizan un único modelo de materia para diferentes estados de agregación y para distintos fenómenos?

Cappannini y otros (2008) indagaron sobre representaciones de la estructura de la materia en tres estados (gas, líquido y sólido) en estudiantes universitarios, además de analizar la coherencia entre modelo discreto y propiedades fenomenológicas y el uso de un único modelo para dichos estados (congruencia) para gas y líquido. En relación con la coherencia en el uso del modelo asociado a la teoría de partículas, ese trabajo muestra las dificultades en estudiantes universitarios para explicar propiedades macroscópicas de líquidos y sólidos acudiéndose a una diversidad de representaciones distantes del conocimiento científico y mostrando, en muchos casos, una considerable incoherencia entre la representación y lo fenomenológico o dentro mismo del modelo discreto. Del análisis efectuado infieren que no se debería presuponer la utilización generalizada de un único modelo por parte de los estudiantes, tanto en este nivel del sistema educativo como en los previos. Concluyen, además, que la falta de congruencia (utilización de un único modelo para los tres estados de agregación) observada en cuanto a gas y líquido resulta preocupante dado que se precisa de un único modelo, discreto y microscópico, para el abordaje de situaciones más complejas que pudieran incluir transformaciones con y sin cambio en la naturaleza de las sustancias (por ejemplo, transiciones de fase, disoluciones y reacciones químicas) en diferentes cursos de formación en ciencias.

El análisis mostrado en el presente artículo fue emprendido sobre una población de 293 estudiantes finalizando el curso de Química General de primer año, en la Facultad de Ciencias Exactas (UNLP) y 69 estudiantes de las carreras de Licenciatura en Ciencias de los Alimentos, Licenciatura en Genética, Ingenierías en Alimentos e Ingeniería Agronómica (segundo cuatrimestre de primer año) de la UNNOBA, apuntando a la idea de identificar las representaciones que poseían acerca de sustancias en los tres estados de agregación (sólido, líquido y gas).

METODOLOGÍA

En el tratamiento de las respuestas obtenidas se utilizaron los criterios de selección y ordenamiento de gran cantidad de datos ya descritos en Espíndola y otros (2007), basados en un punto de vista fenomenográfico (Marton, 1981; Ebenezer y Fraser, 2001). Para ello, se parte de no establecer categorías *a priori* sino que las mismas se generan a partir de un proceso de agrupamiento de respuestas similares de los encuestados, caracterizando el denominado espacio de representaciones en relación con el tema considerado. La posibilidad de agrupar las respuestas en función de similitudes que conduzcan a generalidades y de ellas a categorías, requiere de una disposición particular de los datos obtenidos (Espíndola y otros, 2007).

Contestar llenando la planilla de respuestas adjunta. En caso de elegir la opción "ninguna de las anteriores" explicar brevemente la opinión personal en el reverso de la planilla para respuestas.

- 2) Considerá una jeringa con aire, que tiene tapada la salida. Si empujás el émbolo podrás desplazarlo hasta cierto punto haciendo que el espacio ocupado por el aire disminuya. ¿Qué te parece que sucede? Respondé eligiendo una o más de las siguientes posibles respuestas:
 - a) disminuye el volumen de aire;
 - b) disminuye el volumen de las partículas que lo forman;
 - c) disminuye el espacio entre las partículas que lo forman;
 - d) no cambia el volumen de aire;
 - e) no cambia el volumen de las partículas que lo forman;
 - f) no cambia el espacio entre las partículas que lo forman;
 - g) ninguna de las anteriores.
- 3) Considerá una jeringa con agua, que tiene tapada la salida. Si empujás el émbolo podrás desplazarlo, con algún esfuerzo, hasta cierto punto haciendo que el espacio ocupado por el agua disminuya. ¿Qué te parece que sucede? Respondé eligiendo una o más de las siguientes posibles respuestas:
 - a) disminuye el volumen de agua;
 - b) disminuye el volumen de las partículas que la forman;
 - c) disminuye el espacio entre las partículas que la forman;
 - d) no cambia el volumen de agua;
 - e) no cambia el volumen de las partículas que la forman;
 - f) no cambia el espacio entre las partículas que la forman;
 - g) ninguna de las anteriores.
- 4) Considerá un recipiente cilíndrico rígido lleno de plastilina y provisto de un pistón en la parte superior. Mediante un dispositivo de alta presión se empuja el pistón hacia abajo haciendo que el espacio ocupado por la plastilina disminuya. ¿Qué te parece que sucede? Respondé eligiendo una o más de las siguientes posibles respuestas:
 - a) disminuye el volumen de plastilina;
 - b) disminuye el volumen de las partículas que la forman;
 - c) disminuye el espacio entre las partículas que la forman;
 - d) no cambia el volumen de plastilina;
 - e) no cambia el volumen de las partículas que la forman;
 - f) no cambia el espacio entre las partículas que la forman;
 - g) ninguna de las anteriores.

Tabla 1. Situaciones de la encuesta utilizada para evaluar las representaciones de los estudiantes universitarios sobre estructura de diferentes estados de agregación de la materia.

El instrumento utilizado

El instrumento utilizado fue una encuesta sobre representaciones de gas, líquido y sólido, consistente en cinco situaciones problemáticas que, en orden de complejidad creciente, abarcaba temas desde la conservación de la materia (en un contexto absolutamente fenomenológico) hasta la consideración de una sustancia líquida según un modelo discreto microscópico (Espíndola y otros, 2007). Las preguntas 2, 3 y 4 se abocaron respectivamente a la compresión de materiales en los tres estados de agregación, tanto desde una visión fenomenológica como también desde sus modelos discretos. En la Tabla 1 se transcriben las situaciones 2, 3 y 4 de la misma.

En (Cappannini y otros, 2008) se presentaron algunos resultados en cuanto a la coherencia al usar modelos discretos en la explicación de lo fenomenológico en la población de estudiantes de la UNLP. En la evaluación de la coherencia, se tuvo en cuenta la relación entre los ítems (b), (c), (e) y (f), que reflejan un modelo discreto, y los ítems (a) y (d), correspondientes a una visión fenomenológica, en las preguntas 2, 3 y 4. Las respuestas desde (a) hasta (c) implican aceptar la comprensión mientras que las (d) hasta (f) niegan esta situación. Se describen, a continuación, las diferentes categorías incluidas en Cappannini y otros (2008).

Categoría I: reúne las respuestas (a-e-f); (e-f); (b-d); (b-c-d); (c-d); (c-d-g) y (c-d-e). Si se analizan las combinaciones (a-e-f) y (e-f), se puede deducir que se acepta lo fenomenológico (reflejado en el ítem (a)) pero se acude a una descripción discreta incoherente ya que la combinación (e-f) implica que no cambian ni el volumen de las partículas constituyentes ni el espacio entre ellas. Es decir el modelo microscópico no refleja coherencia con lo observable.

En cuanto a las respuestas restantes de esta categoría, la elección de las combinaciones (b-d) y (b-c-d) implica un proceso inverso al anterior aunque indica también incoherencia entre la representación discreta planteada y lo observable. En el caso de la combinación (b-d), las partículas constituyentes se contraen pero no cambia el volumen total lo cual lleva a preguntarse si el espacio entre las partículas va a aumentar y, de producirse esto, por qué razón. En el caso de las respuestas (c-d) y (c-d-g), se afirma que disminuye el espacio entre partículas sin cambiar el volumen total, lo cual implicaría un aumento del volumen de las partículas (sin explicitar razones para ello). En el caso de (c-d-e), la incoherencia entre el modelo discreto y lo observable resulta más explícita ya que se afirma que los espacios entre partículas se reducen, el volumen total no cambia y tampoco el volumen de las partículas.

Categoría II: En este caso, a la aceptación de lo fenomenológico sigue un modelo discreto coherente con lo macroscópico. Cabe acotar que en las respuestas (c-e), (c) y (e) se ha supuesto que se ha aceptado implícitamente lo fenomenológico y se expone sólo el modelo discreto acorde. Esta resulta ser la categoría deseable, aún cuando los detalles de la representación (por ejemplo, a qué se le asigna el término “partícula” y si es que estas “partículas” constituyentes están o no en movimiento o si hay o no vacío entre ellas) no se pueden obtener a partir sólo de la encuesta planteada.

Categoría III: Esta categoría reúne respuestas también encontradas en la literatura y que reflejan un modelo discreto que intenta explicar lo fenomenológico (aceptado) mediante la asignación de características macroscópicas a las partículas constituyentes de la materia. En todas las respuestas la disminución del volumen de las partículas se considera el factor determinante del cambio en el volumen total.

Categoría IV: en esta categoría aparecen contradicciones. Por ejemplo, la combinación (a-b-e) implica que mientras el volumen total disminuye, el de las partículas también disminuye pero, a la vez, permanece constante. La respuesta (b-e-f) añade, a la contradicción anterior sobre las partículas, que el espacio entre ellas no cambia. Las siguientes combinaciones incluidas en la categoría muestran contradicciones respecto del espacio entre partículas (que disminuye al mismo tiempo que permanece constante). En (c-d-e-f) y (c-d-f), por ejemplo, no cambia el volumen total ni el de las partículas pero el espacio entre ellas muestra un comportamiento contradictorio (se achica pero se mantiene constante). La última respuesta (a-c-e-f) indica una disminución del volumen total aunque no cambia el volumen de las partículas y resulta nuevamente contradictorio el comportamiento del espacio entre ellas.

Categoría V: Las respuestas en esta categoría, muestran un modelo discreto que resulta coherente en sí mismo pero se rechaza lo afirmado en el enunciado respecto de la compresión de la sustancia. Esta categoría aparece fundamentalmente en las respuestas para líquido y sólido, lo cual evidencia las ideas previas de incompresibilidad de líquidos (como el agua) y la dureza considerada como propiedad característica de los sólidos. En este caso, la idea previa obstaculiza el análisis de la situación por parte de los estudiantes.

Categoría VI: Tal como en la categoría anterior, se niega lo fenomenológico pero sin evidenciar un modelo discreto.

Categoría VII: A diferencia de la categoría VI, se acepta lo fenomenológico pero nuevamente sin evidenciar un modelo discreto.

Categoría VIII: Estas respuestas implican desacuerdo con las alternativas ofrecidas desde la encuesta y, en algunos casos, se acompañaron con observaciones que deberán ser analizadas individualmente.

Categoría "Otras": En esta categoría se agruparon aquellas planillas donde no hubo respuesta o donde las opciones elegidas implicaban contradicción en lo macroscópico, reflejada por la presencia, al mismo tiempo, de cambio y no cambio del volumen del material (combinaciones (a-d), con o sin acompañamiento de modelo discreto). Se puede entender como una dificultad de interpretación del enunciado o desgano en participar de la encuesta. Nuevamente, el número de respuestas en esta categoría fue muy bajo.

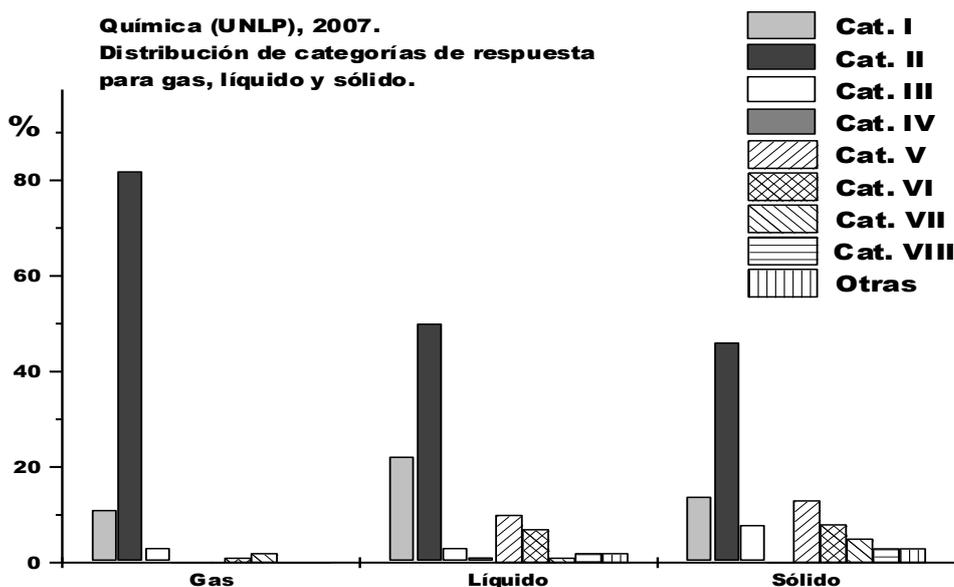


Figura 1. Distribución de categorías de respuesta para “gas”, “líquido” y “sólido” en estudiantes de 1^{er} año de Química (materia Química General, curso 2007), UNLP.

En la Figura 1 se ha volcado la distribución (en porcentaje) de las respuestas para cada categoría y cada estado de agregación para la población de estudiantes de la UNLP. Se evidencia que la categoría II es la dominante para los tres estados de agregación de la materia, aunque en gas resulta más notable (82% frente a 50% y 46% en líquido y sólido respectivamente). Además, se percibe una gran dispersión en otras categorías: la I y la III poseen elevados porcentajes de elección para los tres estados de agregación; la V y la VI aparecen como importantes en líquido y sólido y la VII también en sólido aunque con frecuencias menores. De la observación de esta Figura se puede interpretar que la elección dominante de la categoría II para gas se ha dispersado en líquido y sólido abarcando muchas otras categorías también.

La otra cuestión analizada aquí fue la de evaluar la utilización de un único modelo para los tres estados de agregación y que se ha denominado “congruencia”. En este sentido se ha considerado como deseable que, tanto desde una mirada macroscópica como microscópica, las respuestas de los estudiantes universitarios reflejaran un único modelo para la materia independientemente de su estado de agregación. En la Tabla 2 se transcriben los resultados obtenidos para la población de estudiantes de la UNLP.

Del análisis de la Tabla 2 surge que la congruencia II-II (modelo discreto y microscópico tanto para gas como para líquido) resulta dominante. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que sólo el 48% de los estudiantes manifiesta esa congruencia en los modelos usados para ambos estados de agregación, en tanto que el 52% restante están considerando modelos diferentes para cada fase. También se puede notar que la gran mayoría de las respuestas para gas se concentran en la categoría II y no aparece un comportamiento análogo para líquidos, fase en la cual se hace más evidente la dispersión de respuestas. Se podría inferir que el modelo discreto y microscópico para gas se ha incorporado como conocimiento establecido mientras que no surge un modelo dominante para líquido, lo cual podría relacionarse con las características de trabajo en el aula respecto de ambos estados de agregación de la materia.

Gas	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	Otras
Líquido									
I	C (8)	X (13)					X (1)		
II	X (1)	C (48)							
III		X (1)	C (2)						
IV		X (1)							
V		X (10)							
VI	X (1)	X (5)							
VII		X (1)							
VIII		X (1)					X (1)		
Otras		X (1)							C (1)

Tabla 2. Congruencias-Incongruencias Gas-Líquido. Distribución de respuestas conjuntas para gas y líquido correspondientes a estudiantes de 1^{er} año de Química (materia Química General, curso 2007), UNLP. **C** indica congruencia; **X** indica incongruencia. Entre paréntesis figura el porcentaje de respuestas de cada combinación.

En el caso de las respuestas alternativas a la II-II, se destacan las combinaciones II-I (modelo discreto microscópico para gas y modelo microscópico discreto pero que no explica la observación, indicando una disociación entre niveles macroscópico y microscópico de descripción, para líquido) con 13% y II-V (modelo discreto para gas y modelo discreto, coherente en sí mismo pero que no acepta lo fenomenológico -el cambio de volumen- para líquido) con 10%. Es decir, el modelo discreto aparece como mayoritario aunque, en un porcentaje elevado de estudiantes, incoherente con el nivel macroscópico de descripción y circunscripto al gas.

En la Tabla 3 se incluyen los resultados (en porcentaje) de congruencia gas-líquido para la población de estudiantes de la UNNOBA evidenciando comportamientos análogos aunque se evidencia una dispersión mayor en las respuestas:

Gas	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Líquido								
I	C (3)	X (4)	X (3)		X (1)			
II	X (4)	C (13)	X (3)				X (1)	
III	X (1)	X (4)					X (1)	
IV					X (1)			
V	X (1)	X (4)	X (1)		C (3)			
VI		X (3)	X (1)			C (1)		X (1)
VII	X (1)	X (1)	X (1)		X (1)	X (1)		
VIII		X (1)						C (6)

Tabla 3. Congruencias-Incongruencias Gas-Líquido. Distribución de respuestas conjuntas para gas y líquido correspondientes a estudiantes de 1^{er} año de diversas carreras de la UNNOBA. **C** indica congruencia; **X** indica incongruencia. Entre paréntesis figura el porcentaje de respuestas de cada combinación.

En cuanto a las congruencias gas-sólido y líquido-sólido, en las Figuras 2 y 3 se muestran gráficas comparativas entre las poblaciones de UNLP y UNNOBA.

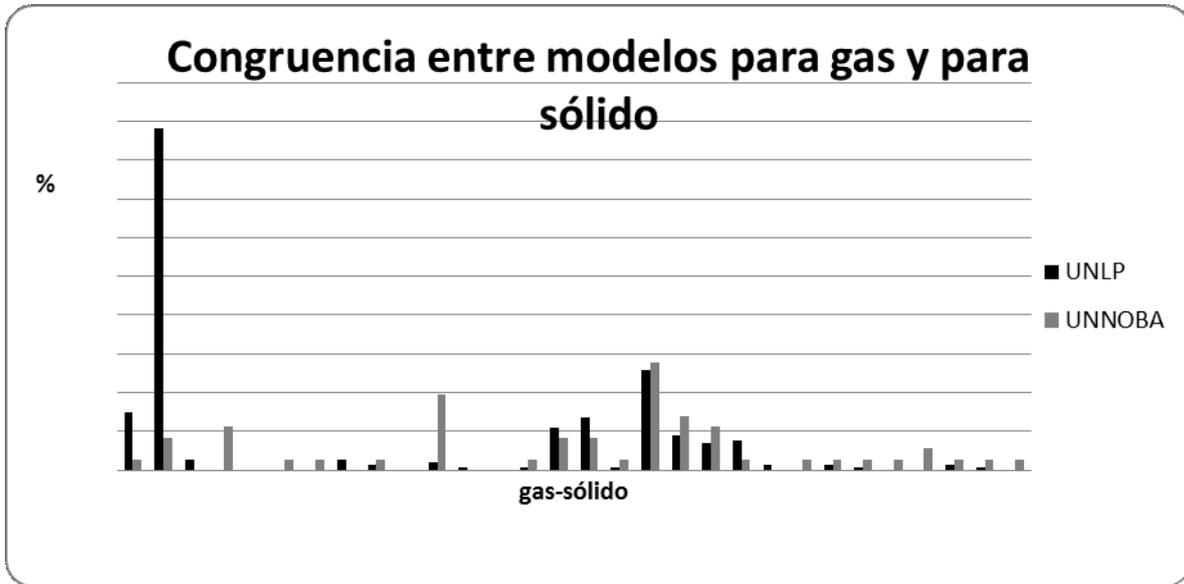


Figura 2. Comparación de congruencia gas-sólido para poblaciones de estudiantes de UNLP (negro) y UNNOBA (gris). Se han considerado sólo los porcentajes superiores al 1%.

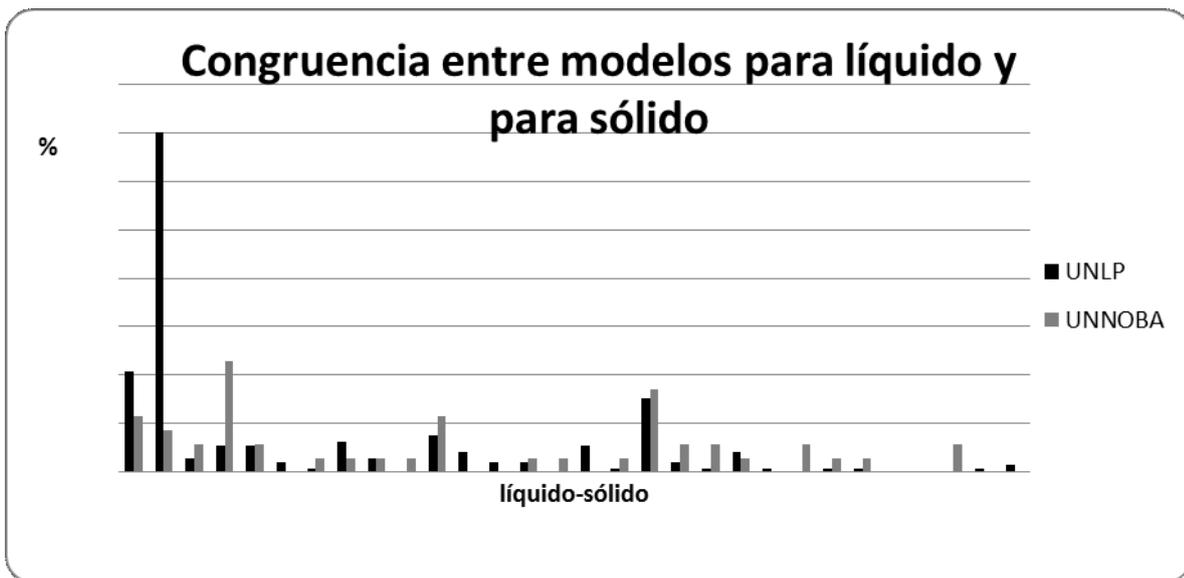


Figura 3. Comparación de congruencia líquido-sólido para poblaciones de estudiantes de UNLP (negro) y UNNOBA (gris). Se han considerado sólo los porcentajes superiores al 1%.

Lo que surge de las gráficas, en primer lugar, es una diferencia notable de distribución de elecciones para ambas universidades tanto en el caso de gas-sólido como en el de líquido-sólido. En ambos casos, en la UNLP aparece un mayor peso de las combinaciones II-II y I-I mientras que la UNNOBA muestra resultados más dispersos. Sin embargo resulta llamativo el significativo porcentaje para las combinaciones II para gas y I a VI para líquido o sólido (aunque en este último en menor medida).

En la población de estudiantes de la UNLP se nota la predominancia de la categoría II-II (44% para gas-sólido y 35% para líquido-sólido) a diferencia de los estudiantes de la UNNOBA en los que las respuestas se vuelcan hacia otras combinaciones: para gas-sólido la I-V (con 9,7%), II-VI (con 7%), la V-V y II-VII (con 5,6% cada una) mientras que para líquido-sólido preponderan la V-V (con 11,4%), la II-V (con 8,6%), la I-V y I-I (ambas con 5,7%) y finalmente la II-II (con 4,3%).

Cabe resaltar que la combinación II-V aparece con porcentajes similares y notables para las dos gráficas en ambas universidades (13% en UNLP y 13,9% en UNNOBA para gas-sólido y 7,6% en UNLP y 8,6% en UNNOBA para líquido-sólido). Esta combinación implica la elección de un modelo discreto coherente con lo macroscópico para gas pero no para sólido, al que se imagina desde un modelo discreto pero rechazando lo afirmado en el enunciado respecto de la compresión de la sustancia.

En el caso de líquido-sólido, solamente las categorías V-V en UNNOBA (con 11,4%) y I-I en UNLP (con 10,3%) reflejan un porcentaje elevado de elección.

CONSIDERACIONES FINALES

En el presente artículo se han volcado los resultados de una indagación sobre representaciones de la estructura de la materia en tres estados (gas, líquido y sólido) en estudiantes universitarios de dos instituciones y carreras diferentes, además de analizar la coherencia entre modelo discreto y propiedades fenomenológicas y el uso de un único modelo para dichos estados (congruencia).

Con relación a la coherencia en el uso del modelo asociado a la teoría de partículas, el análisis muestra que existen dificultades en los estudiantes universitarios para explicar propiedades macroscópicas de líquidos y sólidos acudiéndose a una diversidad de representaciones distantes del conocimiento científico y mostrando, en muchos casos, una considerable incoherencia entre la representación y lo fenomenológico o dentro mismo del modelo discreto.

Del análisis efectuado se confirma que no se debería presuponer la utilización generalizada de un único modelo por parte de los estudiantes. De hecho, lo evaluado permite inferir que estudiantes universitarios que ya han finalizado un primer año aun mantienen una diversidad de representaciones no necesariamente compatibles con lo propuesto desde la comunidad científica.

En cuanto a las congruencias gas-sólido y líquido-sólido los resultados registrados indican dificultades similares que las señaladas en Cappannini y otros (2008) para gas-líquido. Mientras que en gas para UNLP predomina el modelo adecuado (categoría II), los porcentajes de congruencia reflejan una baja elección de la combinación deseable. En el caso de la UNNOBA la situación parece aún peor ya que las combinaciones predominantes se alejan de una adecuada congruencia. La congruencia entre las tres fases para cada estudiante reflejará porcentajes aún menores en ambos universos encuestados. La pintura global estaría indicando que las representaciones microscópicas discretas no sólo no son mayoritarias sino que se circunscriben al estado gaseoso. Esto implica que la articulación entre el cuerpo de conocimientos generado desde el ámbito científico y las representaciones presentes en cada estudiante dista de ser la deseada.

La observación de que la representación dominante se corresponde con la teoría de partículas mayoritariamente en gases, que es el contexto habitual en el que se trabaja en el aula este modelo, parece indicar la necesidad de un tratamiento explícito, tanto en el nivel secundario como en el universitario, del modelo discreto para discutir los fenómenos que incluyen los otros estados de agregación.

REFERENCIAS

- Benarroch, A. (2000). El desarrollo cognoscitivo de los estudiantes en el área de la naturaleza corpuscular de la materia. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(2), pp. 235-246.
- Benarroch, A. (2001). Una interpretación del desarrollo cognoscitivo de los alumnos en el área de la naturaleza corpuscular de la materia. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(1), pp. 235-246.
- Cappannini, O. M. y Espíndola, C. (2008). ¿Utilizan nuestros estudiantes universitarios un único modelo de materia cuando analizan situaciones que incluyen distintos estados de agregación? *Memorias del IX Simposio de Investigación en Educación en Física (SIEF IX)* volcadas a DVD (ISBN 978-987-22880-4-4).
- Ebenezer, J. y Fraser, D. (2001). First year chemical engineering students' conceptions of energy in solution processes: phenomenographic categories for common knowledge construction. *Science Education*, 85(5), pp. 509-535.
- Eilam, B. (2004). Drops of water and of soap solution: students' constraining mental models of the structure of matter. *J. Res. Sci. Teach.*, 41, pp. 970-993.

- Espíndola, C. Zanassi, G. y Cappannini, O. M. (2007). Una propuesta para la superación de obstáculos en la evaluación diagnóstica de modelos sobre estructura de la materia en estudiantes universitarios. Enviado para su publicación en *Formación Universitaria*, diciembre de 2007. Revista electrónica (<http://www.citchile.cl>).
- Garnett, P. J.; Garnett, P. J. y Hackling, M. W. (1995). Students' alternative conceptions in chemistry: a review of research and implications for teaching and learning. *Studies in Science Education*, 25, pp. 69-95.
- Hammer, D. (2004). The variability of student reasoning. En E. Redish y M. Vicentini (Eds.) *Proceedings of the Enrico Fermi Summer School, Course CLVI*. Bologna, Italia. Disponible en (<http://www2.physics.umd.edu/%7Edavidham/varenna3.pdf>).
- Johnson, P. (1998). Progression in children's understanding of a 'basic' particle theory: a longitudinal study. *Int. J. Sci. Educ.*, 20(4), pp. 393-412.
- Johnson-Laird, P. (1983). *Mental models: Towards a cognitive science of language, inference and consciousness*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Krnel, D.; Watson, R. y Glazar, S. A. (1998). Survey of research related to the development of the concept of 'matter'. *Int. J. Sci. Educ.*, 20(3), pp. 257-289.
- Krnel, D.; Watson, R. y Glazar, S. A. (2005). The development of the concept of 'matter': a cross-age study of how children describe materials. *Int. J. Sci. Educ.*, 27(3), pp. 367-383.
- Linder, C. y Marshall, D. (2003). Reflection and phenomenography: towards theoretical and educational development possibilities. *Learning and Instruction*, 13, pp. 271-284.
- Marton, F. (1981). Phenomenography: describing conceptions of the world around us. *Instructional Science*, 10, pp. 177-200.
- Mortimer, E. (1995). Conceptual change or conceptual profile change? *Science & Education*, 4, pp. 267-285.
- Mortimer, E. (1998). Multivoicedness and univocality in the classroom discourse: an example from theory of matter. *Int. J. Sci. Educ.*, 20(1), pp. 67-82.
- Mortimer, E. F. y Scott, P., (2002). "Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino". *Inv. Em Ensino de Ciências*, 7(3). Revista electrónica (<http://www.if.ufrgs.br>).
- Norman, D. N. (1983). Some observations on mental models. En D. Gentner y A. L. Stevens (Eds.), *Mental Models* (pp. 7-14), Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Pozo, J. I. y Rodrigo, M. J. (2001). Del cambio de contenido al cambio representacional en el conocimiento conceptual. *Infancia y Aprendizaje*, 24(4), pp.407-423.
- Stains, M. y Talanquer, V. (2007). Classification of chemical substances using particulate representations of matter: an analysis of student thinking. *Int. J. Sci. Educ.*, 29(2), pp. 643-661.
- Solomon, J. (1993). The social construction of children's scientific knowledge, Capítulo 5. En P. J. Black y A. M. Lucas (Eds.), *Children's Informal Ideas in Science*, Londres: Routledge.
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4, pp.45-69.