

## ¿Cómo usan alumnos de EGB los modelos de estado de agregación de la materia en la interpretación de un fenómeno de mezcla?

Carlos Espíndola<sup>1</sup> y Osvaldo Cappannini<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Colegio Nacional "R. Hernández" (UNLP) y Grupo de Didáctica de las Ciencias, IFLYSIB (CONICET-UNLP-CIC). E-mail: [carespin@yahoo.com](mailto:carespin@yahoo.com)

<sup>2</sup>Grupo de Didáctica de las Ciencias, IFLYSIB (CONICET-UNLP-CIC), Calle 59 N° 789, La Plata 1900, C.C. 565, Argentina. E-mail: [cappa@iflysib.unlp.edu.ar](mailto:cappa@iflysib.unlp.edu.ar)

**Resumen:** Un trabajo de laboratorio en Ciencias Experimentales, realizado por alumnos de 12-13 años de edad, permite realizar un análisis sobre la utilización de modelos explicativos propios de los alumnos y contenidos del saber escolar, en este caso la teoría de partículas, en la explicación de una mezcla.

Las respuestas obtenidas a una encuesta planteada al final de la experiencia sugieren la existencia de grupos de alumnos con visiones similares, diferentes de las esperadas desde la visión docente, cuya identificación permita planificar el futuro desarrollo conceptual del curso considerando distintas etapas en el desarrollo individual del aprendizaje.

**Palabras clave:** ideas previas, teoría de partículas, modelos, mezcla.

**Title:** ¿How do secondary students use models about states of matter in the interpretation of mixtures?

**Abstract:** An experimental science laboratory task, in which 12-13 year old secondary students have used their own explanatory models together with particle theory to explain mixtures, has been analyzed.

The answers to a survey done after the laboratory experience suggest the identification of groups of students in the class with similar points of view but different from the teacher's expectation. This is considered as a step in the planification of the rest of the course including different stages in the individual learning process.

**Key words:** Alternative ideas, particle theory, models, mixtures.

### Introducción

De acuerdo al marco constructivista, los estudiantes llegan a las clases de ciencias con concepciones alternativas a las del saber escolar, generadas a partir de su interacción con el mundo. La información que, por distintos canales, van incorporando es seleccionada y organizada de manera singular para establecer relaciones que les ayudan a describir el mundo que los rodea (Vigotsky, 1995; Ausubel, 1995).

Estas descripciones no siempre coinciden con la explicación científica de los fenómenos observados, lo cual puede derivar en dificultades para que

los alumnos puedan articular ambas visiones, la propia y la del saber escolar.

Desde la propuesta de algunos autores (Posner y otros, 1982; Giordan y de Vecchi, 1994), la tarea docente implica ayudar a que el alumno abandone sus ideas e incorpore las del saber escolar. Otros en cambio proponen, desde la actividad docente, facilitar una suerte de evolución conceptual en el estudiante a través de un acercamiento entre las ideas propias y las de la ciencia. Vigotsky (1995) sugiere: "... Con ayuda, todo niño puede hacer más que lo que puede por sí solo, aunque sólo dentro de los límites establecidos por su estado de desarrollo..." y define la Zona de Desarrollo Próximo (ZDP). En esta zona es donde se pueden articular los nuevos conceptos con las ideas propias. Según Mortimer y otros (1994) uno de los problemas de aprendizaje (y, por lo tanto, para la tarea docente) reside en la dificultad, que el alumno enfrenta, cuando debe reconocer y superar los conflictos asociados para estructurar los nuevos conceptos en el marco de sus propias ideas.

De acuerdo a este autor, tales conflictos podrían superarse utilizando la noción de "perfil conceptual" (Mortimer, 1995), que considera modelos derivados de las vías de pensamiento en diferentes dominios propios de distintas teorías estableciendo diversas zonas para cada perfil. Un perfil conceptual "reconoce la coexistencia en el individuo de dos o más significados para una misma palabra o concepto" (Mortimer, 2001). Estos perfiles conceptuales individuales intervienen en el contexto de la interacción en el aula y resulta importante su identificación puesto que ello puede ayudar al docente en muchos sentidos.

Por un lado, en la comprensión de dificultades comunicacionales (Mortimer y Scott, 2002), producidas cuando existe dualidad de modelos entre la presentación del docente y aquello que el alumno interpreta (García, Espíndola y Cappannini, 2004). Por otro lado, en la propuesta de estrategias que ayuden al alumno a aproximar ambas concepciones, tal como sugiere Vigotsky (1995). Esta identificación le requiere al docente, a la vez, vencer obstáculos de tipo ontológico y epistemológico mediante la negociación en el aula (Pozo, 1998).

Resultaría adecuado para el docente, el establecimiento de actividades de evaluación diagnóstica de tipo formativa (Sanmartí y Alimenti, 2004), que permitan identificar aquellos perfiles conceptuales individuales próximos entre sí y los que se diferencian nítidamente. La conjunción de los perfiles individuales próximos entre sí se podrían interpretar como "perfil conceptual colectivo" o "de grupo" concebido como el resultado del aporte desde cada perfil individual, modulado y modificado por las diferentes interacciones producidas en el aula a través del lenguaje (Bakhtin, 1981) y la construcción de distintos estados de intersubjetividad (Rommetveit, 1979). Esta identificación de perfiles conceptuales en el aula permitiría el establecimiento de diferentes estrategias didácticas que acompañen el desarrollo del proceso de aprendizaje (Mortimer y Scott, 2000; Cappannini y Espíndola, 2004).

En este trabajo se presenta un análisis de representaciones sobre estructura de la materia usadas por alumnos de EGB, durante una actividad de aula, para explicar un proceso de mezcla. Este análisis permitiría iniciar

la identificación de representaciones afines de los alumnos tratando de agruparlos por proximidad.

### **Hacia la detección de representaciones en el aula**

¿Cuál es la necesidad, vista desde el alumno, de plantearse la clasificación de la materia en los tres estados de agregación? Esa clasificación, artificial para el alumno (García, Espíndola y Cappannini, 2004) pero esencial para el conocimiento científico, es habitualmente introducida aprovechando las ideas previas asociadas a percepciones presentes en los alumnos (Driver y otros, 1989). Las definiciones de los tres estados de agregación giran, entonces, en torno a características macroscópicas (como la forma) y no se presentan desde una representación microscópica.

Ahora bien, si el alumno acepta esa clasificación, ¿cómo la utiliza en la interpretación de fenómenos naturales? Es precisamente en este caso donde el aporte científico explicativo de las transformaciones introduce la interpretación microscópica.

Con la intención de poner en evidencia cómo los alumnos utilizan tanto la clasificación anterior como la interpretación microscópica, se han propuesto actividades centradas en transformaciones que incluyan modificaciones en los estados de agregación de las sustancias empleadas. En este caso se planteó una actividad de aula consistente en la elaboración de masilla de vidriería a partir de polvo de tiza y aceite de lino. Fue llevada a cabo en la asignatura Ciencias Experimentales con un grupo de 30 alumnos, de aproximadamente 12 años, correspondiente a séptimo año del Tercer Ciclo de la EGB, en el Colegio Nacional "Rafael Hernández" de la Universidad Nacional de La Plata.

Durante el desarrollo del trabajo de laboratorio, los alumnos prepararon la masilla mezclando las sustancias según las cantidades indicadas en una guía escrita entregada por el docente y respondieron por escrito a una encuesta previa y otra posterior.

La encuesta previa, con la cual se pretendió obtener información respecto de la familiaridad de cada estudiante con el material, incluyó las siguientes preguntas:

- 1) *Alguna vez, antes de Ciencias Experimentales, ¿oíste hablar de la masilla?*
- 2) *¿Sabías para qué se utiliza?*
- 3) *¿Dónde la comprarías?*
- 4) *¿Cómo se fabrica?*

Las respuestas a esta encuesta previa indicaron que veintisiete de los 30 alumnos habían oído hablar de la masilla. La mitad sabía para qué se utiliza mientras que veinticuatro la comprarían en la ferretería. Sin embargo, ninguno de los estudiantes sabía cómo se fabrica.

Siguiendo con lo establecido para el curso, se continuó abordando contenidos como el modelo de partículas (explicativo de los estados de agregación de la materia) y la clasificación de transformaciones en físicas y químicas, entre otros.

Para la teoría de partículas se consideró, siguiendo a Barrow (1964), que:

- ✓ Todos los materiales se encuentran constituidos por partículas.
- ✓ Las partículas son todas esféricas y de igual tamaño.
- ✓ Las partículas son tan pequeñas que no pueden ser vistas.
- ✓ De su disposición espacial derivan los estados de agregación de los materiales:
  - En los cuerpos sólidos, las partículas se encuentran juntas y ordenadamente dispuestas en el espacio. Dichas partículas se encuentran sometidas a movimientos de vibración.
  - En los líquidos, existen agrupamientos de partículas unidas, con movilidad de unos respecto de otros. A la vibración de las partículas unidas, se suma aquí la posibilidad de traslación de los grupos.
  - En los gases, las partículas independientes unas de otras, se desplazan libremente.

Respecto de las transformaciones del sistema en estudio, se definieron como fenómenos físicos aquellos procesos en los que no cambia la naturaleza de las sustancias involucradas y como fenómenos químicos aquellos en los que la naturaleza de las sustancias cambia en el proceso. Cabe aclarar que no se profundizó demasiado en el tratamiento de estas definiciones.

Después de, aproximadamente, dos meses de la realización del trabajo de laboratorio, se pidió a los alumnos que contestaran la encuesta siguiente:

*Encuesta posterior*

- 1) *¿Cómo fabricaste la masilla?*
- 2) *¿Qué pasó con el polvo de tiza y el aceite de lino?*
- 3) *Lo que sucedió, ¿fue un cambio físico o un cambio químico?*
- 4) *Si pudieras ver las partículas, ¿cómo explicarías la formación del producto final?*

Esta encuesta pretendió evaluar la relación entre los contenidos expuestos durante los dos meses posteriores a la actividad y la interpretación de aspectos del trabajo de laboratorio realizado. La primera pregunta permitió valorar el recuerdo que los alumnos mantenían de la experiencia de aula realizada. La pregunta (2) apuntó a explicitar las ideas propias de los alumnos participantes respecto del fenómeno observado. Las preguntas (3) y (4), buscaron reflejar la utilización del saber escolar en la explicación de lo acontecido.

Las respuestas a la pregunta (1) mostraron que un alto número de alumnos (27) recordaba con detalle el proceso de elaboración de la masilla. Sólo uno de los alumnos encuestados (Jorge<sup>1</sup>) no contestó a las preguntas planteadas. La evaluación de las respuestas a la pregunta (3) se mostrará en un trabajo próximo.

---

<sup>1</sup> Se utilizan seudónimos para identificar a los alumnos participantes.

Se ha realizado un análisis más detallado sobre las respuestas a las preguntas (2) y (4). Las respuestas a (2) permitieron agrupar a los alumnos en cuatro categorías, asociadas a la interpretación del fenómeno observado desde las ideas propias de los alumnos combinadas, o no, con los saberes escolares:

*G1: Hubo un cambio de estado.* Se reconoce solamente en los componentes un estado de agregación inicial y otro final, sin decir nada sobre el proceso (por ejemplo, Felipe: "Los dos componentes quedaron sólidos"; Gala: "Cambiaron de estado" y Francisco: "Lo que pasó (fue) que se solidificaron").

*G2: Los componentes aportan características.* Cada componente aporta características macroscópicas al estado final mediante el proceso realizado. No se habla de estados de agregación ni del producto final (por ejemplo, Adrián: "Los dos componentes usados fueron la tiza y el aceite. Lo que pasó fue (que) al poner el aceite dentro del vaso con tiza en polvo se junta la tiza y toma color el aceite").

*G3: Hubo un cambio de estado de agregación debido a la mezcla.* El proceso se considera causa del estado de agregación final. El énfasis está en lo que sucedió con los componentes y no en el producto final (por ejemplo, Sabrina C: "Al unir los dos componentes nos quedó una sustancia sólida. El aceite de lino, de estado líquido pasó a sólido, y la tiza en polvo quedó sólida pero unida"; Martín R: "Lo que pasó con los componentes usados fue que cuando los mezclamos se produjo un tipo de masilla sólida" y Ana Clara: "Los dos componentes mezclados cambiaron de estado y se transformaron en un sólido").

*G4: Hubo mezcla o unión de componentes para dar el producto.* El proceso generó un producto. Se hace hincapié en el proceso y en el producto. El producto se considera, además, otra sustancia (por ejemplo, Facundo: "Se mezclaron y formaron un componente llamado masilla"; Daniel: "Desaparecieron y se convirtieron en una sola" y Sebastián: "Creo que lo que pasó con los componentes fue mezclarse para formar el producto final: masilla").

Las respuestas a la pregunta (4), reflejando la utilización de la teoría de partículas, sugirieron la siguiente categorización:

*H1: No se plantea el modelo de partículas o su uso es macroscópico.* Se hace una descripción macroscópica. Se habla de líquidos, sólido y de mezcla (por ejemplo, Martín Z.: "Las partículas eran: el aceite era líquido y sólido por parte de la tiza. Llegué al producto final, amasándolos" (ver figura 1) y Daniel: "Las partículas de los dos componentes se unieron, una partícula del aceite con una partícula de tiza (para mí), y formaron una masa (primero estaba líquido y sólido, después fue sólido solamente" (ver figura 2)).

Handwritten text in Spanish: "Las partículas eran: el aceite era líquido y sólido por parte de la tiza. Llegué al producto final amasándolos."

Figura 1.- Respuesta de Martín Z.

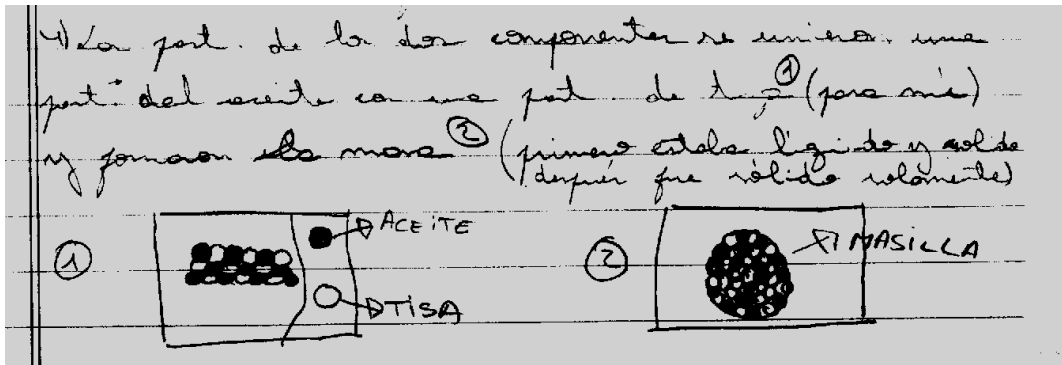


Figura 2.- Respuesta de Daniel.

H2: Se conoce el modelo de partículas pero no se puede aplicar. Se identifican dos subcategorías:

a) Se conoce el modelo de partículas pero se expresa parcialmente en la explicación (por ejemplo, Ana G.: "Primero, se tomó una cantidad de tiza que fue pesada en gramos, luego pusimos aceite en un recipiente, se mezclaron las dos sustancias." (ver figura 3, donde el dibujo refleja algo de la teoría de partículas vista en clase)).

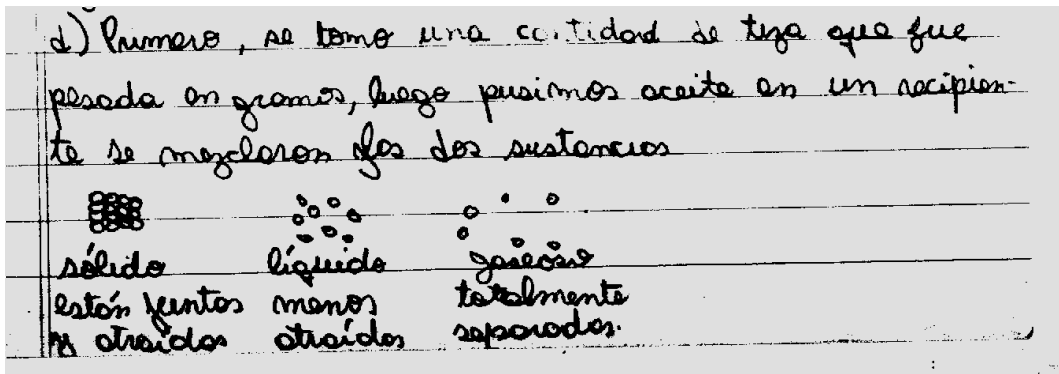


Figura 3. Respuesta de Ana G.

b) Se utiliza el modelo de partículas pero macroscópicamente (por ejemplo, Ernesto: "Para mí, como siempre y como con el azúcar, las partículas del aceite atacaron en cierta forma a las de la harina. Y las de harina son tan finas que se esparcieron". (ver figura 4) y Ana Clara: "Al mezclar el polvo de tiza que era un elemento sólido y el aceite, que era un líquido, obtuvimos la masilla, que era un sólido." (ver figura 5)).

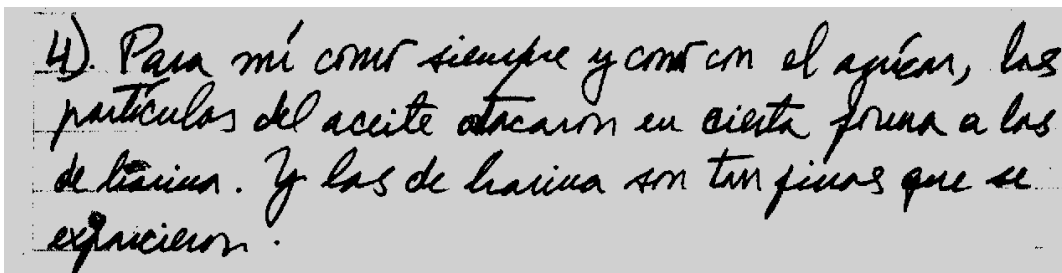


Figura 4.- Respuesta de Ernesto.

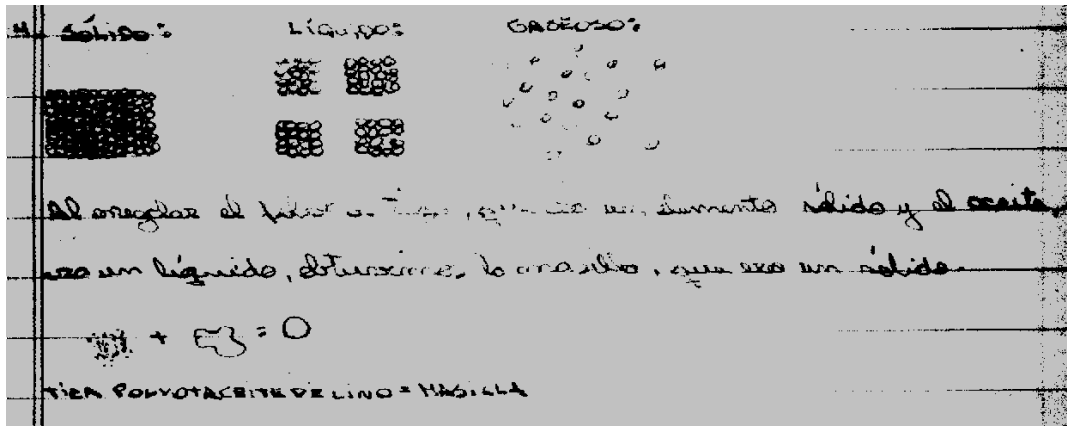


Figura 5.- Respuesta de Ana Clara.

H3: Se emplea el modelo de partículas al fenómeno considerado. Se aplican los modelos de teoría de partículas a la situación analizada (por ejemplo, Mauricio: "Las partículas de tiza se unieron con las del aceite, uniéndose todas en forma ordenada (sólido)."  
 (ver figura 6) y Ana Julia.: "Líquido, que sería el aceite de lino. Sólido, que sería la tiza, (partículas) juntas y ordenadas. Mezclándolas quedó sólido (partículas) juntas y ordenadas" (ver figura 7)).

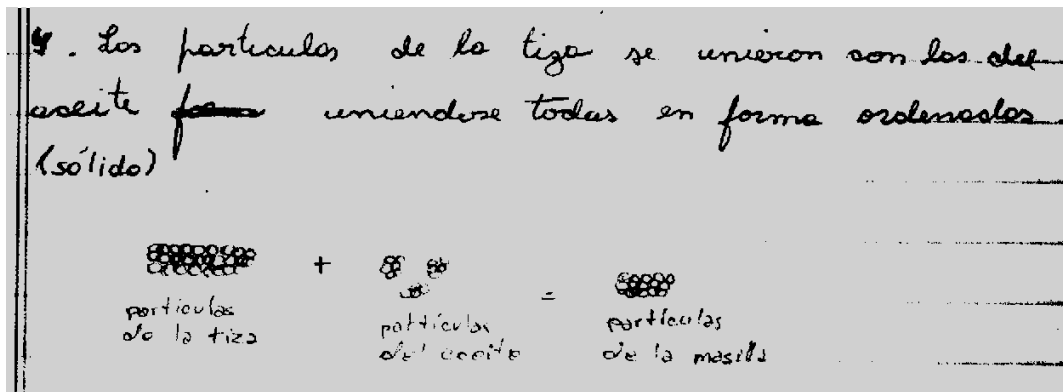


Figura 6.- Respuesta de Mauricio.

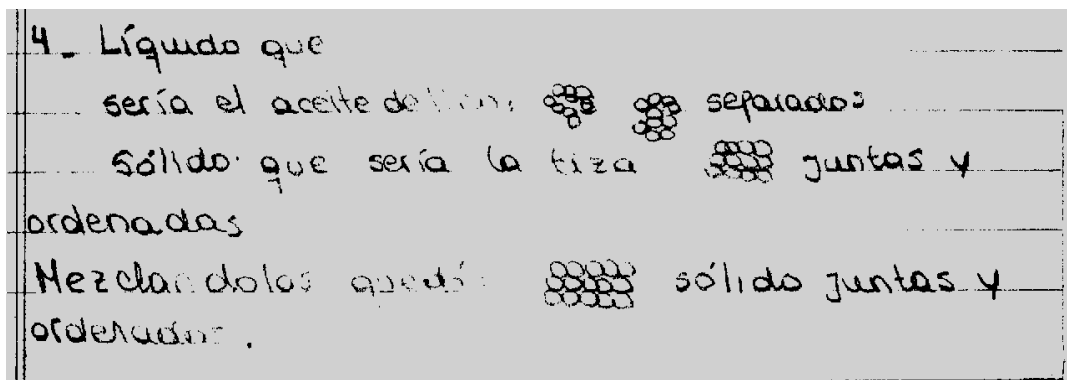


Figura 7.- Respuesta de Ana Julia.

Con ambas categorizaciones se ha construido una matriz (volcada en la Tabla 1) que permite identificar correlaciones entre los grupos de alumnos, sus ideas y la utilización del saber escolar en la situación analizada.

	<i>G1</i>	<i>G2</i>	<i>G3</i>	<i>G4</i>
<i>H1</i>	Francisco	Adrián	Matías	Martín Z. Sabrina B. Andrés Rocío S. Daniel
<i>H2</i>	Gala (a)		Ana Julia (a) Lisandro (a) Ana Clara (b)	Villanueva (a) Facundo (a) Ernesto (b)
<i>H3</i>	Felipe		Sabrina Mauricio Martín R. Eliana	Ana G. Sebastián Lucía F. Juan M. Silvina Emilio

Tabla 1.- Grupos de alumnos ubicados de acuerdo a las categorías de respuesta. Entre paréntesis se indican las subcategorías a que corresponden las respuestas de algunos alumnos.

### Análisis de los resultados obtenidos

Las categorías especificadas como *H* identifican cómo los alumnos utilizan el modelo microscópico planteado (modelo de partículas) en la descripción (o explicación) de lo ocurrido durante el proceso de mezcla. En esas categorías se podrían identificar las tres zonas de descripción consideradas en la idea de perfil conceptual de Mortimer (1998). La *H1* se podría comparar con la zona "sensible" en la que es la percepción la que domina; la *H2* se podría asociar al "atomismo sustancialista" donde las propiedades de las partículas coinciden con las de la sustancia y la *H3* se acercaría a la zona de "atomismo clásico" (donde se concibe a la sustancia como compuesta por partículas materiales que se conservan durante las transformaciones químicas). Por otra parte, estas categorías podrían interpretarse, desde el punto de vista epistemológico, como abarcando realismo ingenuo (identificable en *H1*) y realismo interpretativo, algunas de cuyas características podríamos encontrar en *H2* (Pozo, 1998).

La categoría *H2* ha sido separada, a su vez, en dos subcategorías. La primera de ellas corresponde a aquellos alumnos que conocen la descripción microscópica discontinua de la materia pero no la reflejan totalmente en la descripción de la situación que analizan. En la segunda, los alumnos aplican una descripción que incluye partículas pero asignándoles características macroscópicas.

Por su parte, las categorías identificadas con *G* se refieren a la utilización de la clasificación en estados de agregación, la identificación de estados (inicial y final) y el reconocimiento de la existencia de un proceso de transformación. En estas categorías se evidencia una evolución desde el reconocimiento de componentes al comienzo y al final de la transformación pero sin identificación del proceso (*G1*), hasta el reconocimiento de la existencia de un producto como consecuencia del proceso (*G4*) lo cual implica cierto grado de abstracción. La categoría *G2* implica el traslado de propiedades macroscópicas, identificadas en los componentes iniciales, al estado final sin hablar del proceso ni del producto mientras que en *G3* el



proceso se considera causa del estado final pero tampoco se habla de producto. Cabe enfatizar que, en las respuestas incluidas en la categoría *G4*, las propiedades del producto no dependen de las de los componentes iniciales.

La combinación de las categorías *G* y *H* permite el agrupamiento de las ideas semejantes de los alumnos en el aula, tal como se indica en la tabla anterior. Así, la combinación *G1H1* identifica una visión centrada en la percepción. *G1H2* incluye alumnos que aún están centrados en la percepción aunque incorporaron algunas herramientas del saber escolar de manera incompleta. La combinación *G1H3* implica haber incorporado el saber escolar pero utilizarlo atado aún a la percepción.

En la categoría *G2H1* los alumnos siguen unidos a lo perceptivo aunque reconocen la existencia de un proceso, lo cual implica algún nivel de abstracción, pero no incluyen el saber escolar. Otra combinación que aparece en este aula es la *G3H1*, que agrupa a los alumnos que identifican al proceso como causante del producto final pero desde una visión centrada en lo sensible. En *G3H2* se incluyen aquellos que utilizan palabras de la descripción microscópica aunque no las pueden aplicar como herramientas de análisis. La combinación *G3H3* reúne alumnos que conocen la interpretación microscópica e identifican los componentes durante el proceso aunque no hablan del producto.

Finalmente, las combinaciones que asocian *G4* con las categorías *H* introducen en forma creciente la interpretación microscópica, sobre una transformación que da como resultado un producto, a partir de los componentes.

En todos los casos, existe una relación de tensión entre la concepción continua de la materia y el conocimiento brindado desde el ámbito escolar con los modelos microscópicos. Tal como describe Pozo (1998), el alumno organiza sus conocimientos a partir de las ideas implícitas sobre la materia y lo que se pretende, desde la enseñanza, es avanzar hacia las teorías científicas con interpretaciones de fenómenos a través de modelos. Esto debe estar asociado a cambios epistemológicos que llevan a pasar desde el realismo ingenuo primario, entendido como una representación estrictamente sensible de la realidad ("la realidad es tal como se la ve") a visiones más cercanas a las de la ciencia actual. Dicha posible evolución, considerada por Pozo como parte del cambio conceptual, implicaría en nuestro caso pasar desde *G1H1* (la percepción como eje descriptivo con una débil abstracción) hacia *G4H3* (el comienzo de una interpretación de la naturaleza a través de modelos microscópicos). Pozo denomina a la situación de estos últimos alumnos como "realismo interpretativo" y resulta intermedia entre el realismo ingenuo y el constructivismo ya que adjudica valores de realidad a entidades propias de los modelos ("los cambios que experimenta la materia vienen determinados por el cambio de sus características externas" y "cuando hay interacción, un tipo de partículas provoca el cambio en las otras").

En cada uno de los grupos se pueden identificar características comunes, reflejos de los perfiles conceptuales y epistemológicos individuales, lo cual sugiere líneas de acción para el docente. El trabajo en el aula deberá ser diferente para los distintos grupos. Aquellos que, en minoría, se encuentran

muy alejados de lo pretendido (como *G1H1*, *G2H1*, *G1H2*, *G3H1* y *G1H3*) precisarán abordar tanto lo epistemológico como lo conceptual: el recorrido a seguir debería contemplar las evoluciones sugeridas por Pozo (1998) y por autores como Mortimer (1995,1998), Benarroch (2000, 2001) y Johnson (1998), por ejemplo. Por su parte, los alumnos que integran los grupos *G4H1*, *G4H2*, *G3H3* y *G4H3* de la tabla, constituyen el conjunto más cercano a lo pretendido desde el saber escolar y podrían continuar con los contenidos tal como se plantean habitualmente. Para los grupos *G4H1* y *G4H2*, el trabajo docente se centraría en los contenidos epistemológicos necesarios para acercar a los alumnos hacia los modelos científicos, que comienzan a aparecer como herramientas en la categoría *H3*. Por ejemplo, la discusión de los diferentes contenidos del término "partícula" tal como sugiere Johnson (1998). Por otro lado, los alumnos de *G3H3* deberán ser acompañados en la utilización de herramientas conceptuales para la interpretación de los fenómenos considerados, por ejemplo profundizando en la diferenciación de solvente y soluto. En el grupo *G4H3*, en tanto, se intentaría consolidar los contenidos epistemológicos y conceptuales de manera de alcanzar, en un marco constructivista, los conocimientos científicos pretendidos.

### **Conclusiones finales**

A través de este trabajo se apuntó a mostrar cómo alumnos de EGB utilizan sus representaciones sobre los estados de agregación de la materia al intentar describir y explicar un fenómeno de mezcla. Se ha puesto en evidencia la existencia de formas múltiples de representación que llevan a una diversidad en las interpretaciones del fenómeno. Estas representaciones adquieren en el aula un carácter colectivo que se pone en evidencia en las interpretaciones particulares.

Desde un enfoque fenomenográfico (Marton, 1981) es posible relacionar dichas interpretaciones conformando grupos diferenciados de alumnos con maneras de pensar distinguibles y características semejantes, análogamente a lo indicado por Mortimer (1995, 1998) de multivocalidad en el aula y de existencia de perfiles conceptuales.

En la Tabla 1 se han indicado grupos de alumnos que sugieren el uso de distintas estrategias didácticas para facilitar su desarrollo subsiguiente. Resulta claro que la estrategia didáctica adecuada para el grupo *G4H3* podrá resultar frustrante para los alumnos en *G1H1*. De la misma forma, una estrategia adecuada a este último grupo podrá provocar desinterés y desmotivación en los del grupo *G4H3*.

Desde el punto de vista epistemológico, los grupos indicados pueden asociarse a lo indicado por Pozo (1998) respecto de un enfoque cercano al realismo ingenuo (como el *G1H1*), otro al realismo interpretativo (como los grupos *G2H1* y *G3H1*, por ejemplo) y un tercero constructivista (que es al que se acerca el grupo *G4H3*). Ellos deberán ser consideradas por el docente, en la planificación de su trabajo en el aula, de manera de acompañar el desarrollo, en el conjunto de alumnos, pretendido desde el saber escolar.

Asimismo, se podrían reunir los aspectos ontológicos y conceptuales considerando tres agrupamientos de los alumnos en el aula citada en este trabajo. Uno conformado por aquellos que reconocen estados y propiedades de la materia considerada continua y estática, o cuyas partículas tienen las mismas propiedades del sistema macroscópico al que pertenecen (*G1H1*, *G2H1*, *G1H2* y *G3H1*). Un segundo grupo, donde los cambios entre estados se explican a través de procesos y se registran mediante modificaciones en las características externas (*G4H1*, *G3H2* y *G1H3*) y un tercer grupo, en tanto, en el que incluiríamos a aquellos alumnos que se aproximan a concebir la materia como un sistema de partículas en interacción, interpretando la transformación en términos de relaciones entre elementos (*G4H2*, *G4H3* y *G3H3*) (Pozo, 1998).

La interpretación del fenómeno expresada por los alumnos puede considerarse también mediante una analogía con el proceso de desenroscar una tuerca. Esta tarea implica que, quien la intente, recurra a una caja de herramientas. Si nunca lo ha hecho, deberá decidir acerca de la herramienta a utilizar probando con diversos instrumentos de acuerdo a su experiencia previa en otros ámbitos. Eso significará equivocarse y corregir, por prueba y error, intentando acercarse a lo más apropiado. O bien, podrá acudir al asesoramiento de algún experto en la tarea. Por otro lado, existirán aquellos que ya cuenten con experiencia en el uso de diversas herramientas y que, por similitud, seleccionen el instrumento más adecuado.

La tarea de interpretación de un fenómeno como el planteado a los alumnos de EGB, a través de las concepciones propias y los conocimientos escolares, resulta análoga a lo anterior. Algunas personas dudarán en la elección de la herramienta a emplear (¿concepciones propias o conocimientos escolares?), constituyéndose en un obstáculo insalvable que les imposibilita abordar el problema (Jorge). Otras, usarán herramientas no adecuadas (como la visión macroscópica observable en las categorías *H1* y *H2(a)*), y habrá quienes intenten utilizar las que el docente les acerca (grupo *H2(b)*, ejemplo de Ernesto). Finalmente otras, por sí mismas, lo harán a través de las herramientas coherentes con el saber escolar (categorizados como *H3*).

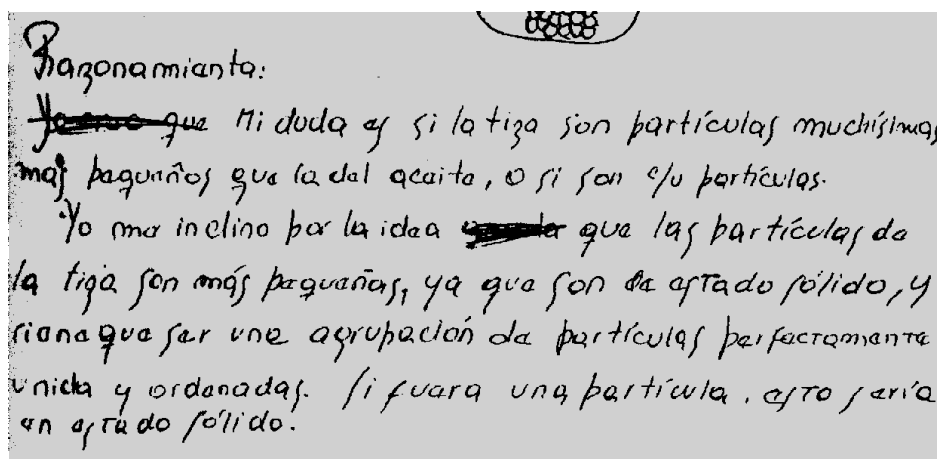
Al transitar estas alternativas, el docente debería plantearse cubrir el mínimo de conocimientos requeridos desde la escuela para el total de alumnos, aunque algunos de estos superen este nivel deseable.

Debemos subrayar, además, la posible influencia negativa del discurso del docente, cuando impone la utilización acrítica del saber escolar por parte de los alumnos por encima de sus ideas propias. Este podría ser el caso de los alumnos en *H2* que proponen el modelo volcado por el docente sin poder utilizarlo (Leander y Brown, 2000; Mortimer y Scott, 2002). Pozo (1998) indica, al respecto, que el alumno no ha alcanzado a madurar los conceptos para incluirlos en su esfera cognitiva.

En la experiencia mostrada en el presente trabajo, se ha puesto en evidencia la necesidad del rol facilitador del docente para inducir el desarrollo apropiado, teniendo en cuenta la diversidad de perfiles presentes en el aula. Ese rol facilitador debe considerar esa diversidad para planificar

la presentación del saber escolar y alentar la actividad cuestionadora de los alumnos.

Las situaciones generadas en la experiencia citada abren la posibilidad de profundizar, por parte de los alumnos, la incorporación de las ideas del saber escolar, tal como se observa en el comentario de Alicia, alumna participante de una experiencia exploratoria anterior (de acuerdo a Espindola y Dumrauf, 1998). Alicia expresa (ver figura 8) sus dudas, en primer lugar, respecto del tamaño de las partículas de tiza en relación con las del aceite y, de allí, si los granos de polvo son (o no) las partículas del modelo. Y continúa con una afirmación: "*Yo me inclino por la idea que las partículas de la tiza (en polvo) son más pequeñas (que los granos de polvo), ya que (los granos) son de estado sólido, y (como el estado sólido) tiene que ser una agrupación de partículas perfectamente unidas y ordenadas, si (cada grano de polvo) fuera una partícula, esto (todo el polvo de tiza) sería (debería ser) en estado sólido (unido y ordenado)*"<sup>2</sup>. La deducción de Alicia está indicando la existencia de un metaanálisis en, por lo menos, algunos alumnos lo cual podría ser utilizado como disparador de una instancia de discusión entre pares para que el conjunto de los alumnos avance en el proceso de aprendizaje (Espindola y Cappannini, 2005).



razonamiento:  
~~Yo me~~ Mi duda es si la tiza son partículas muchísimas  
más pequeñas que la del aceite, o si son ~~o~~ partículas.  
Yo me inclino por la idea ~~que~~ que las partículas de  
la tiza son más pequeñas, ya que son de estado sólido, y  
tiene que ser una agrupación de partículas perfectamente  
unidas y ordenadas. Si fuera una partícula, esto sería  
en estado sólido.

Figura 8.- Respuesta de Alicia, de Espindola y Dumrauf (1998).

## Referencias

- Ausubel, D.P.; Novak, J.D. y Henesian, H. (1995): *Psicología Educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas. 2ª edición.
- Barrow, G. M. (1964). *Química física*. Buenos Aires: Editorial Reverté.
- 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), 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), 235-246.

<sup>2</sup> entre paréntesis se incluyen aclaraciones de los autores

Cappannini, O. M. y Espíndola, C. R. (2004). *¿Puede el aula ser al mismo tiempo un ámbito de investigación? El rol del investigador-docente en el aula*. Actas del VII Simposio de Investigadores en Educación en Física, Santa Rosa, Univ. Nac. de La Pampa, Argentina.

Driver, R. ; Guesne, E. y Tiberghien, A. (1989). *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: Ediciones Morata.

Espíndola, C. R. y Cappannini, O. M. (2005). La discusión coordinada: una herramienta de evaluación formativa. Enseñanza de las Ciencias, Número especial (VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias: Educación científica para la ciudadanía), 5 páginas. Obtenido el 20 de diciembre de 2005 de <http://www.blues.uab.es/rev-ens-ciencias/>.

Espíndola, C. R. y Dumrauf, A. G. (1998). *Las ciencias experimentales en el tercer ciclo de la EGB: Una propuesta de acercamiento entre las concepciones de los alumnos y las científicas*. Actas del IV Simposio de Investigadores en Educación en Física, La Plata, Argentina.

García, M.; Espíndola, C. y Cappannini, O. M. (2004). Proceso clasificatorio de materiales en alumnos de escuela general básica. *Educación Química*, 15(3), 366-371.

Giordan, A. y De Vecchi, G. (1994). *L'enseignement scientifique: comment faire pour que "ça marche"?* Nice: Z'édicions.

Johnson, P.. (1998). Progression in children's understanding of a 'basic' particle theory: a longitudinal study. *Int. J. Sci. Educ.*, 20(4), 393-412.

Leander, K. y Brown, D. (1999). 'You understand it, but you don't believe it': Tracing the stabilities and instabilities of interactions in a Physics classroom through a multidimensional framework. *Cognition and Instruction*, 17(1), 93-135.

Marton, F. (1981). Phenomenography-describing conceptions of the world around us. *Instructional Science*, 10, 177-200.

Mortimer, E. F.; Mol, G. y Pains Duarte, L. (1994). Regra do octeto e teoria da ligação química no ensino médio: dogma ou ciencia? *Química Nova*, 17, 243-251.

Mortimer, E. F. (1995). Conceptual change or conceptual profile change? *Science & Education*, 4, 267-285.

Mortimer, E. F. (1998). Multivoicedness and univocality in the classroom discourse: an example from theory or matter. *Int. J. of Sci. Educ.*, 20(1), 67-82.

Mortimer, E. F. (2001). Perfil conceptual: formas de pensar y hablar en las clases de ciencias. *Infancia y Aprendizaje*, 24(4), 175-190.

Mortimer, E. F. y Scott, P. (2002). Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. *Investigações Em Ensino de Ciências*, 7(3). Revista electrónica. Obtenido el 15 de diciembre de 2005 de <http://www.if.ufrgs.br>.

Posner, G. J.; Strike, K. A.; Hewson, P. W. y Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-227.

Pozo, J. L. y Gómez Crespo, M. A. (1998). *Aprender y enseñar ciencias*. Madrid: Morata.

Sanmartí, N. y Alimenti, G. (2004). La evaluación refleja el modelo didáctico: análisis de actividades de evaluación planteadas en clases de química. *Educación Química*, 15(2), 120-128.

Vygotsky, L. (1995). *Pensamiento y lenguaje*. Barcelona: Edit. Paidós.