

## LA IMPORTANCIA DE LOS DIFERENTES MEDIADORES EN LA REPRESENTACIÓN DE MODELOS SOBRE LA MATERIA DISCONTINUA Y SUS TRANSFORMACIONES

*DE VRIES, MAURITZ GREGORIO<sup>1</sup>; ARROIO, AGNALDO<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Faculdade de Educação – Universidade de São Paulo – Brasil

<sup>1</sup> mauritz06@hotmail.com

<sup>2</sup> agnaldoarroio@yahoo.com

### RESUMEN

En esta investigación se busca comprender la importancia de los diferentes mediadores en la construcción y representación de modelos en la enseñanza de ciencias, más específicamente sobre la temática de la estructura y transformación de la materia discontinua. Es presentada una intervención constituida por una secuencia total de siete clases para cada uno de los tres turnos de una escuela privada en São Paulo, Brazil, con alumnos de edad media de 15 años (n=85); en la primera etapa tenemos el concepto de cambios físicos y químicos, y en la segunda etapa la discontinuidad de la materia y sus transformaciones. Esta última etapa es soportada principalmente por actividades de producción y expresión de modelos. A partir de un análisis cualitativo, según el referencial socioconstructivista, hemos reconocido la importancia de la socialización de las actividades en grupos de diferentes tamaños, la característica comunicacional del proceso, la visualización del video sobre las experiencias vivenciadas en el laboratorio y la necesidad de las instrucciones y cuestiones planeadas por el profesor, como los principales mediadores de la actividad propuesta.

**Palabras clave:** modelos, representación, socioconstructivismo, discontinuidad de la materia

## INTRODUCCIÓN

Pozo *et al.* (1991) definen tres estructuras conceptuales fundamentales que el alumno debe dominar para comprender la Química: la *continuidad/discontinuidad de la materia*; la conservación de las propiedades de la materia; y la cuantificación de relaciones. En orden a la importancia del tema, ellos defienden que la comprensión de la discontinuidad es necesaria para las explicaciones acerca de la estructura de la materia y además para asuntos que derivan de esto como los cambios físicos y químicos.

Los autores presentan una revisión bibliográfica bastante importante sobre las dificultades que los alumnos en diferentes edades tienen con el concepto de materia discontinua en el ámbito escolar. Aquí presentamos las principales conclusiones:

- No encuentran diferencias importantes entre los alumnos que han recibido instrucción y los que no lo han hecho, principalmente con los más jóvenes;
- No es seguro que una vez que el alumno haya entendido la discontinuidad de la materia, éste pase a emplear el concepto en otras tareas.

Diversos estudios fueron realizados para construir un listado amplio de las concepciones alternativas sobre el tema (Pozo *et al.*, 1991; López, 2009). De modo general, las dificultades en establecer un aprendizaje significativo muestran que este conocimiento científico es muy conflictivo con el conocimiento espontáneo y no se puede lograr el objetivo de enseñanza en un número limitado de sesiones, sino que es necesario un currículo de química que aumente el significado a largo plazo.

Para el referencial constructivista aprender es construir, o sea, no es copiar o reproducir la realidad, pues se considera que llegamos al conocimiento con nuestros propios significados. El proceso de modificar nuestros significados, interpretar lo que es nuevo de manera peculiar, integrándolo y tornándolo en conocimiento nuestro, es llamado aprendizaje significativo (Solé y Coll, 2009). En este momento no está presente una acumulación de acciones, pero si procesos más amplios, lo que envuelve una estructuración psicológica compleja. Un enfoque práctico que busca atender a las perspectivas contemporáneas de enseñanza y aprendizaje es la introducción de actividades de construcción, expresión, testeo y utilización de modelos, que busca posibilitar un aprendizaje más significativo y coherente de la ciencia (Paganini *et al.*, 2014).

En las próximas secciones vamos a profundizar la perspectiva socioconstructivista y el empleo de las actividades de producción y expresión de modelos a modo de establecer tanto una visión de las etapas más importantes en la construcción del conocimiento, como también una propuesta concreta que dialoga con esta visión y basándonos en algunos de sus aspectos.

## REFERENCIAL TEÓRICO

Según Vygotsky, el desarrollo natural está conectado a las funciones de formas primarias, mientras el desarrollo cultural los transforma en procesos superiores. Los cuatro criterios que pueden caracterizar esto último son: el control autónomo del individuo sin que necesite imposiciones del entorno; la realización consciente; la naturaleza social; y el uso de signos como mediadores (Wertsch, 1985). Los procesos sociales a los que nos referiremos son los “interpsicológicos”, término denominado por Westch (1985), que implica pequeños grupos, en regla general diadas, de individuos directamente involucrados en interacciones sociales.

Dos fenómenos son de gran importancia para nuestro trabajo en esta conjetura: la internalización y la zona del desarrollo próximo.

La internalización es concebida como un proceso donde ciertos aspectos de la estructura de una actividad externa pasa a ejecutarse en un plano interno, no como una copia, pero si un proceso en el cual se desarrolla un plano interno de la consciencia. El autor argumenta que “...Toda función psicológica superior ha sido externa porque ha sido social en algún momento anterior a su transformación en un auténtica función psicológica interna” (Vygotsky, 1981 citado por Werstch, 1985). Así, el conocimiento se establece en prácticas sociales con objetivos definidos y los procesos sociales son concebidos como aquellos mediatizados semióticamente, donde el papel de los signos en la mediación tiene gran relevancia y será discutido en la próxima sección.

La zona de desarrollo próximo (ZDP) fue definido como la distancia entre “el nivel de desarrollo real del niño tal y como puede ser determinado a partir de la resolución independiente de problemas y el nivel de desarrollo potencial tal y como es determinado por la resolución de problemas bajo la guía del adulto o en colaboración con sus iguales más capacitados” (ibíd.). Así, se trata de una zona más sensible en que puede realizarse la construcción del conocimiento, que en términos de Vygotsky es cuando se realiza la transición desde el funcionamiento interpsicológico al funcionamiento intrapsicológico. Por lo tanto es muy importante entender como se establece la relación del individuo con el otro que lo guía, o sea, entender que tipos de ayudas son empleadas (Wertsch, 1985). El referencial constructivista ha desarrollado mucho este tema y así algunos autores definen que enseñar es criar ZDP y en ellas intervenir, en el cual dos criterios son esenciales: (i) el profesor debe tener en cuenta los esquemas de conocimiento de sus alumnos relacionados al contenido de aprendizaje y partir de este punto (ii) provocar desafíos que lleven a sus alumnos a cuestionar esos significados y sentidos con el objetivo de cambiarlos (Onrubia, 2009). Sin embargo, el proceso decisivo es la intervención que el profesor planea para ayudar el alumno a lograr las tareas propuestas, o sea, ¿qué tipos de mediaciones se pueden poner en práctica? En la literatura aparece la cuestión de modo muy amplio: los espacios en que se realizan las actividades; el tiempo destinado a las actividades; la secuencia del contenido; los tipos y orden de las actividades; los tipos de materiales para consulta; tamaño y tipo de participación en los grupos; las indicaciones, sugerencias, correcciones y consejos del profesor, entre otros (ibid.). Como sabemos, estas decisiones que deben ser tomadas por el profesor son complejas, pues además de la gran cantidad estas suelen ser interrelacionadas. En las próximas secciones vamos a detallar nuestras actividades propuestas, sin embargo nuestras análisis sobre la misma tendrá foco en los procesos de mediación más relevantes.

### **Las herramientas psicológicas y la mediación en el aprendizaje**

Las herramientas psicológicas determinan nuestra experiencia, y así, nuestro pensamiento. La idea central de la mediación es que el individuo tiene acceso al mundo de manera indirecta, o sea, mediada (Ferreira, 2014). Algunos ejemplos de herramientas psicológicas son: “el lenguaje, varios sistemas para contar, técnicas mnemónicas, sistemas de símbolos algébricos, trabajos sobre arte, escritos, esquemas, diagramas, mapas y dibujos mecánicos, todo tipo de signos convencionales, etc.” (Vygotsky, 1981 citado por Werstch, 1985). Las herramientas psicológicas transforman de manera cualitativa nuestro pensamiento, de tal modo que muchas teorías contemporáneas del desarrollo cognitivo defienden que las

formas de mediación progresivamente más complejas permiten al individuo realizar operaciones más complejas y de una manera cada vez más independiente del contexto situacional (Werstch, 1985). Las herramientas psicológicas son constructos de la evolución sociocultural; para nuestra investigación una consecuencia muy importante de este razonamiento es que antes de apropiarse de una herramienta como función en el desarrollo psicológico, estos instrumentos se les aparecen a los individuos en situaciones de comunicación. Así, es mediante su uso en situaciones sociales de comunicación que es posible su apropiación (internalización) gradual (ibid.). Por último, la comunicación es viable si hay un sistema de signos, lingüísticos o no lingüísticos, de modo que haya significación efectiva, o sea, generalización (Vygotsky, 2000).

### **La elaboración de modelos científicos**

La concepción de modelo más recurrente en trabajos de enseñanza de ciencias es que son representaciones simplificadas de la realidad, sea de un objeto, fenómeno o proceso (Sangiogo y Zanon, 2012) y tienen como objetivo tornar más sencilla la visualización, fundamentar la elaboración de nuevas ideas, además de posibilitar las explicaciones y previsiones (Ferreira y Justi, 2008).

Justi (2006) defiende una propuesta de enseñanza basada en la elaboración de modelos. Aunque ella no cree en la existencia de una regla específica en el proceso, algunos de los elementos básicos son: (i) tener experiencia con el “objeto”, (ii) construir un modelo mental con objetivos específicos, (iii) expresar el modelo socialmente, (iv) testear el modelo mentalmente y/o empíricamente. Nuestra actividad realizada fue basada en algunos puntos del propuesto por la autora, de tal modo que nuestro interés ha sido atribuido principalmente a la etapa dada entre la construcción y expresión del modelo. Se trata de un momento en el cual la mediación y el uso de signos tienen una relevancia fundamental, por lo tanto, comprender la importancia de los mediadores de manera cualitativa es de gran interés para ayudar a la comprensión de como posibilitar la comunicación, y así, de manera gradual, la construcción del conocimiento científico.

### **ASPECTOS METODOLÓGICOS**

Esta investigación se estructura en el marco de la investigación cualitativa. Consolidada en la comunidad científica, esto puede ser entendido como un medio para explorar y entender el significado que los individuos o grupos se unen a un problema social o humano (Creswell, 2010). Flick (2009) sostiene que este tipo de investigación tiene como objetivo abordar cómo las personas construyen el mundo que les rodea en un ambiente natural y no en entornos especializados como un laboratorio. El investigador está marcado por la realidad social, cada observación es relacionada con una teoría (Chizzotti, 2003), por lo que nuestro marco teórico es de gran importancia en la búsqueda para entender el alcance y las limitaciones del análisis.

Las actividades que permitieron la recolección de datos se realizaron con 85 alumnos con una edad media de 15 años, divididos en tres clases en una escuela privada en São Paulo, Brasil. Las principales herramientas de recolección de datos fueron las observaciones en primera persona, el plan de clase y las actividades producidas por los estudiantes. Se asumió la función de profesor-investigador en toda la intervención.

## DESCRIPCIÓN DE LAS CLASES

Las cuatro primeras clases tuvieron un enfoque diversificado, basadas principalmente en lectura de textos, una actividad experimental, producción de informe y discusión. A continuación presentamos brevemente su contenido, dinámica y objetivos. Los estudiantes estuvieron siempre dispuestos en parejas.

**1ª clase** – A través de una forma teórica se presentó la introducción a los cambios físicos y químicos, y luego fue sistematizada una variedad de ejemplos seguidos por su definición. Tras la introducción, se ha aplicado ejercicios, los cuales fueran discutidos y corregidos. En el final de la clase fue solicitado a los estudiantes que elaboraran una generalización del concepto de lo que son cambios físicos y químicos.

**2ª clase** – Se ha llevado a cabo la clase en el laboratorio. Los alumnos, en grupos de cuatro o cinco personas, han recibido un guión para apoyar la realización, observación y registro de las experiencias. Las actividades propuestas fueron: (i) la sublimación del yodo – ejecutada por el profesor; (ii) la reacción entre el nitrato de plomo y el yoduro de potasio; (iii) la combustión del dicromato de amonio – ejecutada por el profesor; (iv) la deshidratación del sulfato de cobre y (v) la reacción entre el ácido clorhídrico y el magnesio metálico.

**3ª clase** – Fue propuesto a los alumnos, dispuestos en los mismos grupos de la clase anterior, que construyeran un breve informe sobre las actividades realizadas en el laboratorio, donde los puntos más importantes eran (i) definir los fenómenos como cambios físicos o químicos y (ii) desarrollar los argumentos para la definición presentada, de modo de recurrir sobre todo a las propiedades físicas de la materia para afirmar si había ocurrido alteración de la sustancia o no.

**4ª clase** – Fue solicitado que los estudiantes leyesen en parejas dos textos de su libro de texto, "Desde las artes prácticas de la transformación hasta la alquimia" y "Desde los elementos aristotélicos hasta el modelo atómico de Dalton" (Santos y Mol, 2013). Al final de la lectura se realizó una discusión mediada por el profesor, en el que se ha tratado de diferenciar la visión continua y discontinua de la materia, además de realizar un listado breve de sus características. Al final de la clase el profesor argumentó que para proseguir con nuestros estudios deberíamos tomar una de las dos concepciones y esto fue negociado de forma que la discontinuidad fuera elegida. Aunque hubiera dudas sobre el tema, buscaríamos profundizar este concepto con el avance de las tareas propuestas.

Las tres últimas clases tuvieron un objetivo más centrado. Si hemos considerado la discontinuidad de la materia, ¿cómo podríamos explicar y representar los fenómenos experimentados en el laboratorio? Para tales actividades solo hemos suprimido la combustión de dicromato de amonio. Para apoyar esta dinámica fue construido el portal electrónico "Estudio de la estructura y cambio de la materia" (<http://labiq.iq.usp.br/p/ecq/>) donde se han dispuesto páginas de acuerdo con la organización lógica del contenido. Para acceder a esta herramienta fue reservado un ordenador para cada pareja.

**5ª clase** - Los estudiantes han accedido en parejas al portal electrónico descrito anteriormente. En la primera etapa se ha revisado los conceptos, a través de páginas con ciertos textos e imágenes y discutidos con la mediación del profesor. Tras la revisión se ha empezado la propuesta de elaboración y representación de modelos de la estructura y cambio de la materia. Se ha puesto a disposición papel y lápiz, incluso de diferentes colores, tras instrucciones de la actividad. Se propuso la elaboración y representación, en el

nivel de partículas, de los siguientes ejemplos: a) un vaso de agua y uno con etanol; b) la evaporación del etanol; c) la disolución del azúcar en el agua; d) disolución de cloruro de sodio en el agua.

**6ª clase** – Se propuso la elaboración y representación, en el nivel de partículas, de los siguientes fenómenos experimentados en el laboratorio en la 2ª clase: (i) sublimación del yodo y (ii) la reacción del nitrato de plomo con yoduro de potasio. Los estudiantes han accedido en parejas al portal electrónico donde estaba disponible un vídeo de las experiencias producido por el profesor y las instrucciones de la actividad. Las instrucciones para la realización de la primera actividad fueron: 1) Represente, en el nivel de partículas, el yodo en su estado inicial; 2) Represente, en el nivel de partículas, su transformación mientras ocurre el calentamiento; 3) Represente, en el nivel de partículas, su estado final. Las demás instrucciones pueden ser vistas por el lector en el portal electrónico.

**7ª clase** – Se propuso la elaboración y representación en el nivel de partículas, a modo de seguir las mismas dinámicas de la clase anterior, de los siguientes fenómenos experimentados en el laboratorio en la 2ª clase: (i) el calentamiento del sulfato de cobre y (ii) la reacción entre el magnesio y el ácido clorhídrico.

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

Tratamos de comprender la importancia de los diferentes mediadores presentes en las actividades de construcción y representación de los modelos sobre la discontinuidad de la materia y sus transformaciones, por lo que las últimas tres clases están más presentes en nuestro análisis.

Como se discutió en la sección teórica, creemos que crear zonas de desarrollo próximo e intervenir en ellas es una estrategia clave (Onrubia, 2009). El primer paso es conocer o establecer un punto de partida, es decir, la zona real de desarrollo (Wertsch, 1985), por lo tanto, creemos que fueron esenciales las cuatro clases iniciales descritas para que estas apoyaran el establecimiento de un conocimiento común y la construcción fundamentada de un problema. A continuación, el profesor debe desarrollar actividades que sean desafiantes de modo que su logro sea posible mediante ayuda externa, es decir, cuando el problema no es resuelto con simple aplicación del conocimiento ya existente (Vygotsky, 1981 citado por Werstch, 1985). En este caso, el desafío propuesto fue la construcción y expresión de los modelos de los fenómenos experimentados en el laboratorio en la segunda clase, actividad basada en una etapa de la modelización propuesta por Justi (2006). Los estudiantes han recurrido a diversos tipos de medios como soporte para lograr el objetivo, es decir, tal actividad fue mediada y es nuestro interés entender cómo. Un resultado cuantitativo inicial es que fueron realizadas el 85% de todas las actividades propuestas (total de 765 producciones posibles); aunque este análisis no considera los aspectos cualitativos de la producción, creemos que es un hecho importante saber que los estudiantes se han apropiado de los objetivos y el tipo de lenguaje, puesto que consideramos que el proceso de internalización de tales herramientas tiene su desarrollo en los procesos de comunicación social, como lo defiende el referencial socioconstructivista (Wertsch, 1985),

En la quinta clase fue propuesta por primera vez la actividad de producción y expresión de modelos; entendemos este paso como el principio del desarrollo de una herramienta psicológica (ibid.) que se caracteriza por el acceso indirecto al mundo, o sea, la forma mediada (Ferreira, 2014). Por lo tanto, consideramos que se trata de un episodio muy interesante para el análisis porque los estudiantes tuvieron dudas fundamentales. Como

defendido por Vygotsky, las herramientas culturales son construcciones de la evolución sociocultural y por lo tanto no podían ser descubiertas por los estudiantes, lo que corrobora que las primeras instrucciones fueron esenciales.

La primera actividad propuesta, la representación en el nivel de partículas de un recipiente con el agua, fue algo que creíamos ser de cierta familiaridad de parte de los alumnos. Las instrucciones han sido presentadas de manera escrita en el portal electrónico pero ha sido necesario el refuerzo con discusiones orales; el punto más debatido fue que la representación debería comunicar como el alumno pensaba la estructura más profunda de la materia, aunque nuestros sentidos solo permiten ver el mundo de manera continua, nuestro proceso de abstracción estaba en plan de explicar la materia de manera discontinua, es decir, formada por un conjunto de partículas. En la “figura 1 (a)” podemos ver elementos que no habían sido introducidos todavía, como la idea de molécula o elementos, o sea, algo que no era lo que buscábamos. La representación más sencilla representada en la “figura 1 (b)” creemos que ejemplifica un modelo más coherente con las estructuras conceptuales existentes y las instrucciones presentadas. Sin embargo, ambas actividades han sido importante pues ciertos aspectos que buscábamos que los alumnos empleasen en las próximas etapas estaban allí presentes. Así, las actividades producidas por los alumnos han sido utilizadas como un importante mediador en la construcción de las producciones más complejas y esto se ha puesto en evidencia principalmente en dos tipos de dinámicas: (i) cuando el alumno avanzaba de actividad el profesor recurría a su actividad hecha anteriormente y así podía discutir diferentes aspectos e incentivarlo a pensar sobre su propia acción; (ii) el profesor seleccionaba alrededor de tres actividades y las presentaba a toda la clase a modo de discutir los aspectos positivos y negativos, además de proporcionar tiempo para correcciones e introducir la próxima etapa.

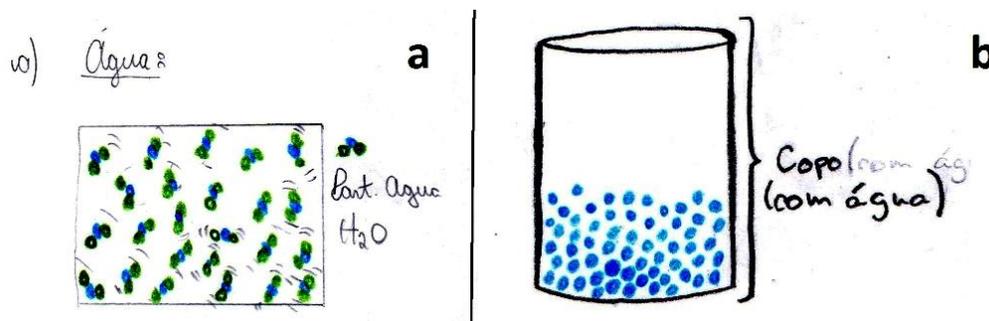


Figura 1 – (a) Representación del agua, en el nivel de partículas, donde cada partícula ha sido presentada como una molécula  $H_2O$ ; (b) Representación del agua, en el nivel de partículas, donde cada partícula ha sido presentada como una esfera azul.

Fueron introducidas aún en esta clase las actividades más complejas, lo que posibilitó el conocimiento e intervención del profesor de los problemas de los estudiantes con la cuestión, una vez que estos resultaron múltiples en la lectura (Pozo *et al.*, 1991; López, 2009). Estas actividades presentaban más sustancias y cambios físicos, y así, el significado y convención de los signos se han mostrado más presentes como se observa en la “figura 2 (a) y (b)”. Esto evidencia dos aspectos importantes que se cruzan con las características de las herramientas psicológicas superiores (Wertsch, 1985), la preocupación en la claridad de la comunicación y el uso creciente de los sistemas de signos.

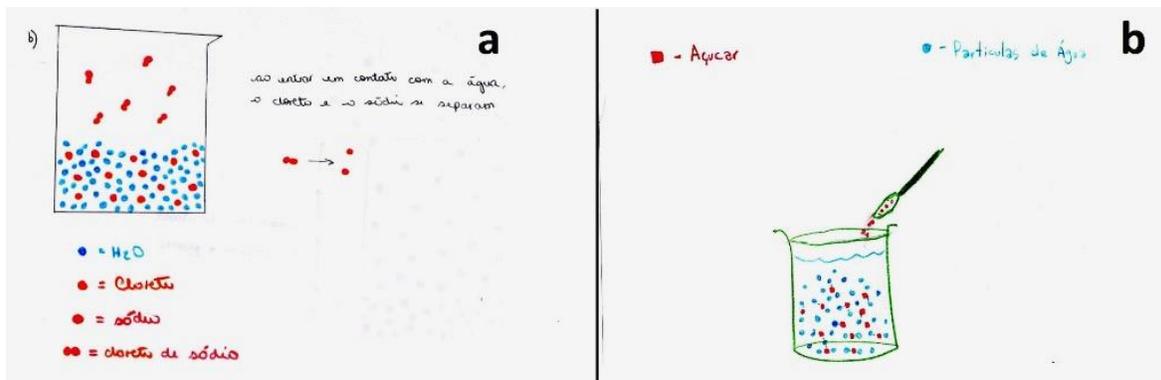


Figura 2 - (a) Representación de la disolución de cloruro de sodio en el agua, el alumno construye pequeñas frases para explicar el proceso; (b) disolución de azúcar en el agua.

En las 6<sup>a</sup> y 7<sup>a</sup> clase se han propuesto actividades de construcción y representación de modelos de los fenómenos vivenciados en la 2<sup>a</sup> clase y descriptos en la 3<sup>a</sup> clase. Las dificultades encontradas fueron diferentes de las establecidas en la 5<sup>a</sup> clase, pues los fenómenos eran aún más distantes de lo cotidiano y las operaciones de la producción del modelo, como el recorte del problema, era también más complejo. Las instrucciones del profesor no se trataban tanto sobre cómo producir y representar un modelo, sino, cuáles aspectos del cambio físico o químico a ser analizado eran más relevantes para la construcción, y así, la representación del modelo. Esta vez, cada una de las actividades envolvía aspectos muy diferentes entre sí, entonces la producción de una actividad no servía como soporte de modo tan útil en la producción de la próxima actividad. De ese modo, las instrucciones presentadas de modo escrito y oral a los estudiantes fueron muy importantes, pero aún más, las cuestiones del profesor sobre el significado de los elementos presentes en sus representaciones, tales como, ¿Qué quieres decir con los diferentes colores de las partículas?; ¿Por qué sientes la necesidad de representar además de las partículas también los aspectos visibles?; ¿Cómo puedes indicar que la sustancia ha cambiado o no ha cambiado en este proceso? De ese modo, la relación del proceso conceptual y representacional es interesante por el hecho de que el lenguaje y el pensamiento no se ponen como fenómenos separados, si no que existe un desarrollo mutuo, es decir, una influencia no separable entre ellos (Vygotsky, 2000).

Otra herramienta que ha resultado muy importante en las últimas dos clases ha sido el video producido por el profesor en que se ha filmado las experiencias realizadas por ellos en la segunda clase. Fue observado que los alumnos han recurrido de modo constante al video durante la etapa de modelización, y en los momentos que la conexión con internet ha tenido problemas, los alumnos han solicitado que fuera proyectado por el ordenador del profesor. Creemos que es aún necesario profundizar como el video ha ayudado en la producción, sin embargo no nos quedan dudas de su importancia debido a la demanda de los alumnos en relación a su utilización en las 6<sup>a</sup> y 7<sup>a</sup> clases. Creemos que el vídeo por tornar el fenómeno más presente y posibilitar a que los alumnos analicen el fenómeno más de una vez son algunas de las explicaciones de su importancia.

El tiempo necesario y la cualidad de las producciones han sido diferentes entre los alumnos. De modo general, los estudiantes lograron desde los objetivos más modestos hasta los más desarrollados. En la “figura 3” ejemplificamos algunas producciones consideradas claras y coherentes en relación a nuestro contexto y objetivos.

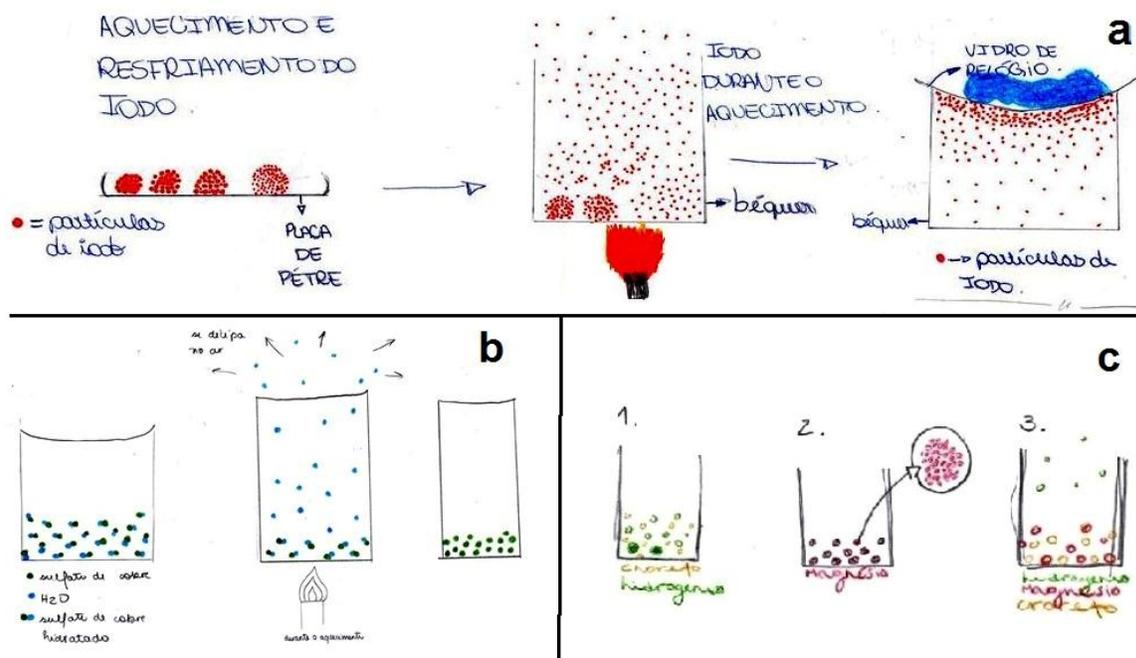


Figura 3 – Representaciones de la: a) transformación ocurrida con el yodo; b) deshidratación del sulfato de cobre; c) reacción entre cloruro de hidrógeno y magnesio.

## CONCLUSIONES

Las actividades de producción y representación de modelos sobre la estructura y cambios de la materia son procesos psicológicos superiores donde las principales características son la consciencia del individuo en el desarrollo, la naturaleza social y el uso de signos. Como hemos defendido anteriormente, la estrategia de crear ZDP e intervenir en ellas es fundamental en la construcción del conocimiento y en este proceso es posible analizar la importancia de los mediadores utilizados. Los alumnos organizados en parejas colabora con la característica social del proceso, sin embargo, se ha evidenciado la necesidad de momentos más amplios de socialización, lo que apareció sobre todo en las discusiones con toda la clase sobre algunas de las actividades seleccionadas. Las actividades producidas por los alumnos han tenido fuerte utilidad para el profesor al momento de discutir el proceso de elaboración y expresión de los modelos, pues ha sido posible incentivar a los alumnos a que piensen sobre su propia acción y las actividades producidas también tuvieron función de ejemplificar las buenas actividades a los demás estudiantes. Las instrucciones y cuestiones presentadas por el profesor, tanto por escrito como de modo oral, son fundamentales para que el proceso mental de los alumnos pase a ser consciente, lo que es propuesto por el profesor debe ser claro y objetivo. Creemos en la importancia de crear actividades donde se propone a los estudiantes la tarea de comunicar algo a alguien, y así, las actividades de producción y expresión de los modelos tuvieron esta importante característica que de acuerdo con nuestro referencial se trata de una etapa fundamental en la transición del pensamiento intersicológico al intrapsicológico. El uso del vídeo de las experiencias se ha mostrado importante, aunque necesitamos profundizar nuestro análisis sobre el proceso de visualización por los alumnos.

## **Agradecimientos**

Nos gustaría agradecer a todos los alumnos que han participado de la investigación.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Chizzotti, A. (2003). A pesquisa qualitativa em ciencias humanas e sociais: evolução e desafio. *Revista Portuguesa de Educação*. 16 (2): 221-236.

Creswell, J. W. (2010). *Projeto de pesquisa: Métodos qualitativo, quantitativo e misto*. Porto Alegre: Artmed.

Ferreira, C. R. (2014). O uso de visualizações no ensino de química e da física: a formação pedagógica dos professores. São Paulo. *Tesis (Doctorado)* – Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências.

Ferreira, P.; Justi, R. (2008). Modelagem e o “Fazer ciência”. *Química Nova na Escola*. 28: 32-36.

Flick, U. (2009). *Qualidade na pesquisa qualitativa*. Porto Alegre: Artmed.

Justi, R. (2006). La Enseñanza de Ciencias Basada en la Elaboración de Modelos. *Enseñanza de las Ciencias*. 24 (2): 173-184.

López, Z. C. (2009). Las concepciones alternativas de los estudiantes sobre la naturaleza de la materia. *Revista Iberoamericana de Educación*. 50(2): 1-10.

Onrubia, J. (2009). Ensinar: criar zonas de desenvolvimento proximal e nelas intervir. En: Coll, C. *et al.* (Eds.) *O construtivismo na sala de aula* (123-151) São Paulo: Ática.

Paganini, P.; Justi, R.; Braga Mozzer, N. (2014). Mediadores na coconstrução do conhecimento de ciências em atividades de modelagem. *Ciência & Educação*. 20(4): 1019-1036.

Pozo J. I, Wmez, M. A., Limon, M., San, A. (1991). *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: las ideas de los adolescentes sobre la química*. Madrid: Centro de Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia.

Sangiogo, F. A.; Zanon, L. B. (2012). Reflexões sobre Modelos e Representações na Formação de Professores com Foco na Compreensão Conceitual da Catálise Enzimática. *Química Nova na Escola*. 34 (1): 26-34.

Santos, W. L. P.; Mól, G. S. (2013). *Química cidadã*. São Paulo: AJS.

Solé, I.; Coll, C. (2009). Os professores e a concepção construtivista. En: Coll, C. *et al.* (Eds.) *O construtivismo na sala de aula* (9-29). São Paulo: Ática.

Vygotsky, L. S. (2000). *Pensamento e linguagem*. São Paulo: Martins Fontes.

Wertsch, J. V. (1985). *Vygotsky y la formación social de la mente*. Barcelona: Paidós.