

CREACIÓN Y REPRESENTACIÓN DE ANALOGÍAS POR MEDIO DEL LENGUAJE CORPORAL: INVESTIGANDO UNA SITUACIÓN EN EL AULA**CREATING AND REPRESENTATION OF ANALOGIES BY MEANS OF BODY LANGUAGE: INVESTIGATING A CASE IN CLASSROOM****CRIAÇÃO E REPRESENTAÇÃO DE ANALOGIAS POR MEIO DE LINGUAGEM CORPORAL: INVESTIGANDO UMA SITUAÇÃO EM SALA DE AULA**Wellington FRANCISCO¹Wilmo Ernesto FRANCISCO JUNIOR²Amanda Lira dos SANTOS³Silvina CORDERO⁴

RESUMEN: En este trabajo se analiza una estrategia de enseñanza basada en la elaboración y representación de analogías mediante la expresión corporal. Las analogías fueron creadas por un grupo de estudiantes para la representación de fenómenos experimentales a nivel atómico-molecular y presentadas a los demás estudiantes que debían interpretar el experimento por medio de las escenas. Tanto las analogías como la interpretación de los experimentos consideraron importantes relaciones conceptuales, evidenciando la apropiación de conceptos químicos. La puesta en escena de la analogía promueve un tipo de dialogicidad diferente en el aula, guiada por el lenguaje corporal y verbal, favoreciendo actitudes de compromiso de los estudiantes en el proceso de modelización cognitiva.

Palabras-clave: Analogía. Lúdico. Representaciones corporales.

ABSTRACT: This paper discusses a teaching strategy based on the creation and representation of analogies by means of body language. The analogies were developed aiming to represent two experiments in atomic-molecular level and they were staged to the colleagues who should interpret them in terms of chemical aspects. The study was performed with students from a Federal University enrolled in a General Chemistry course. Both analogies created and students' interpretation from the representation considered important conceptual relationships, what revealed appropriation of chemistry concepts.

Keywords: Analogies. Playful. Body representations.

¹ Bacharel e licenciado em Química e Mestre em Química pelo Instituto de Química de Araraquara, da Universidade Estadual Paulista e Doutor em Química pela Universidade Federal de Goiás. PROFESSOR Adjunto I da Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA) - Foz do Iguaçu, do Instituto Latino-Americano de Ciências da Vida e da Natureza (ILACVN). E-mail: 10welington@bol.com.br.

² Bacharel /Licenciado Em Química e Mestre em Biotecnologia pelo Instituto de Química da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Campus de Araraquara. É Mestre em Educação, área de Metodologia de Ensino, pela Universidade Federal de São Carlos e Doutor em Química pelo IQ-UNESP. professor da Universidade Federal de Alagoas na Licenciatura em Química e no Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática - Campus Arapiraca. E-mail: wilmojr@bol.com.br.

³ Graduada em Química pela Universidade Federal de Alagoas.

⁴ Formação. FAHCE - UNLP - Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación (UNLP)/GDC - IFLYSIB - Grupo de Didáctica de las Ciencias IFLYSIB (UNLP-CONICET) - Argentina. E-mail: scordero@netverk.com.ar.

RESUMO: O objetivo deste trabalho é analisar uma estratégia de ensino baseada na elaboração e representação de analogias utilizando expressões corporais. As analogias foram criadas por um grupo de estudantes para representar fenômenos experimentais em nível atômico-molecular, que em seguida foram apresentadas aos demais estudantes que deveriam interpretar o experimento por meio das cenas produzidas. Tanto as analogias como a interpretação dos experimentos consideraram importantes relações conceituais, o que evidenciou a apropriação de conceitos químicos. O uso das analogias por expressões corporais promove uma dialogicidade diferente na aula, pois vai além da linguagem verbal, favorecendo o processo de modelização cognitiva pelos estudantes.

Palavras-chave: Analogia, lúdico, representação corporais.

Introducción

En la actualidad, suelen hacerse críticas la enseñanza en la que prevalecen los productos de la ciencia, lo que privaría al estudiante de una comprensión procesual que le permita hablar de sus ideas, de las limitaciones de la ciencia, así como de la manera en que un modelo puede expresarse. Izquierdo y Adúriz Bravo (2003), por ejemplo, argumentan que los modelos son la base cognitiva de la ciencia. Por tanto, los modelos también servirían para enseñar formas de pensar y aprender semejantes a la manera científica de pensar e investigar (HALLOUN, 2007). Así, sería posible aprender ciencia, aprender sobre ciencia y aprender a hacer ciencia (HODSON, 1994; JUSTI, 2006).

Por su vez, dentro de un modelo científico siempre está presente el razonamiento analógico, sea para facilitar la construcción del modelo por medio de elementos ya conocidos, sea para expresarlos. Para citar un ejemplo, cuando Rutherford propuso una probable estructura atómica, su pensamiento se basó, más allá de sus evidencias experimentales, en una relación analógica con el sistema solar, fuertemente influenciado por el modelo de Hantaro Nagaoka (1865-1950). Se observa, por tanto, la combinación de un nuevo saber con algo ya conocido, estableciendo así la base de una analogía. Por estas razones, las analogías son consideradas una herramienta que permite desarrollar las habilidades necesarias para la construcción y evaluación de los modelos (OLIVA-MARTÍNEZ; ARAGÓN-MÉNDEZ, 2009; MANTEROLA, 2015).

Antes de continuar, sin embargo, se hace necesario delimitar el concepto de analogía. Aunque se puedan encontrar varias definiciones diferentes en la literatura en educación científica, prevalece una idea común, la comparación de algo conocido (concepto análogo) con algo desconocido (blanco u objetivo) (DUIT, 1991; OLIVA et al., 2001; OLIVA, 2004). Siendo la comparación un acto cognitivo, o sea, que se

plantea en el pensamiento, la analogía sería fundamentalmente un tipo de razonamiento, a con lo cual se puede conocer un fenómeno/objeto/idea desconocida mediante el establecimiento de la correspondencia con el fenómeno/objeto/idea ya conocida (AUTOR 2). Las analogías pueden, por tanto, ser comprendidas como:

[...] el primer paso de un proceso cognitivo por el cual, a partir de la identificación de similitudes entre dos conceptos, es posible hacer inferencias sobre el concepto menos conocido y predecir aspectos coincidentes entre ellos. [...]. Desde este punto de vista la analogía es conocida como un proceso psicológico o un acto de la cognición humana en la comprensión de un concepto a través de otro (AUTOR 2, 2010, p. 65).

Esta descripción considera a la analogía como un proceso cognitivo de comprensión de un concepto por medio de otro. Al mismo tiempo, se sabe que las analogías también poseen una función de comunicación, es decir, son dispositivos del lenguaje que pueden funcionar para comunicar algo y son empleadas con el fin de facilitar dicha comunicación. Por tanto, se puede entender a la analogía como una herramienta para facilitar la comprensión de algo a alguien.

En este sentido, las analogías son herramientas comúnmente utilizadas en la enseñanza de química y otras ciencias. Su uso por docentes es destacado en algunos estudios hechos por Ferraz y Terrazan (2002; 2003), Bozzeli y Nardi (2006) y Oliva (2004), cuyos resultados convergen, casi invariablemente, en el empleo espontáneo basado en creencias implícitas. La presencia de analogías en los libros didácticos es otro factor presente en las investigaciones (HARRISON; TREAGUST, 1995; MONTEIRO; JUSTI, 2000).

Ese uso generalizado por docentes y en libros de texto es guiado, sobre todo, por un intento de facilitar la comprensión o explicación de los hechos o fenómenos distantes de lo cotidiano y de naturaleza abstracta. Sin embargo, es precisamente en este intento de facilitar el proceso de aprendizaje que aparecen las mayores desventajas de una analogía, en especial cuando su uso ocurre de modo improvisado o sólo resaltando similitudes superficiales. Entre las desventajas se pueden destacar: (i) asignación por los estudiantes de las características del análogo que no son compartidas por el concepto de destino; (ii) la transferencia de concepciones equivocadas sobre el concepto análogo al concepto de destino; (iii) la comprensión equivocada del concepto de destino debido a

la superposición de similitudes superficiales o falsas con relación a aspectos estructurales (DUIT, 1991; OLIVA, 2004).

Entre otros factores, tales desventajas se deben a la falta de tiempo para que el alumno procese cognitivamente la analogía, estableciendo las correspondencias necesarias, así como sus limitaciones, es decir, los aspectos que no se pueden comparar. A menudo, este proceso es visto por el profesor como tan obvio o simple que, en su imaginario, los alumnos poseen la misma comprensión de la analogía. Para Duit (1991), las analogías funcionan bien cuando predominan las similitudes y tienden a fallar cuando las diferencias empiezan a prevalecer. Todos estos factores pueden llevar al sujeto a pensar que la analogía es el propio concepto y no solamente un soporte del pensamiento conceptual.

Surgen, por tanto, dos puntos claves. El primero se refiere a la importancia del procesamiento cognitivo de la analogía. El segundo es la actitud de compromiso de los sujetos con el acto cognitivo para que un razonamiento analógico pueda ser establecido. Para que una analogía pueda contribuir eficazmente al aprendizaje, es importante la participación del estudiante en un proceso cognitivo guiado por la reflexión crítica respecto de las similitudes y las limitaciones de la analogía propuesta. Además, el debate y la comunicación de las similitudes y de las limitaciones actúan como una segunda aproximación al concepto científico, siendo este proceso mediado principalmente por el lenguaje.

En este sentido, una de las alternativas viables puede ser el involucramiento de los estudiantes en el propio proceso de construcción de una analogía, confiriéndole un carácter creativo, fomentando la resolución de problemas y la elaboración de hipótesis. De acuerdo con Mozzer y Justi (2012), el proceso de creación de analogías requiere del estudiante creatividad, análisis crítico y establecimiento de relaciones coherentes entre los dos dominios distintos. Manterola (2015) corrobora este punto de vista, señalando que una analogía tiene un poder transformador que puede generar ideas e imágenes mentales. También se pueden añadir a la analogía, desde esta perspectiva, el papel lúdico en su desarrollo, tanto en el proceso de creación cuanto en la forma en la que la analogía será expresada. En el caso específico de este estudio, hemos tratado de involucrar a los estudiantes en una actividad de expresión corporal, en la que los estudiantes utilizaron sus cuerpos para hacer modelos de fenómenos científicos. Según Soares (2008), una actividad lúdica debe proporcionar un ambiente feliz, de libre

exploración y, sobre todo, divertido. Así, al dar la libertad a la creación y la expresión de las analogías, se favorece el carácter lúdico del proceso.

En el mismo sentido, Chateau (1987) señala que el aspecto creativo de una actividad lúdica promueve un distanciamiento que lleva a los sujetos a un plano en el cual ellos pueden controlar sus acciones. La actividad puede no representar un aprendizaje inmediato, pero proporciona más oportunidades para el suministro intenso de informaciones, de conocimientos, basado en las diversas simulaciones y fantasías que ejecuta por medio de la actividad realizada. Este proceso, que es voluntario, permite la libertad y la creatividad en la elaboración.

A través del juego el niño conquista esa autonomía, esa personalidad, y aún esos esquemas prácticos necesarios para la vida [...]. El niño no las conquista en cosas concretas y pesadas de manejar, sino a través de sustitutos imaginarios. Él opera como el futuro aviador que se ejercita primero en una situación simulada, antes de aventurarse a volar un avión real. El juego es un artificio por la abstracción (CHATEAU, 1987, p. 23).

Aunque libre y voluntario, el distanciamiento es también seriedad: "Que la seriedad del juego implica un distanciamiento del ambiente real es lo que nos indican claramente los ejemplos de ilusión que acabamos de citar" (CHATEAU, 1987, p. 21). La necesidad de cumplir una tarea cognitiva combina estas características, fundamentales para lo lúdico.

Guiado por los aspectos mencionados, el presente estudio evaluó una estrategia de enseñanza que utilizó la construcción de analogías para la explicación de dos experimentos acerca de los gases e sus interacciones, teniendo la siguiente pregunta orientadora: ¿qué elementos pueden ser útiles para pensar en la creación de analogías como una herramienta de enseñanza y aprendizaje?

Metodología

El presente estudio es de naturaleza cualitativa y se encuadra en los moldes de un estudio de caso, en el que un contexto específico o acontecimiento es investigado en detalle, en el sentido de evaluar descriptivamente la situación (YIN, 1984). Para Yin (1984, p.14), una característica general de un estudio de caso es el "deseo de comprender fenómenos sociales complejos" que "retienen las características

significativas y holísticas de eventos de la vida real." El caso investigado (considerado un fenómeno social complejo con características de la vida real) como objeto de análisis fue el proceso desarrollado con estudiantes inscritos en la disciplina de Química General de una Universidad Federal brasileña, en la cual uno de los investigadores también era el docente.

Su desarrollo abarcó un conjunto de cinco clases de 50 minutos, en las que podrían distinguirse cinco momentos. En un primer momento (dos clases), fue tratada conceptualmente la teoría cinética de los gases, así como las funciones de estado de los sistemas gaseosos. En la segunda fase se presentaron dos situaciones experimentales, objetos de este estudio. La primera implicaba la deformación de una botella de plástico PET por medio de la expansión y compresión del aire⁵. El otro experimento se refería a la solubilidad de los gases en el agua⁶. En este momento, los estudiantes se dividieron en dos grupos. Cada uno de estos grupos debía crear una analogía que representase los fenómenos nivel atómico-molecular. Esta analogía debía utilizar la expresión corporal, en la cual los cuerpos de los estudiantes fueran empleados como partículas, sin uso de la lengua hablada. A su vez, el otro grupo tenía la tarea de interpretar y explicar el experimento a partir de la analogía puesta en escena por los colegas.

El tercer momento, con una duración de 100 minutos, se caracterizó por la discusión del experimento en cada grupo, así como por la elaboración de la analogía y los ensayos de la puesta en escena que sería representada frente a los otros colegas. Las siguientes dos clases consistieron en la puesta en escena de las analogías creadas (cuarto momento) y, por último, fueron debatidas las interpretaciones de las analogías, las explicaciones del experimento y las limitaciones de las analogías (quinto momento).

Para la recolección de datos, toda la presentación de las analogías, así como la discusión que se prolongó en la secuencia fueron grabadas en vídeo. Durante la grabación de la escena se intentó focalizar en todos los estudiantes responsables de la escenificación de forma panorámica. Observaciones y registros de campo también configuraron la colecta de datos. Estas grabaciones fueron realizadas por el investigador que acompañó todas las clases.

⁵ En este experimento se añade agua caliente dentro de una botella de PET, luego se elimina el agua y se cierra la botella. El calentamiento del aire contenido en la botella provoca su expansión. Cuando está cerrado, el sistema interior está aislado del medio ambiente y a medida que el gas sufre enfriamiento ocurre la compresión, lo que lleva a la reducción de la presión interna. La acción de la presión externa promueve la deformación o colapso de la botella.

⁶ El sistema de este experimento es una jeringa de 10 mL que contiene aproximadamente 3 mL de agua. Cuando el émbolo es tirado, la presión del sistema disminuye, lo que lleva a la disminución de la solubilidad de los gases en agua (según la ley de Henry) y las burbujas de gas pueden ser vistas.

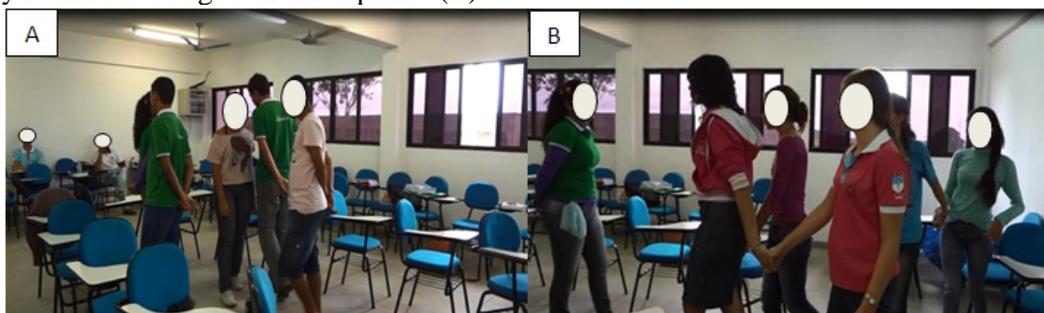
El análisis se construyó a partir de los momentos de preparación de la analogía (registrados en los cuadernos de campo y centrados en los aspectos de comportamiento del estudiante), la puesta en escena de la analogía por medio de la expresión corporal (adecuación de las relaciones conceptuales establecidas y registradas en vídeo y en cuadernos de campo) y las interacciones verbales llevadas a cabo después de las escenas (registradas en vídeo y analizadas de acuerdo con la herramienta propuesta por Mortimer y Scott (2001)).

Resultados y discusión

Después de la presentación y discusión de los experimentos, los estudiantes prepararon la analogía, cuya puesta en escena pretendió representar lo que ocurrió en los experimentos a nivel atómico-molecular. En el caso del grupo que presentó el experimento de colapso de la botella, la escena se inició con la representación del comportamiento de los gases dentro de la botella (Figura 1).

Fueron considerados aspectos del modelo cinético de los gases ideales, tales como las colisiones entre las partículas y de las partículas con las paredes del recipiente (el recipiente fue representado por sillas), el movimiento rectilíneo y la ausencia de interacciones intermoleculares.

Figura 1 - Representación del comportamiento de los gases a temperatura ambiente (A) y la entrada de agua en el recipiente (B).



Fonte: Arquivo dos autores.

Al analizar la analogía creada y presentada por el grupo, es posible identificar aspectos que denotan la apropiación de conceptos químicos. En el inicio de la escena los estudiantes expresaron el modelo cinético de los gases. Cuando se realizó la representación de la segunda etapa del experimento, la adición de agua caliente en la

botella (Figura 1B), se observó el cuidado en la representación de la molécula de agua con su geometría adecuada, así como la proporción del radio atómico (la estudiante de mayor altura representó al oxígeno mientras los átomos de hidrógeno fueron representados por estudiantes de tamaños similares o menores).

Asimismo se verificó que los conceptos relacionados con algunas transformaciones gaseosas, así como con sus variables, fueron representados de manera adecuada. Para representar el aumento de la temperatura dentro de la botella hubo una demostración de la agitación creciente de las moléculas debido al aumento de la temperatura ambiente. El aumento de la presión del recipiente se caracterizó por el aumento de las colisiones de las partículas contra las paredes del recipiente, en este caso, representadas por los estudiantes impactando contra las sillas.

El momento en que hay compresión de la botella fue simulado con la ayuda de los asientos, aislando el sistema (lo que representa el momento en que se tapa la botella) y disminuyéndose el espacio que hay en el interior (Figura 2).

Figura 2 - Escena del momento de compresión de la botella plástica.



Fonte: Arquivo dos autores.

A continuación, cuando se retiró el agua caliente, los estudiantes comenzaron a caminar más lentamente, debido a la disminución de la temperatura. Por último, fue representado el momento de la contracción de la botella, en el cual los estudiantes que representaban partículas gaseosas fuera de la botella provocaron la contracción por la diferencia de presión, siendo demostrado ese concepto al empujar las sillas (Figura 2).

El hecho de que el profesor no haya interferido en las elecciones de los estudiantes para realizar la representación materializa una forma de dialogicidad, que en lugar de ser compartida a través del discurso oral, se da por medio del discurso corporal. La intención del profesor es crear un problema para involucrar a los estudiantes emocional e intelectualmente. La preparación de la analogía permite a los estudiantes

crear y recrear las explicaciones, en un movimiento de reflexión en el que se valoriza el conocimiento de los estudiantes. Por otra parte, aspectos de la creatividad también están presentes, en la medida en que los estudiantes hacen uso de objetos y situaciones poco convencionales para representar sus ideas.

Algunos autores ya alentaron la concepción de analogías a partir de un proceso en el que los estudiantes pueden y deben expresar sus opiniones, tomar decisiones y contribuir a su construcción. También es importante el proceso de evaluación y reorientación de su construcción, permitiendo, entre otras cosas, flexibilidad y la comprensión de la mutabilidad de la ciencia en oposición a una concepción como producto terminado. Además de promover la autoevaluación de la analogía, este proceso permite discutir la propia construcción del modelo y sus procesos de validación y refinamiento.

En este sentido, el grupo que asistió a la presentación debía discutir y explicar su comprensión del fenómeno a partir de lo que había sido expuesto en la analogía. Luego de hacer una breve discusión en el grupo, un estudiante habló en nombre de los demás miembros sobre las conclusiones a las que habían llegado:

Alessandro: Estaba allá la botella. Se colocó agua tibia y demoró mucho, la temperatura es directamente proporcional a la presión, ahí í aumentó la presión y al retirar el agua tibia quedó tensa, por eso la presión aumentó y la presión es inversamente proporcional al volumen, una presión mayor, un volumen menor.

Profesor: ¿Era eso lo que el grupo representó?

Fernanda: En realidad, lo que ocurre para tener esta deformación es la diferencia entre la presión interna y la presión externa, porque en el momento en que el aire vuelve a la temperatura [inicial], la [energía] cinética disminuye. Entonces, desde el momento en que va disminuyendo, la presión dentro de la botella queda menor que en el exterior, de modo que ella [presión externa] empuja y hay tal deformación.

Profesor: Entonces el gas puede expandirse y puede comprimirse. Eso es función de la temperatura. Mediante la reducción de la energía cinética, disminuye la presión interna y la presión externa ejerce una fuerza sobre la botella y provoca la deformación.

En el discurso de Alessandro, se observa el uso adecuado de las relaciones conceptuales (la presión y la temperatura son directamente proporcionales; la presión y el volumen son inversamente proporcionales), pero al mismo tiempo, el uso de términos inusuales (“*quedó tensa*”). Es de destacar que el experimento era desconocido para estos estudiantes, y el único tiempo de discusión fue después de la escena. Por ello, tales

conclusiones fueron originadas a partir del fenómeno y la representación de los colegas. Por tanto, aunque todavía con algunas lagunas, se observa que la analogía presentada favoreció la construcción de relaciones causa-efecto sobre el fenómeno, además de reforzar aspectos de la teoría cinética de los gases.

Una vez más corresponde hablar de dialogicidad, por ser valoradas las expresiones de los propios estudiantes en la interpretación de la representación de sus colegas. El profesor, a su vez, en lugar de evaluar la explicación desde el comienzo, lanza cuestionamientos al grupo responsable de la representación manteniendo la interactividad y la dialogicidad. Después, el habla de la estudiante es remodelada por el profesor con el uso de expresiones científicas, con el objetivo de que los significados sean compartidos por toda la clase. El patrón de discurso es I-P-R-F (iniciación-provocación-respuesta-*feedback*).

En el habla de Fernanda, se evidencia una comprensión adecuada de los factores responsables del colapso de la botella, de acuerdo con lo que se había representado. El docente parafrasea la explicación utilizando otros términos, a fin de reforzar y dar nueva forma al discurso. Es de destacar, sin embargo, que en esta interacción verbal no está claro que la botella fue cerrada inmediatamente después de retirada el agua caliente. De lo contrario no habría ninguna diferencia de presión entre el sistema interno y externo. No obstante, en la escena fue considerado este aspecto.

Se puede ver en el episodio (representación y discusión) la existencia de interacciones productivas, en las cuales los estudiantes conducen la clase con la puesta en escena, la preparación de las explicaciones a partir de la escena y la corrección de las explicaciones. La actividad de representación del fenómeno a través del lenguaje corporal se mostró útil para evaluar la comprensión de los conceptos químicos, en especial por basarse en la dialogicidad y representación del fenómeno a nivel atómico-molecular. Hay un compromiso de los estudiantes caracterizado tanto por la compenetración en la actividad de creación de la analogía cuanto en su interpretación, factores que apoyaron un proceso de significación en el aula.

Sobre la posibilidad de evaluación en el proceso de creación de analogías, Pittman (1998) investigó analogías creadas espontáneamente por los alumnos de 13-14 años sobre síntesis de proteínas. Para el autor, la creación de analogías permitiría al profesor percibir las concepciones alternativas de los alumnos, obteniendo informaciones acerca de "cómo" y "por qué" el estudiante utiliza los conceptos científicos por medio de las relaciones establecidas.

En esta investigación no se verificaron específicamente concepciones alternativas, pero la creación favoreció la discusión de los conceptos entre los estudiantes, así como el proceso de evaluación, tanto de aquellos que crearon la analogía, como de aquellos que interpretaron el fenómeno a partir de la analogía expuesta. Estos factores permitieron la creación y el encadenamiento de interacciones discursivas que contribuyeron al proceso de aprendizaje de los estudiantes. Eso es corroborado por los resultados de la discusión de las limitaciones, realizada después de la etapa de representación.

Profesor: Bueno, ahora, siguiente, [...] ¿cuáles son los límites de esta representación? Así, por ejemplo, será que el aire, cuando ustedes representaron en la botella, cada uno de ustedes representó una partícula. Pero, ¿será que el aire está formado por moléculas compuestas de átomos individuales?

Fernanda: La cuestión es que hay varios gases y si fuera para identificar, la cantidad de personas no sería suficiente, porque no es sólo oxígeno, CO₂, nitrógeno, tiene esa limitación.

Profesor: Pero es una representación común, si ustedes miraran en los libros, los gases son representados por esferas sólidas e indivisibles, independientemente de si hay dos o tres moléculas diferentes. Pero, en realidad, tenemos que pensar que, a pesar de que la representación sea de una única partícula, tenemos que tener en cuenta todas las moléculas y los átomos que componen las moléculas. ¿Qué más?

Paula: La temperatura tampoco era...

Fernanda: Intentamos representar por los colores más oscuros, pero...

Profesor: ¿Pero la temperatura, ustedes representaron una agitación térmica, no es así? La interacción entre las moléculas. Pero no da para representar el calor, que es una forma de energía.

Tiago: Explicar lo microscópico... Intentamos representar el tamaño de la botella con las sillas. Es una limitación sólo sacar para ordenar el espacio. Creo que, lo más difícil fue, que usted nos dijo que usáramos la imaginación, fue lo que intentamos hacer, cuando se hicimos la botella... Pero siempre tendrá aquella cosa de decir que no será capaz de mostrar... Ellos muestran cómo suceden las interacciones mejor que nosotros, pero siempre tendrá la dificultad de explicar el acontecimiento.

Profesor: Ahora, esas dificultades son inherentes. ¿Por qué son inherentes? El diseño es también una limitación, ¿verdad? Porque nosotros estamos intentando representar algo que no vemos con algo que vemos. Entonces, ¿qué más?

Marcia: [...] que las moléculas no tienen pierna, no hablan, no caminan...

Profesor: Las moléculas no caminan, no tiene brazos, ni piernas, son mucho más pequeñas de que nosotros...

Varios estudiantes: Mucho más pequeñas.

Profesor: Habría una cantidad mucho mayor, entre millones. Entonces ése es el límite del modelo, cada vez que hacemos un modelo, él intenta representar la realidad, fue eso lo que ustedes hicieron, intentaron representar la realidad. ¿Qué más pueden destacar ustedes?

Alessandro: La cuestión del volumen, cuando es alterado.

Profesor: El volumen no fue representado, y otra cosa: ¿el movimiento ocurrió en cuántas dimensiones?

Rita: ¿Dos?

Profesor: ¿Y cómo es que ocurre el movimiento de las partículas?

Fernanda: En varias. Nosotros solamente quedamos para el lado, no quedamos para arriba...

Profesor: En tres dimensiones.

A partir de la discusión de las limitaciones, se observa que el discurso se ha construido en conjunto con el docente. Con la participación de diferentes estudiantes, se da la explicación de aspectos difíciles de representar por medio del lenguaje corporal. El hecho de que los estudiantes reconozcan las limitaciones indica que poseen el conocimiento de las cuestiones conceptuales involucradas. La participación de aquéllos que no fueron responsables de la escena también alude al esfuerzo cognitivo exigido por la analogía creada. Por tanto, el proceso es productivo no sólo para aquellos que crean, sino también para los que tuvieron que interpretarla. La interacción comunicativa es interactiva y dialógica con intervenciones de autoridad, ya que, en medio de los discursos de los estudiantes, el profesor presenta ideas científicas y se centra en los aspectos que necesitan ser considerados en términos de limitaciones.

Los estudios que utilizaron analogías creadas por estudiantes señalan también la capacidad crítica como uno de sus rasgos. Kaufman et al. (1996) incluyen la creación de representaciones coherentes en situaciones nuevas, la superación de lagunas en la comprensión y asociaciones que dan lugar a explicaciones modificadas. Los autores señalan además que estudiantes más experimentados utilizan la analogía para articular la comunicación y la explicación, ampliando las explicaciones. Oliveira y Netz (2006) también investigan la creación y aplicación de analogías, acordando en que cuando se invita al estudiante a revisar su creación y su propuesta, también estará en desarrollando su capacidad crítica.

Según Wong (1993), la creación de las analogías por los estudiantes vuelve familiares nuevas situaciones, ayuda en el reconocimiento del problema, concatena particularidades del conocimiento previo, y además, fomenta el pensamiento abstracto. La creación de analogías también es tratada por Mendonça y Justi (2008), que hacen hincapié sobre la comprensión del objetivo, así como destacan la capacidad de los estudiantes para discutir sus propias analogías, identificando sus similitudes y limitaciones.

Trayendo a la discusión otra perspectiva, también podemos destacar la importancia de la puesta en escena, discutida por Messeder Neto et al. (2013), que

retratan la función creativa, siendo utilizada tanto por el profesor como por los estudiantes que asisten, como herramienta de evaluación. El uso del lenguaje corporal confirió características teatrales a la analogía. En esta situación, el lenguaje oral se integra al lenguaje corporal y abre más posibilidades para la evaluación y la manera de abordar tanto los errores como los éxitos, por medio de la transposición de un lenguaje científico a un lenguaje de materialización plástica y/o corporal. Los autores también señalan que la evaluación de la escena se convierte en un medio para que el profesor reoriente el aprendizaje del estudiante. Como se puede evidenciar, no sólo el docente, sino también los propios creadores de la analogía pueden hacer eso. La dialogicidad y el discurso son potenciados en el proceso de significación conceptual, evidenciando el papel del profesor.

El patrón de interacción se modifica, pero en general incluye iniciación-respuesta-feedback-provocación-respuesta (I-R-F-P-R). Para cada limitación señalada hay una confirmación final por parte del profesor, en general caracterizada por la reelaboración del habla de los estudiantes.

Continuando aún con las escenas, el segundo equipo representó el experimento de la jeringa conteniendo agua a la temperatura ambiente (Figura 2). La analogía incluye la representación de las moléculas de gas de oxígeno (que se caracterizan por dos personas con las dos manos tomadas) en interacción con las moléculas de agua (tres personas, cada una con una mano tomada, siendo que una tiene la mano en el hombro de aquéllas que representan la molécula de oxígeno). Al principio, las "moléculas" aparecen todas cercanas (Figura 3).

Figura 3 - Representaciones de las moléculas de oxígeno e sus interacciones con el agua.



Fonte: Arquivo dos autores.

En una segunda etapa, los estudiantes que representan a las moléculas de oxígeno se alejan de aquéllos que representan al agua. Las sillas también fueron movidas simultáneamente para la representación del émbolo de la jeringa.

Figura 4 - Representación de las moléculas del oxígeno después del rompimiento de las interacciones.



Fonte: Arquivo dos autores.

Como ocurrió anteriormente, el grupo que vio la escena debía plantear hipótesis y formular una explicación para lo que fue presentado. Un estudiante comienza la discusión explicando su idea.

Andrea: Las moléculas eran moléculas de agua y oxígeno, ¿verdad?

Profesor: ¿Cómo es que usted identificó el agua del oxígeno?

Andrea: Oxígeno tenía el doble enlace y el agua tenía las tres personas con enlaces... Yo pude ver que eran las moléculas de agua. En un dado momento, yo creo que [...] fue cuando fue empujado, sería la disminución del volumen.

A través de esta conversación se puede observar la identificación de las similitudes percibidas por el estudiante. Además de la identificación de las entidades involucradas, se señaló también el momento de la ruptura de las interacciones, que macroscópicamente en el experimento se caracteriza por la formación de burbujas.

Marco: Lo que entendí primeramente fue que la molécula de oxígeno y la molécula de agua en conjunto (señalando hacia el espacio), allá tenía el émbolo colocado en cierta medida. Luego, cuando aumentaba el espacio (se tiraba del émbolo) ellos se separaron, agua del oxígeno, eso es lo que he entendido.

Profesor: ¿Cuando se está tirando del émbolo separa el oxígeno del agua? El oxígeno, él estaba interactuando con el agua, ¿verdad? Después él, tira, y no tiene ninguna interacción más con el agua. Entonces, ¿cómo es que ustedes consiguen asociar esto con el experimento? ¿Qué tiene que ver que el oxígeno se separa del agua con el experimento de la jeringa? Al tirar del émbolo, ¿qué sale?

Andrea: En ese caso es la separación del oxígeno y del agua, pero ¿por qué sucede esto?

Profesor: Entonces espere, si es la separación del oxígeno del agua ¿qué están diciendo ustedes?

Andrea: Oxígeno, un gas.

Profesor: Sería un gas. Ustedes están en el camino correcto, sólo que en el comienzo, ¿cómo estaba el oxígeno?

Varios: Estaba interactuando con el agua.

Profesor: Estaba interactuando con agua. Y ¿qué tipo de interacción sería ésa?

Pedro: Enlace de hidrógeno.

Profesor: Enlace de hidrógeno, ¿será?

Varios: Interacciones intermoleculares.

Profesor: ¿Qué tipo de interacción?

Varios: Intermolecular.

Profesor: Intermolecular, pero ¿cuál de ellas?

Andrea: Es dipolo...

Profesor: ¿Dipolo?

Silvio: Dipolo momentáneo.

Andrea: No, no es, es dipolo-dipolo.

Profesor: Espera, el agua tiene un dipolo, ¿y el oxígeno? ¿Él es...? El oxígeno es no polar, entonces el agua cuando se aproxima al oxígeno ¿qué causa?

Andrea: Un dipolo momentáneo.

Profesor: Un dipolo momentáneo, que vamos a llamar dipolo inducido. La molécula de agua inducirá un polo, un dipolo en la molécula de oxígeno, y ellos van comenzar a interactuar. Cuando el émbolo es tirado, ¿qué ocurre con la interacción?

Andrea: Porque el propio nombre ya lo dice, es momentáneo y no es tan fuerte y es fácil de ser quebrada.

Profesor: Eso. ¡Ok! (...).

El profesor tiende a guiar a los estudiantes por medio del diálogo de manera de evidenciar las similitudes, pero al mismo tiempo, introduce los conceptos de orden atómico-molecular fundamentales para que el proceso sea entendido. El discurso se inicia de modo dialógico e interactivo, con patrones I-R-P-F-P y con alternancias entre comunicación interactiva y de autoridad. A partir del análisis, un aspecto central que se observa es la forma en que el contenido del discurso sufre una especie de transformación progresiva, en la que las ideas son recontextualizadas en el ámbito social del discurso hacia los conceptos científicos.

Además de crear el ambiente para que los estudiantes consigan comprometerse y pensar sobre el fenómeno, puede ser observado aquí que el uso de analogías

proporcionó "ver" algo, en este caso, "ver lo abstracto", las interacciones entre las partículas. Raviolo y Garritz (2008) hacen mención de esto para señalar que las analogías tienen el papel de ayudar a la visualización abstracta por medio de la comparación analógica entre los dos dominios. Con relación a la visualización de conceptos abstractos por medio de analogías, Fabião y Duarte (2005) también muestran que tienen el beneficio de hacer más inteligible al conocimiento científico.

Sin embargo, es importante que el profesor disponga de otros medios para promover el aprendizaje. Esto fue evidente durante la secuencia de las clases, cuando se presentó el ejemplo de un buceador volviendo de aguas profundas con la solubilidad de los gases.

Profesor: Ustedes ya han oído eso, cuando el buceador se sumerge en el mar profundo, entonces ¿cómo hay que subir?

Varios: Despacio.

Profesor: Lentamente. ¿Por qué?

Carlos: Porque si él sube a la misma velocidad que descendió puede tener mareos e incluso desmayarse.

Profesor: Él puede incluso morir.

Carlos: Es.

Profesor: Ahora, químicamente, ¿qué sucede?

Andrea: La presión externa es mayor que la interna...

Profesor: La presión es mayor. ¿Qué hace en el cuerpo? En el interior del cuerpo, la sangre, ¿qué tenemos?

Carlos: CO₂.

Profesor: CO₂ y también está respirando oxígeno. Este CO₂ y oxígeno se vuelve más soluble en la sangre cuando se aumenta la presión. Y cuanto mayor es la presión, mayor es la solubilidad de los gases. Entonces si nosotros imagináramos un recipiente (Profesor dibujando), donde aquí tendremos un líquido, y aquí representando las partículas de gas. Si es aplicada una presión, y esa presión aumenta, esa presión "empuja" las moléculas de gas para dentro del líquido, entonces aumenta la solubilidad. La solubilidad de un gas, ella es proporcional a la presión. Así aumentó la presión, aumentó la solubilidad. Aumentó la solubilidad del gas disuelto. Si el buceador se eleva rápidamente, ese gas disuelto, que es uno de los fenómenos que han observado, es como si al tirar del émbolo, la presión disminuy, lo que ocurrirá en la sangre.

Varios: Tendrá más gas disuelto.

Profesor: ¿Qué vieron ustedes cuando se retiró el émbolo?

Varios: Burbujas.

Profesor: Burbujas, se forman burbujas en la sangre, y luego eso dificulta la oxigenación, dificulta el transporte y rápidamente él pierde la conciencia e incluso puede morir.

Con este diálogo se observa la intención del docente de resaltar otras cuestiones importantes que no eran percibidas antes, especialmente la relación entre la presión y la

solubilidad de los gases en agua. El profesor utiliza un ejemplo en el intento de dar mayor concreción al concepto, así como establece una generalización empírica descriptiva del concepto en cuestión.

Establecidas las relaciones similares entre el objetivo/blanco y el análogo, fueron realizadas, entonces, algunas consideraciones acerca de las limitaciones que las analogías presentan, como se muestra a continuación.

Profesor: ¿Cuáles serían los límites de estas representaciones?

Varios: Los recipientes.

Alessandro: La geometría, los enlaces, porque él tiene que estar del mismo tamaño, y da aquella diferencia para demostrar que había un par electrónico aislado, la deformación de la estructura.

Lo que el estudiante refiere como "da aquella diferencia" y "deformación de la estructura" se asocia con la polarizabilidad de la molécula. Fue una limitación en la analogía creada por el grupo y señalada por ellos mismos. Por lo tanto, las limitaciones de la analogía pueden ser un camino para el aprendizaje.

A partir de lo expuesto, se verifica que la creatividad es un elemento presente en la actividad de la puesta en escena. Como la creatividad es una de las funciones fomentada por la creación de analogías, ésta desempeña un papel clave en el aprendizaje del sujeto quien, a través de tal modelo, consigue resolver los problemas existentes mediante la formulación de hipótesis para este fin.

Vale señalar que la creación de una analogía no es una tarea simple, pues se deben considerar varios aspectos, especialmente su eficacia para el aprendizaje. Mendonça y Justi (2008) destacan el momento de la discusión sobre familiaridades y limitaciones de las analogías después de la creación por los estudiantes. Según las autoras, la capacidad de argumentación de los estudiantes sobre sus propias analogías también es percibida, ya que la mayoría puede evaluar apropiadamente las limitaciones de sus analogías. Por otra parte, se puede percibir si los conceptos fueron interpretados erróneamente, volviendo a la función evaluativa de la analogía.

La perspectiva que considera a las analogías como parte de un proceso de creación, además de proponer una dinámica diferente a los estudiantes, permite una actitud de compromiso intelectual durante la actividad. Esta participación en la creación del modelo posibilita al estudiante entender también cómo es el desarrollo de la ciencia, pasando por un problema, el planteo de hipótesis, la comunicación de ideas, la aceptación, entre otros procesos.

A pesar de que la creación de analogías pueda desarrollarse de diferentes maneras, muchos de los aspectos positivos son potencializados por la forma en que los estudiantes expresan sus conocimientos. En este sentido, la puesta en escena asume características lúdicas que contribuyen en gran medida a la actitud del compromiso intelectual.

Por ejemplo, un factor importante en todo el proceso que implicó la creación de la representación analógica fue el ambiente relajado, caracterizado por las risas constantes y la voluntariedad de los ensayos. Los estudiantes expresaron su satisfacción en los debates, en los ensayos y en la escena en varias ocasiones, así como pusieron en juego su seriedad y cuidado para que los colegas no sospechasen de cómo sería la escenificación del fenómeno. Para esto, salieron de la sala de clase, discutiendo y ensayando la representación en un ambiente al aire libre, sin preocuparse de los grupos de otros cursos que también estaban allí. Esto revela, más allá de la voluntariedad y el placer, la seriedad puesta en la tarea.

La cuestión de la seriedad se deja de lado a menudo en la actividad lúdica, pero es esencial, de acuerdo con Chateau (1987, p 124): "Jugar es, casi siempre, darse una tarea a cumplir, es agotarse, y esforzarse por cumplirla". Esta cuestión está directamente relacionada al placer proporcionado por la actividad lúdica, placer éste debido a la acción, cuya respuesta al desafío depende e implica una actitud de compromiso cognitivo de los sujetos. Por tanto, no es atractivo el juego en sí, sino las acciones y reacciones que surgen de la prueba a la que los jugadores son sometidos, precisamente en la capacidad del juego de ser tarea, de ser desafío y, por ser desafío, ser estimulante desde el punto de vista cognitivo. Continuando con Chateau:

Quien dice juego, dice al mismo tiempo esfuerzo y libertad, y una educación por el juego debe ser una fuente de dificultad física de la misma manera que de alegría moral. Repetimos [...], jugar es buscar un placer moral. Es este placer moral el que debemos transponer a nuestra educación [...]. Por eso, es preciso presentar al niño los obstáculos a superar, y obstáculos que él quiera transponer (CHATEAU, p. 128, 1987).

Además de tener que elaborar explicaciones para el experimento, los estudiantes tuvieron que preocuparse por crear una representación analógica con sus propios cuerpos, a partir de la cual la explicación del experimento pudiese ser comprendida por los otros. Otro punto a destacar es la función social de la puesta en escena que

contribuye con incentivos recíprocos en la realización de la tarea, manteniendo el esfuerzo cognitivo en la consecución del objetivo.

Este resultado parece confirmar la importancia de la multimodalidad. Las formas de comprensión y de producción de la ciencia, en especial de la química, están íntimamente relacionadas con el uso de diferentes representaciones. El conocimiento científico es difundido a la comunidad científica a través de un conjunto de representaciones, siendo criticado, revisado y modificado a la luz de nuevas evidencias. Luego, proporcionar el aprendizaje científico requiere enseñar acerca de modelos y representaciones, exponiendo la diversidad de representaciones que se utilizan para entender los fenómenos, así como enseñar a pensar con tales representaciones (PRAIN; WALDRIP, 2006; JUSTI, 2006; AIREY; LINDER, 2009). Algunos estudios han postulado que estimular a los estudiantes a las diversas formas de representación contribuye al logro de apropiaciones conceptuales más profundas y permanentes (WALDRIP et al., 2010). Investigaciones más recientes como las de Nam y Cho (2016) y Tolppanen et al. (2016) van más allá y señalan que el aprendizaje de cualquier tema de la ciencia requiere la comprensión de los estudiantes acerca de la forma y función de los diferentes modos de representación, así como la capacidad de integrarlos de manera coherente para producir argumentos convincentes.

Consideraciones finales

Los resultados obtenidos permiten hilvanar algunas implicaciones que parecen centrales en el proceso de creación de analogías. Así como en otros estudios (WONG, 1993; PITTMAN, 1998; MENDONÇA; JUSTI; OLIVEIRA, 2006), el análisis crítico de informaciones y de las limitaciones es uno de los aspectos a destacar, tanto para los que crearon como para aquellos que interpretaron la analogía producida. De esta manera, la creación de analogías parece ser una alternativa prometedora para la expresión de ideas, conceptos y conocimientos de los estudiantes, tanto de conocimientos previos, como de aquellos ya adquiridos en el proceso escolar. Esto parece ser fundamental para establecer un proceso de evaluación que tenga en cuenta tanto los errores como los éxitos. Como ya demostró Manterola (2015), la analogía se configura como un razonamiento plausible y atractivo para el estudiante durante la generación de hipótesis que pueden resolver un problema en el aula.

La analogía también favoreció la explicación de los experimentos a partir del refuerzo y la apropiación de conceptos. Vale destacar que los experimentos eran desconocidos para los estudiantes y que el grupo no responsable por la escena construyó sus ideas guiado principalmente por la representación de sus colegas. Esto es atribuido al mayor compromiso generado por el proceso de creación y representación. A su vez, esta actitud comprometida con el desarrollo cognitivo parece tener relación íntima con el carácter lúdico proporcionado por la estrategia.

En esa línea es importante destacar que el carácter lúdico se refiere, por supuesto, al disfrute de la actividad, pero, sobre todo, a la seriedad de las acciones llevadas a cabo y decurrentes del cumplimiento de una tarea. Tal carácter lúdico promueve una mayor participación de los estudiantes en los momentos de creación, representación y posterior evaluación de la analogía por medio de la interacción discursiva. Sobre este último punto, es necesario tejer una consideración. La representación de la analogía mediante el lenguaje corporal promueve un tipo diferente de dialogicidad en clase, una forma auténtica de expresión de los estudiantes que, amalgamada al lenguaje verbal, puede ser un refuerzo positivo en el desarrollo cognitivo.

En este sentido, también es importante destacar el papel de las representaciones multimodales, ya que, según algunos autores, los estudiantes necesitan traducir, integrar, (re)interpretar y (re)contextualizar significados a través de diferentes lenguajes verbales y visuales, así como conectar estos modos a experiencias previas (PRAIN; HAND, 2016; VILLANUEVA, 2016). La creación de analogías, su puesta en escena y posterior discusión permitirían, de tal manera, integrar los diferentes modos de representación, lo que probablemente auxiliaría en el desarrollo de comprensiones más profundas sobre la ciencia y sus modos de funcionamiento. Los estudios que consideran tales aspectos pueden configurarse como una perspectiva diferente para el uso de analogías en las aulas.

Referências

AIREY, J.; LINDER, C. A disciplinary discourse perspective on university science learning: achieving fluency in critical constellation of modes. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 46, n. 1, p. 27-49, 2008.

DUIT, R. On the role of analogies and metaphors in learning science. **Science Education**, v. 75, n. 6, p. 649-672, 1991.

DOI: <https://doi.org/10.26568/2359-2087.2019.3994>

EDUCA – Revista Multidisciplinar em Educação, Porto Velho, v. 6, n.º 13, p. 21-43, jan/mar, 2019.

e-ISSN: 2359-2087

40

- BOZZELI, F. K.; NARDI, R. O uso de analogias no ensino de Física em nível universitário: interpretações sobre os discursos do professor e dos alunos. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 6, n. 3, p. 77-100, 2006.
- CHATEAU, J. **O jogo e a criança**. São Paulo: Summus, 1987.
- FABIÃO, L. S.; DUARTE, M. C. Dificuldades de produção e exploração de analogias: um estudo no tema equilíbrio químico com alunos/futuros professores de ciências. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 4, n. 1, p. 1-17, 2005.
- FERRAZ, D.; TERRAZZAN, E. A. O uso espontâneo de analogias por professores de Biologia: observações da prática pedagógica. **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 4, n. 2, p. 107-118, 2002.
- FERRAZ, D.; TERRAZZAN, E. A. (2003). Uso espontâneo de analogias por professores de Biologia e o uso sistematizado de analogias: Que relação? **Ciência & Educação**, v. 9, n. 2, p. 213-227, 2003.
- HALLOUN, I. A. Mediated modeling in science education. **Science & Education**, v. 16, n. 7, p. 653-697, 2007.
- HARRISON, A. G.; TREAGUST, D. F. Teaching with analogies: a case study in grade-10 optics. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 30, n. 10, p. 1291-1307, 1993.
- HODSON, D. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. **Enseñanza de las ciencias**, v. 12, n. 3, p. 299-313, 1994.
- IZQUIERDO, M.; ADÚRIZ-BRAVO, A. Epistemological foundations of school science. **Science & Education**, v. 12, n. 1, p. 27-43, 2003.
- JUSTI, R. La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 24, n. 2, p. 173-184, 2006.
- KAUFMAN, D.; PATEL, V.; MAGDER, S. The explanatory role of spontaneously generated analogies in reasoning about physiological concepts. **International Journal of Science Education**, v. 18, n. 3, p. 369-386, 1996.
- MANTEROLA, A. U. La analogía provocativa como estrategia pedagógica: el caso histórico de la mecánica de fluidos. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 33, n. 3, p. 159-174, 2015.
- MENDONÇA, P. C. C.; JUSTI, R. S. Usando analogias com função criativa: uma nova estratégia para o ensino de química. **Educação Química**, v. 1, n. 1, p. 24-29, 2008.
- MENDONÇA, P. C. C.; JUSTI, R.; OLIVEIRA, M. M. Analogias sobre ligações químicas elaboradas por alunos de ensino médio. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 6, n. 1, p. 35-54, 2006.

MESSEDER NETO, H. S.; PINHEIRO, B. C. S.; ROQUE, N. F. Improvisações teatrais no ensino de química: interface entre teatro e ciência na sala de aula. **Química Nova na Escola**, v. 35, n. 2, p. 100-106, 2013.

MONTEIRO, I. V.; JUSTI, R. Analogias em livros didáticos de Química destinados ao ensino médio. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 5, n. 2, p. 67-91, 2000.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. H. **Meaning making in secondary science classroom**. Maidenhead, UK: Open University Press/McGraw Hill, 2003.

MOZZER, N. B.; JUSTI, R. Students' pre- and post-teaching analogical reasoning when they draw their analogies. **International Journal of Science Education**, v. 34, n. 3, p. 429-458, 2012.

NAM, J.; CHO, H. Examining the impact of multimodal representation instruction on students' learning science. In: HAND, B.; MCDERMOTT, M.; PRAIN, V. (Orgs.). **Using Multimodal Representations to Support Learning in the Science Classroom**. Switzerland: Springer, 2016, p. 117-133.

OLIVA, J. M.; ARAGÓN, M. M.; MATEO, J.; BONAT, M. Una propuesta didáctica basada en la investigación para el uso de analogías en la enseñanza de las ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 19, n. 3, p. 453-470, 2001.

OLIVA, J. M. El pensamiento analógico desde la investigación educativa y desde la perspectiva del profesor de Ciencias. **Revista Electronica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 3, n. 3, p. 363-384, 2004.

OLIVA-MARTÍNEZ, J. M.; ARAGÓN-MÉNDEZ, M. Contribución del aprendizaje con analogías al pensamiento modelizador de los alumnos en ciencias: marco teórico. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 27, n. 2, p. 195-208, 2009.

OLIVEIRA, R. L.; NETZ, P. A. O uso de analogias no ensino do equilíbrio químico. **Acta Scientiae**, v. 8, n. 2, p. 58-66, 2006.

PITTMAN, K. M. Student-Generated analogies: another way of knowing? **Journal of Research in Science Teaching**, v. 36, n.1, p. 1-22, 1998.

PRAIN, V.; WALDRIP, B. An exploratory study of teachers' and students' use of multimodal representations of concepts in primary science. **International Journal of Science Education**, v. 28, n. 15, p. 1843-1866, 2006.

NAM, J.; HAND, B. Learning science through learning to use its languages. In: HAND, B.; MCDERMOTT, M.; PRAIN, V. (Orgs.). **Using Multimodal Representations to Support Learning in the Science Classroom**. Switzerland: Springer, 2016, p. 1-10.

RAVIOLO, A.; GARRITZ, A. Analogias no ensino do equilíbrio químico. **Química Nova na Escola**, v. 27, p. 13-25, 2008.

SOARES, M. H. F. B. **Jogos para o ensino de química**: teoria, métodos e aplicações. 2a. Ed. Goiânia, Brasil: Kelps, 2008.

DOI: <https://doi.org/10.26568/2359-2087.2019.3994>

EDUCA – Revista Multidisciplinar em Educação, Porto Velho, v. 6, n.º 13, p. 21-43, jan/mar, 2019.

e-ISSN: 2359-2087

TOLPPANEN, S.; RANTANIITTY, T.; AKSELA, M. Effectiveness of a lesson on multimodal writing. In: HAND, B.; MCDERMOTT, M.; PRAIN, V. (Orgs.). **Using Multimodal Representations to Support Learning in the Science Classroom**. Switzerland: Springer, 2016, p. 39-57.

VILLANEUVA, M. G. F. Using multimodal representations to develop scientific literacy in South African classrooms. In: HAND, B.; MCDERMOTT, M.; PRAIN, V. (Orgs.). **Using Multimodal Representations to Support Learning in the Science Classroom**. Switzerland: Springer, 2016, p. 77-96.

WALDRIP, B.; PRAIN, V.; CAROLAN, J. Using multi-modal representations to improve learning in junior secondary science. **Research in Science Education**, v. 40, n. 1, p. 65-80, 2010.

WONG, E. D. Self-generated analogies as a tool for constructing and evaluating explanations of scientific phenomena. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 30, n. 4, p. 367-380, 1993.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. Porto Alegre: Bookman, 1984.

Enviado em: Fevereiro de 2019.

Aceito em: Março de 2019.

Como referenciar este artigo:

FRANCISCO, Welington; FRANCISCO JUNIOR, Wilmo Ernesto; SANTOS, Amanda Lira dos; CORDERO, Silvina. Creación y representación de analogías por medio del lenguaje corporal: investigando una situación en el aula. **EDUCA - Revista Multidisciplinar em Educação**, Porto Velho, v. 6, n. 13, p. 21-43, jan/mar, 2019. e-ISSN: 2359-2087. Disponível em:
<http://www.periodicos.unir.br/index.php/EDUCA/index>.