

CONSTRUCCIÓN DEL DIPOLO MODÉLICO RAZÓN-CONCENTRACIÓN A TRAVÉS DE LA PRÁCTICA COMUNICATIVA EN EL APRENDIZAJE DE LA SOLUCIÓN QUÍMICA

CONSTRUCTION OF THE MODEL DIPOLE RATIO- CONCENTRATION, THROUGH COMMUNICATIVE PRACTICE IN THE LEARNING OF CHEMICAL SOLUTION

Elisa Zúñiga¹, Eduardo Carrasco², Adriana Galicia³, Marijana Tomljenovic¹, Michal Elías¹, Carlos Olivares¹.

RESUMEN

Este trabajo de investigación presenta los resultados de una Intervención Educativa promotora del aprendizaje del concepto de Disolución Química en la asignatura de Química. Desde el marco socio-epistemológico, se construye una situación de aprendizaje que incorpora al estudiante a dos prácticas esenciales: la preparación de disoluciones y la comunicación educativa de lo elaborado. A partir del análisis de la actividad estudiantil, la *razón* se constituye en modelo en cuanto se articula con la concentración y la caracteriza tanto en *g/mol* como en *g/L* o *g por 100 mL*. Durante las prácticas los estudiantes utilizaron diversas herramientas, desde el uso de la Tabla Periódica hasta las herramientas algebraicas necesarias, para trabajar con las fórmulas químicas y conversiones, con el fin de lograr preparar la disolución química. El análisis de sus discursos permitió identificar procesos de significación progresiva de nociones químicas y la construcción del Dipolo Modélico Razón-Concentración. Por lo tanto, desde un trabajo interdisciplinar la matemática se constituye en herramienta para la práctica química.

Palabras clave: disolución química, dipolo modélico, práctica comunicativa, socio-epistemología, interdisciplinariedad.

ABSTRACT

This research presents the results of a Didactic Intervention promoting the learning of the concept of Chemical Solution in the subject of Chemistry. From the socio-epistemological framework and from the methodology of didactic engineering, a learning situation is built that incorporates the student to two essential practices: the elaboration of solutions and the educational communication of the elaborated. From the analysis of student activity, the ratio becomes a model when it articulates with the concentration and characterizes it in *g/mol* as in *g/L* or *g per 100 mL*. In their activity, students used various tools, from the use of the Periodic Table to the algebraic tools needed to work with chemical formulas and conversions, in order to elaborate the chemical solution. The analysis of his discourses allowed to identify processes of progressive significance of chemical notions and the construction of the Ratio-Concentration Model-Dipole. Therefore, from an interdisciplinary work, mathematics constitutes a tool for chemical practice.

Keywords: Chemical solution, model-dipole, communicative practice, socio-epistemology, interdisciplinarity.

1 Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, Facultad de Ciencias Básicas. elisa.zuniga@umce.cl, michal.elias@umce.cl, caos2586@gmail.com.

2 Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, Facultad de Filosofía y Educación. eduardo.carrasco@umce.cl.

3 Tecnológico Nacional de México: Instituto Tecnológico de Acapulco. agsosa2001@yahoo.com.mx.

Recibido: 22 diciembre 2018; Aceptado: 27 diciembre 2018

Introducción

Desde una mirada del concepto químico hacia la actividad química, este trabajo se centra en los aprendizajes que emergen en la vivencia de una práctica para la preparación de una Diolución Química. Actividad que involucra, además del conocimiento químico, herramientas matemáticas que, a la vez que adquieren significado, dotan de sentido y explicitan la utilidad a los conceptos químicos involucrados. Este trabajo se enmarca en una perspectiva socio-epistemológica que entiende al saber socialmente construido y, en particular adopta la noción de dipolo modélico, entendida como la articulación que hace el sujeto entre la noción matemática (modelo) y la idea química (lo modelado), con la intencionalidad de intervenir esta última (Galicia y col., 2017; Arrieta y Díaz, 2015).

La enseñanza tradicional de la química en la educación universitaria o terciaria, al igual que en la formación inicial docente, considera la asignatura como una asignatura disciplinar cuyo objetivo es el desarrollo de competencias químicas en los estudiantes. Situación que pareciera alejarse de las prácticas docentes. Especialmente se reconoce que la construcción del saber químico del profesor no sólo se restringe a resolver los problemas disciplinares, sino que su práctica central es aprender a enseñar química.

Esto desafía a las universidades formadoras de docentes a diseñar situaciones de enseñanza, para los estudiantes de formación inicial docente, que releven a la práctica de enseñanza como un aspecto sustancial a la actividad química de los futuros docentes.

En este trabajo se presenta una intervención educativa, como estudio de caso, donde a través de la inserción de prácticas comunicativas, los estudiantes construyen aprendizajes en torno a un Dipolo Modélico, que articula significados químicos y matemáticos.

Elementos teóricos

A nivel latinoamericano, la comunidad académica mexicana liderada por Cantoral, desde la matemática educativa, ha generado lazos hacia la realidad educativa, en donde el marco socio-epistemológico asume que el aprendizaje se da en el ejercicio de actividad intencionada por prácticas socialmente compartidas por aquella comunidad que las ejerce (Cantoral, 2013; Cantoral y col., 2015), permitiendo una transdisciplinariedad desde la matemática educativa hacia la formación profesionalizante (Galicia y col., 2017). En el presente trabajo se realiza una aproximación hacia la formación inicial docente en profesores de ciencias en torno al concepto de Diolución Química.

La práctica química de preparación de soluciones químicas (Landau y col., 2014; Bekerman y col., 2016) se constituye en la práctica de referencia que intenciona la acción didáctica implementada (Montiel, 2011). Esta práctica es social, por cuanto refleja la construcción de un lenguaje técnico que es propio de una comunidad. Lenguaje, que según lo descrito por Galagovsky y Bekerman (2014), se caracteriza por la generación de explicaciones químicas, que provienen de modelos que permiten interpretar hechos macroscópicos, las que son parte del proceso de hablar y comprender química. Otro elemento constitutivo es el uso del Dipolo Modélico (Arrieta y Díaz, 2015), donde se denomina un Dipolo, ya que es una articulación de una entidad matemática, en este caso la *razón*, con una entidad química, para esta investigación la *concentración de la solución*, con el propósito de intervenir a esta última, y por su parte, Modélico, porque es un ente matemático el que permite proyectar la intervención del ente químico *a priori*.

METODOLOGÍA

La investigación se adscribe a una postura educativa crítica, que asume a la investigación-acción como una metodología que posibilita el cambio de la propia práctica educativa (Rojas, 2016). Este cambio se propicia al abordar un problema de la práctica docente en la asignatura de Química (primer semestre) en la formación inicial docente de la carrera de Licenciatura en Educación en Biología y Pedagogía en Biología de la Facultad de Ciencias Básicas de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación. En este estudio de casos, se llevaron a situaciones educativas que involucraron trabajo grupal y colaborativo, donde se formaron 3 equipos de 3 a 5 estudiantes, para desarrollar el taller o práctica experimental.

Considerando las fases, propuestas por Whitehead (Rojas, 2016; Calderón y León, 2012), el proyecto se articuló desde la metodología de ingeniería didáctica (Artigue, 2009) como estructura metodológica, que consiste en el análisis preliminar, análisis *a priori*, experimentación, análisis *a posteriori* y validación. Se desarrolló el siguiente esquema metodológico (Figura 1):

Como principal método de análisis se recurrió a los métodos reflexivos desde una perspectiva fenomenológica. El foco del análisis se centró en determinar las estructuras esenciales de la experiencia recogida. Los principales métodos reflexivos utilizados fueron los análisis temáticos, la reflexión temática, la reflexión lingüística (estudio de etimología y expresiones lingüísticas cotidianas), y la reflexión mediante conversación (Ayala, 2008), observando las significaciones y conceptualizaciones en la comunicación entre los estudiantes. Se buscó describir la actividad estudiantil; así como, durante la práctica experimental y la práctica de diseñar una

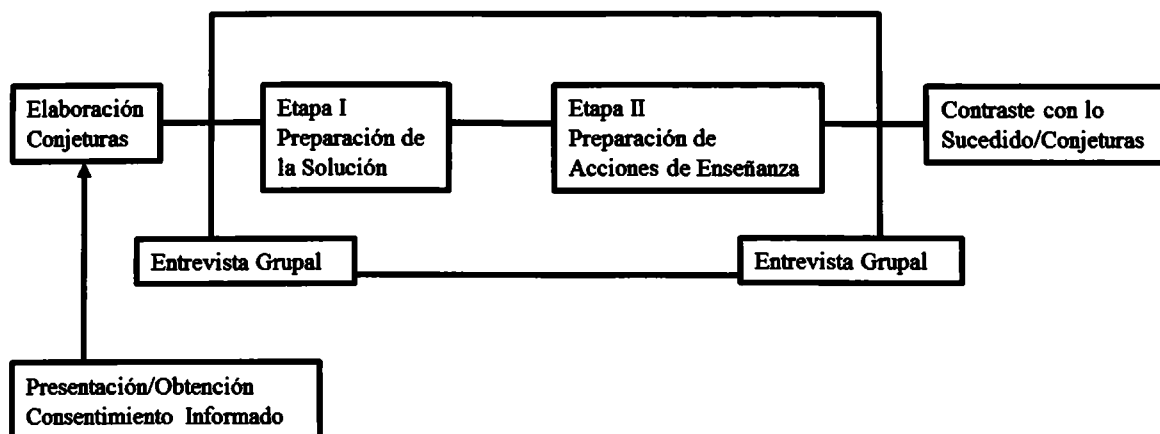


Figura 1. Esquema metodológico de la intervención educativa.

situación de aprendizaje, como medio de construcción de su propio conocimiento.

Resultados y discusión

Etapa I

Primer momento. El trabajo se orientó como una práctica o taller experimental, que inició con la exploración libre del laboratorio (espacio físico) y la preparación de disoluciones que replicaban las propiedades macroscópicas de disoluciones líquidas de uso cotidiano y masivo (color, viscosidad, olor, presencia de burbujas, entre otras), tales como: suero, sangre y bebidas de fantasía. Los estudiantes contaron con una serie de reactivos y materiales de laboratorio necesarios para la preparación de cada disolución, así como con la posibilidad de solicitar recursos adicionales en caso de ser requeridos.

Los estudiantes se distribuyeron en el laboratorio con los diversos implementos, potencialmente necesarios para el trabajo. Se agruparon en equipos, teniendo la libertad de trabajar en forma autónoma durante 15 minutos. La consigna para iniciar el trabajo fue: “*Aquí tienen el listado de disoluciones (lista escrita en la pizarra) y los materiales para prepararlos ... ¡a trabajar!*”. Luego se incorporó un estudiante Ayudante, del último año de Pedagogía en Química, quien respondió a preguntas emergentes y entregó recursos adicionales. Además, este ayudante tenía la facultad de intervenir cuando la seguridad de la experimentación podía verse comprometida. Se enfatizó el que el ayudante no podía entregar los valores de concentración de las disoluciones ni sugerir reactivos, con el objeto de dejarles la exploración libre.

Lo sucedido. Desde el inicio del taller los estudiantes comenzaron a construir las disoluciones mezclando directamente los elementos, sin realizar cálculo alguno para determinar las cantidades necesarias para

elaborarlas. En palabras de ellos: “*se pusieron a jugar con las mezclas*”. Los estudiantes trabajaron orientándose por las propiedades ostensibles: vertieron los solutos en los vasos de precipitado y los disolvieron en agua, generando en procesos de “ensayo y error”, una secuencia de aproximación a la disolución química bajo criterios principalmente visuales.

La preparación de la suero fisiológico no presentó dificultades para los estudiantes. El conocimiento previo de la razón contenida en la concentración de 0,9% m/v (0,9 g de cloruro de sodio en 100 mL de solución acuosa) la obtuvieron de Internet a través de sus teléfonos celulares (teléfonos móviles).

La preparación de la sangre presentó dificultades entorno a lograr la viscosidad natural de la sangre con colapez (gelatina comercial), dado que los estudiantes agitaban fuertemente la mezcla generando gran cantidad de espuma sin lograr disolver la colapez. Una vez terminado el momento de trabajo autónomo, se realizó una actividad adicional de una clase breve expositiva-interactiva (trabajo orientado por el docente), que les permitió complementar los conocimientos asociados a la disolución de biopolímeros (proteínas) para lograr disolver la colapez en agua.

En la replicación de la bebida de fantasía se simuló el efecto burbujeante de la bebida incorporando bicarbonato sodio (sal) a la mezcla, en forma aditiva (1, 2, ... o más espátulas) cada vez que el gas producido se disipaba.

Finalmente, los estudiantes obtuvieron mezclas similares a las soluciones requeridas. Porque, aun cuando las cantidades para las propiedades macroscópicas no fueron las adecuadas, los procesos de “ensayo y error” vividos permitieron replicar las propiedades ostensibles de las disoluciones, pero no de aquellas asociadas a la viscosidad (sangre) y a las cantidades de soluto (bebida de fantasía).

Segundo momento. Trabajo orientado con el docente.

Luego, durante 30 minutos, se desarrollaron actividades que permitieron reconocer si las propiedades macroscópicas no observables se logran, especialmente en la replicación de la sangre y su viscosidad. Para esto se generó un diálogo entre estudiantes y docente, donde se levantaron cuestionamientos que permitieran evaluar propiedades macroscópicas no observables.

El docente los invitó a reflexionar con la siguiente observación y pregunta: “*No se disolvió la colapez y hay mucha espuma, ¿qué creen que sucedió?*”, con el propósito de que los estudiantes expliciten las estrategias utilizadas y propongan nuevas acciones, asociadas a acciones de preparaciones de alimentos de alto contenido proteico (clara de huevo-merengue, colágeno-jalea-gelatina).

Se buscó que los estudiantes vivieran procesos de formulación, comunicación y validación de lo elaborado y de las técnicas usadas. Para ello, el docente acompañó el análisis de los procesos vividos en la práctica o taller experimental. Durante la intervención se dio énfasis en la entrega de preguntas claves, en cautelar que los estudiantes avanzaran en la formulación de su acción y en que discutieran los fundamentos químicos y matemáticos de sus decisiones y acciones.

Lo sucedido. Se cuestionó a los estudiantes y como resultado se observó que en relación a la sangre, los estudiantes reconocieron que el agitar fuertemente una solución que contiene proteínas se observó formación de espuma, asociándolo a la situación cotidiana de agitar (batir) la clara de huevo para hacer “merengue”. Sin embargo, el significar el rol de la temperatura en la disolución de la colapez (proteína) requirió, por parte del docente, la evocación de experiencias previas, como la preparación de “jalea” o gelatina en el hogar. En esta etapa, los estudiantes dialogaron relevando la concentración de soluto y como forma parte de la disolución, como una primera aproximación al conocimiento químico.

Etapa II.

Descripción de la sesión. El trabajo se orientó hacia el diseño, por parte de los estudiantes, de una secuencia de actividades a realizar junto a estudiantes de educación secundaria, en la forma de una guía de laboratorio, que promoviera el aprendizaje de cómo se preparan las disoluciones químicas. Los estudiantes elaboraron una secuencia de actividades, en base al diseño de un instrumento, con la forma de una planificación lineal, en la cual debieron explicitar los objetivos de aprendizaje, los contenidos abordados e instrumentos de evaluación (John, 2006). Se dio una explicación de cada sección

y luego los equipos trabajaron en la redacción de la planificación.

Lo sucedido. Los estudiantes se abocaron a la discusión de la situación de enseñanza. En un proceso discursivo de construcción de consensos sobre qué objetivo debe buscar la secuencia, qué contenidos han de estar involucrados y finalmente qué actividades serán incluidas. La discusión mostró diversos procesos de construcción de consensos respecto de lo que se ha vivido, en particular se observaron dos procesos relevantes a articular el dipolo modélico. El primero de ellos, se vivenció en la negociación de significados respecto de conceptos químicos, que van mostrando procesos de significación progresiva de la idea de viscosidad. Lo segundo, fue la fuerza explicativa que podían tener las nociones cotidianas que dialogaran y persistieran en la construcción del lenguaje químico (Figura 2).

- Docente: ¿Qué condiciones naturales?
- E2: el pH, la ... que más
- E1 pH, temperatura, como...mmm.. no se si llamarle viscosidad pero...la llamó así, pero...
- E1: eso la llamó así
- E2: no es viscosidad, es... eeh... mmm
- E1: ¡Ay! sí nos dijo (la docente), todo el tiempo “retaba” al Jorge (estudiante ayudante), por eso... ¡Jorge! (ayudante no llega)
- E2: podría llamarse así también, es que es como la “especidad”
- E1: ...Sí, porque no quedaba viscoso, quedaba espeso.

Figura 2. Extracto de la conversación entre los estudiantes y el docente durante significación progresiva de “especidad” versus viscosidad.

Los estudiantes, en el diálogo reseñado (Figura 2), significan las propiedades que han de ser reproducidas por quienes realicen su actividad de laboratorio, es decir, la sangre, como la docente les había explicado, “*debía quedar viscosa al igual que la sangre real*”. Sin embargo, la noción de viscosidad, fue significada desde su saber no escolar, en el cual la viscosidad más bien es lo espeso. A pesar de reconocer que en el proceso de la práctica experimental se había precisado el lenguaje, utilizando la palabra “viscosidad”; sin embargo, esta palabra no les es familiar y asumen que no es la correcta pues no les emerge un significado respecto de ello. Entonces, la categoría “espeso”, que es dotada de científicidad cuando dialogan, al referirse los estudiantes

a la propiedad de viscosidad lo hacen con la palabra “especidad”, derivación informal de la palabra espeso y que tiene entre sus sinónimos tanto a la viscosidad como a la densidad.

En una mirada al diccionario de sinónimos y antónimos (Word Reference, 2017), el cual se entiende como el significado cotidiano, se aprecia que tanto lo espeso como lo viscoso son antónimos de fluido. Entonces, lo viscoso no se significa con lo líquido, sino con lo espeso, lo cual para el lenguaje común son sinónimos (Figura 3). Por tanto, para los estudiantes lo espeso significa de mejor modo su experiencia corporal de la viscosidad de la sangre; sin embargo, en el proceso de construir un lenguaje científico se posicionó a la “especidad”, como una respuesta a la necesidad de precisar una característica central de la disolución química elaborada en la etapa anterior.



Figura 3. Esquema de conexiones lingüísticas tendientes a definir la “especidad”.

Por otra parte, la necesidad de diseñar una situación de enseñanza focalizó a los estudiantes en la necesidad de ser precisos con el lenguaje químico. Sin embargo, a pesar que siempre se les corrigió durante la secuencia, persistió en su habla la palabra que les hace más sentido, “espeso” que, dotada de lo científico, evolucionó en la palabra “especidad”, constituyendo en una magnitud que caracteriza la dificultad de fluir de una disolución líquida. De tal forma que no ocurrió la mediación de los lenguajes como interfases de comunicación entre el docente (doctos o expertos) y los estudiantes (novatos), requerida para no sólo hablar química, sino que también comprender el lenguaje químico, situación recurrente en los alumnos de primeros años de la educación terciaria (Galavosky y col., 2014).

En el trabajo colaborativo de planificar la enseñanza de lo vivido, en cuanto a las actividades, los estudiantes asumieron que “... la persona tiene que conocer el proceso para poder aplicarlo..., ellos tienen que conocer el experimento”. Es decir, dado que su visión respecto de lo escolar es intuitiva, formada por su experiencia como estudiante secundario, consideran

que los estudiantes debieran conocer diversos aspectos antes de iniciar el trabajo en laboratorio. Esto se reflejó en su secuencia didáctica en cuanto a que ellos, como docentes, entregarían una guía de trabajo previa al laboratorio (situación descrita por todos los equipos), en la cual han de evaluar a los estudiantes en cálculos previos, a diferencia de lo vivido por ellos, que se enfrentaron al laboratorio en un primer momento sin realizarlos.

Así en su planificación, los estudiantes asumieron que antes del laboratorio los estudiantes han de “tener en cuenta la concentración, masa molar ... solubilidad”. En la entrevista grupal, al preguntarles qué significan sus respuestas contestan que “Es conocimiento previo y que es necesario que al menos se manejen en esos (contenidos)... y (cómo) calcular las concentraciones. Al final esta guía está pensada para alumno que ya vieron esos contenidos”.

Llama la atención el cómo describen en su planificación el porcentaje masa/volumen (% m/v), puesto que no es un porcentaje en términos matemáticos, sino que se constituye en una noción matemático/química: el Dipolo Modélico Razón-Concentración. Los estudiantes ejemplificaron este concepto en “la cantidad de gramos en 100 mL de disolución ...”. Así como su uso en el cálculo de la masa de soluto necesaria para preparar una disolución química, refiriéndose a diversos cálculos en que se involucraban diversos elementos químicos (Figura 4).

De este modo la razón de la concentración, expresada en su lenguaje oral como % m/v, más que referir a un valor refiere a un procedimiento: regla de tres, la cual fue utilizada en el cálculo de los gramos necesarios para elaborar la disolución química con las concentraciones requeridas. Esto develó la intencionalidad puesta por los estudiantes en la articulación razón-concentración, como el cálculo de los gramos necesarios de cada reactivo, para la elaboración de la solución. Las argumentaciones que expresadas en sus explicaciones respecto a qué es necesario para trabajar en el laboratorio afirmaron que se debe tener esta información con anticipación y el hecho que la información está dada bajo normas estandarizadas: masa de soluto en gramos por 100 mL o por L de solución, o mol por L de solución. Por lo tanto, en la preparación de una solución química concurren diversos procedimientos, que incluyeron conversiones de cantidad (mol) o masa (g) de soluto en distintos volúmenes de disolución (100 mL o 1L), conformándose el siguiente Dipolo Modélico (Figura 5).

$$\begin{array}{l} 1 \text{ mol} \rightarrow 1000 \text{ mM} \\ X \quad \quad 137 \end{array} \quad X$$

sumar la masa de los componentes (tabla periódica)

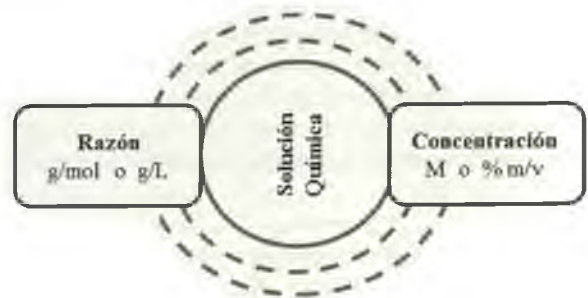
$$n = \frac{m}{MM} \rightarrow m = n \cdot MM$$

$n = \text{mol}$
 $MM = \text{masa molar}$
 $m = \text{masa}$

E1. Extracto de notas del estudiante 1 (E1) explicando el cálculo de masa.

- E3: ...deben ver que eso está en milimol, sacar la masa.... Después tienen que ver la Tabla Periódica.
- E1: El primer paso es que deberíamos convertir milimoles a moles....
- Docente: ¿Una conversión?
- E2: Es que primero calculamos la masa, después vemos que son milimoles y habría que convertirlos de milimoles a moles...
- Docente: ¿Qué esperan que haga el chico (estudiante de secundaria)?
- E1: Los milimoles son equivalentes a... un mol son 1.000 milimol
- Docente: ¿Milimol a mol. ¿Y eso debiera hacerlo cómo?
- E1: Haciendo regla de tres, por ejemplo, tenemos el cloruro de sodio que son 137... entonces uno despeja esto (refiriéndose a la incógnita "X") y uno saca el valor en mol del cloruro de sodio. Después el siguiente paso es hacerlo con los otros tres...
- Docente: ¿Cómo sabemos la cantidad de gramos que usan?
- E1: ...Con la Tabla Periódica podemos sacar la masa molar, que es sumando la masa atómica de ambos componentes... Después usando la fórmula, cantidad de moles es igual a la masa dividida por la masa molar, tenemos los gramos. Sabemos la cantidad de moles, sabemos la cantidad de masa molar... como no sabemos este valor (refiriéndose a los gramos) se despeja y ahí tendría la cantidad de gramos que uno tiene que sacar... Y eso se hace con los otros tres...

Figura 4. Extracto de anotaciones y conversaciones de un equipo de estudiantes al construir la "guía de laboratorio".



Procedimiento. Lectura de la Tabla Periódica; traspaso de milimol a mol; cálculo con regla de tres de la cantidad de moles necesarios, multiplicación respecto del valor de la tabla periódica, aplicación de la razón.

Herramientas. El porcentaje m/v.; Información Tabla Periódica; regla de tres; álgebra de ecuaciones.

Argumentos. Es necesario cambiar la información dada en la tabla periódica a gramos. La información de la concentración está normada en torno a un volumen de 100 mL; Es un acuerdo "es así, pregunte al que lo hizo"; Argumentos algebraicos para el trabajo con las ecuaciones (fórmulas)

Intencionalidad. La necesidad del cálculo en gramos de la cantidad necesaria de reactivos para la elaboración de un volumen predeterminado de solución.

Figura 5. Descripción del Dipolo Modélico construido por los estudiantes durante la intervención educativa.

Los análisis realizados mostraron que la construcción de aprendizajes en los estudiantes requiere, tanto del momento de práctica experimental, como de las discusiones posteriores en torno a la construcción de la secuencia de actividades de enseñanza para el otro (estudiantes de secundaria). Si bien la intervención educativa no ambicionaba desarrollar situaciones pedagógicas y/o didácticas, el insertar a los estudiantes en prácticas de comunicación de lo aprendido, aun cuando fuera sólo el diseño de una secuencia de actividades, permitió procesos de significación progresiva, de articulación de

lo aprendido y de precisión de la práctica de elaboración de disoluciones químicas.

La percepción de los estudiantes de no tener una “meta final” en la actividad de práctica experimental, en cuanto a ser calificado formalmente, sino que realizar una exploración libre en ese momento, facilitó el activar conceptos previos y disminuir el sentimiento de frustración ante el fracaso. De este modo, él no lograr elaborar una disolución química se constituyó como un desafío cognitivo y no como un elemento negativo en la actividad estudiantil.

A modo de conclusión, la intervención educativa permitió insertar al estudiante en la práctica química, y dar espacios de elaboración discursiva, transformándose en una práctica comunicativa. La vivencia entre la práctica experimental y el enseñar a otro, reflejada en el diseño de una “guía de laboratorio” para educación secundaria, generó procesos de construcción significativa del conocimiento químico de una disolución. De tal forma, que la articulación desde la razón matemática permitió el levantamiento del Dipolo Modélico Razón-Concentración, como un medio para el logro de un aprendizaje de nociones químicas asociadas a la práctica química de los estudiantes en un contexto cotidiano.

Agradecimientos

Se agradece el financiamiento a la UMCE a través del proyecto PIPedI20162, titulado: “Soluciones químicas y la razón matemática como herramientas para su modelización: sistematizando una propuesta de enseñanza interdisciplinaria en la formación inicial docente”.

Referencias

Arrieta, J., Díaz, L. Una perspectiva de la modelación desde la Socioepistemología. *Revista latinoamericana de investigación en matemática educativa*, **18**[1], p. 19-48, 2015. <https://dx.doi.org/10.12802/relime.13.1811>

Artigue, M. Didactical design in mathematics education en C. Winslow (Ed.), *Nordic Research in Mathematics Education. Proceedings* desde NORMA08 (p.7-16). Rotterdam: Sense Publishers, 2009.

Ayala, R. La metodología fenomenológico-hermenéutica de M. Van Manen en el campo de la investigación educativa. Posibilidades y primeras experiencias. *Revista de Investigación Educativa*, **26** [2], p. 409-430.

Bekerman, D., Pepa, L., Vaccaro, E., Alonso, M., Galagovsky, L. Using Simulations to Detect Difficulties in the Process of Learning “Chemical Solutions”. *American Journal of Educational Research*, **4** (8), p. 608-612, 2016.

Calderón, D., León, O. La ingeniería didáctica como metodología de investigación del discurso en el aula 1. en *Lenguaje y Educación: Perspectivas Metodológicas para su estudio*. Colombia: Comité Editorial CADE, 2012.

Cantoral, R. Teoría Socioepistemológica de la Matemática Educativa en *Estudios sobre construcción social del conocimiento*. España: Gedisa, 2013.

Cantoral, R., Montiel, G., Reyes-Gasperini, D. El Programa Socio-epistemológico de Investigación en Matemática Educativa: El caso de Latinoamérica. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, **18** [1], p., 5-17, 2015.

WordReference.com. Diccionario de sinónimos y antónimos. Consultada en abril 23, 2017, en <http://www.wordreference.com/sinonimos/espeso>

Galagovsky, L., Bekerman, D., Di Giacomo, M.A., Alf, S. Algunas reflexiones sobre la distancia entre “hablar química” y “comprender química”. *Ciência & Educação (Bauru)*, **20** [4], p. 785-799, 2014.

Galicia, A., Landa, L., Cabrera, A. Reconstitución de prácticas sociales de modelación: lo lineal a partir de análisis químicos-El caso de la curva de calibración. *Revista de Investigación Educativa de la REDIECH*, **8**[15], p. 29-55, 2017.

John, P. Lesson planning and the student teacher: re-thinking the dominant model. *Journal of Curriculum Studies*, **38** [4], p. 483-498, 2006.

Landau, L., Ricchi, G., Torres, N. Disoluciones: ¿Contribuye la experimentación a un aprendizaje significativo? *Educación Química*, **25** [1], p. 21-29.

Montiel, G. *Construcción de conocimiento trigonométrico. Un estudio socio-epistemológico*. D.F., México: Díaz de Santos. 2011.

Rojas, M. *La investigación acción y la práctica docente. Cuaderno de Educación*, **41**, 2016. Universidad Padre Hurtado consultada en abril 20, 2017, en http://mailing.uahurtado.cl/cuaderno_educacion_41/articulo.html.