

# Los modos de representación de modelos en el curso Educación en Química con profesores en formación inicial en Ciencias Naturales

**Henry Giovany Cabrera Castillo**

*Área de Educación en Ciencias y Tecnologías en la Universidad del Valle. Cali. Colombia.  
avance19@gmail.com*

[Recibido en septiembre de 2014, aceptado en abril de 2015]

En este artículo se describe el desarrollo de una propuesta didáctica con profesores en formación inicial en ciencias naturales. Se destaca la puesta en práctica de experiencias mostrativas, el uso de Modos de Representación de Modelos visual, simbólico, verbal, matemático y concreto por parte de los estudiantes y se menciona la necesidad de trabajar con narrativas experimentales como un elemento de evaluación.

**Palabras clave:** modos de representación; modelos; educación en química; formación de profesores.

## A didactic proposal in a course of education in chemistry with teachers training

This article describes the development of a didactic proposal with pre-service teachers of sciences. It highlights the implementation of demonstrative experiences, the use of Modes of Representation Model visual, symbolic, verbal, mathematical and concrete by the students and mentions the need to work with experimental narratives as an element of evaluation.

**Keywords:** modes of representation; model; chemistry education; teachers training.

## Introducción

La enseñanza de las ciencias y en este caso la enseñanza de la química en los últimos años han presentado dificultades que se reflejan en el desinterés de los estudiantes por el aprendizaje, en los limitados programas de apoyo a estudiantes y profesores y en el descontextualizado uso del modelo de enseñanza tradicional. Estas dificultades abarcan todos los niveles de escolaridad, empezando en educación primaria hasta llegar a la universitaria (Martín del Pozo y Rivero, 2001; Galagovsky, 2005; Gutiérrez, 2010; Jong, 2008). Al centrarse en la universidad y en lo que respecta a la formación inicial de profesores en ciencias, Jiménez y Angulo (2008) y Gutiérrez (2010) sustentan que los estudiantes tienen bajas o regulares bases químicas; la relación profesor-estudiante es deficiente, se usan modelos inadecuados de enseñanza y las actividades que se programan en las diferentes asignaturas del componente didáctico no ofrecen la oportunidad de reconocer y valorar la importancia del contexto, ni les permite involucrarse en actividades en las cuales se evidencien situaciones escolares cotidianas (manejo del tiempo y de grupo) que hacen parte de las distintas instituciones educativas donde ejercerán profesionalmente su labor de profesor.

En cuanto a la dinámica de enseñanza que realizan los profesores universitarios de química se puede decir que dan un papel secundario y pasivo a los estudiantes, se reduce la enseñanza al simple hecho de dictar contenidos conceptuales, el aprendizaje se convierte en un sinónimo de memorización y la evaluación queda limitada únicamente a la calificación que se da al finalizar un semestre. Una de las posibles razones de lo que está ocurriendo es que este tipo de profesores tienen una escasa aproximación a los aspectos didácticos, pedagógicos y socio-ambientales propios de la disciplina que dominan (Mosquera y Furió, 2008).

Otras dificultades que también aparecen en el ámbito de la enseñanza de la química a nivel universitario son: la superficialidad en la comprensión de los conceptos involucrados en la manipulación de fórmulas químicas (empíricas, estructurales, moleculares) y de estructuras químicas (de Lewis, regla del octeto) lo cual genera dificultades para emplearlos tanto en el contexto en el cual fueron adquiridos como en otros diferentes a él (Cárdenas, 2006; Fernández-González, 2013), esto significa que no hay reflexión sobre la construcción de los modelos teóricos, los límites de validez y los vínculos con las entidades físicas que representan (Islas y Pesa, 2003; Talanquer, 2010).

A pesar de estas dificultades, los estudiantes que ingresan por primera vez a la universidad llegan con cierto grado de interés y expectativa por adquirir información que sea útil y que a través de la reflexión y análisis la conviertan en conocimiento, es por ello que se debe potenciar esta situación a través de la ejecución de propuestas didácticas que faciliten el acercamiento a la química; en función de esto, se plantea la pregunta *¿Cómo ejecutar una propuesta didáctica en un curso de Educación en Química para futuros profesores de ciencias naturales?* Con esta propuesta se pretende convertir el aula de clases en un espacio en el cual se logre interesar a los estudiantes.

Con la propuesta se buscaban alcanzar objetivos como: 1. Destacar la importancia de la secuenciación, selección y organización del contenido en el curso *Educación en Química* (a partir de ahora *EQ*); 2. Usar experiencias mostrativas (a partir de ahora *EM*) para emprender la relación entre la teoría y la experimentación; 3. Identificar los *Modos de Representación de Modelos* (a partir de ahora *MRM*) más utilizados por los estudiantes; 4. Utilizar la *Narrativa Experimental* (a partir de ahora *NE*) como un elemento evaluativo del proceso llevado a cabo por los estudiantes del curso. Sin embargo, en este documento solo se presentarán los resultados del tercero y cuarto objetivo.

## Propuesta didáctica y sus fases

La propuesta didáctica tuvo como base lo que plantea Hodson (1992) (citado por Gilbert y Justi, 2003) quien manifiesta que en la educación en ciencias los estudiantes deben saber sobre los modelos y reconocerlos como los productos de la ciencia (aprender la ciencia); los estudiantes deben crear y evaluar sus propios modelos (aprender a hacer ciencia) y los estudiantes deben apreciar el rol de los modelos en la acreditación y diseminación de los productos de la investigación científica (aprender acerca de la ciencia).

Sumado a esto, se analizó la *propuesta de enseñanza de ciencias basada en actividades de construcción de modelos* que se ha utilizado con conceptos como cambio químico, equilibrio químico, enlace iónico, disoluciones, (Aragón, Oliva y Navarrete, 2010; Justi y Gilbert, 2006; Gilbert, Justi y Queiroz, 2010; Ferreira, 2006; Justi, 2009; Justi y Gilbert, 2002; Mendonça y Justi, 2010; Maia y Justi, 2009; Justi, 2006) y se decidió tomarla como referencia, aunque fue necesario hacer ajustes debido a que el contexto en el cual se llevaría a cabo la ejecución de esta propuesta es completamente diferente, por ejemplo, está dirigido a estudiantes universitarios, el tiempo y el número de sesiones destinadas para desarrollarla es menor que en los trabajos previamente realizados.

Aunque se hacen ajustes, no se pierde de vista lo que (Justi, Chamizo, García y Figueirêdo, 2011) mencionan como las etapas de la modelización escolar, es decir, la elaboración de un modelo del estudiante a partir de sus ideas previas, la información externa obtenida a partir de evidencias experimentales y por otros medios; el uso de *MRM* mediante dibujos, esquemas, ecuaciones, maquetas; la puesta a prueba (empírica o mental) del modelo y la evaluación del alcance y de las limitaciones del modelo elaborado.

A modo de aclaración en los siguientes apartados se presentan las perspectivas mediante las cuales fueron asumidos las *EM*, los *MRM* y las *NE*.

## Presentación de experiencias mostrativas

Las clases de química universitarias en la actualidad están basándose simplemente en dictar los contenidos y en la mayoría de los casos se parte del nivel simbólico el cual es complejo para los estudiantes ya que requiere de abstracciones; el nivel macroscópico lo dejan exclusivamente para los cursos de laboratorio que deben matricular y el nivel microscópico queda sometido a la libre interpretación que puedan realizar los estudiantes (Andrade, Corso y Severino, 2009).

Según lo anterior, al inicio de las sesiones del curso *EQ* se llevaron a cabo *EM* que en términos de Caamaño (2005) también pueden llamarse *experiencias interpretativas*; con éstas se busca dilucidar los fenómenos observados, además, sirven para explorar las ideas y modelos que tienen los estudiantes. En función de estas *EM* los estudiantes llevan a cabo la observación y en un segundo momento los conducirá a la elaboración de su modelo. Es necesario aclarar que con este tipo de experiencias no se reemplaza las prácticas que se realizan en los laboratorios, sino que se busca dar una pauta para emprender la relación entre la teoría y la práctica, además, se parte del nivel macroscópico, el cual es más próximo a los estudiantes para conducirlos al nivel microscópico y terminar en el nivel simbólico (Andrade, Corso y Severino, 2009; 2011).

Se utilizó este tipo de experiencias porque se ajustaban a las condiciones del salón, además, cabe mencionar que estaban dirigidas por el profesor y se complementaba con el uso de una videocámara para proyectar todo lo que estaba ocurriendo; de esta manera, se facilitaba la observación y toma de apuntes de los estudiantes, por otra parte, los materiales (vasos y platos plásticos, azufre, agua, aceite, sal) que se utilizaban eran fáciles de identificar por los estudiantes porque son de uso frecuente en sus hogares.

Paralelo a la realización de la *EM* por parte del profesor, los estudiantes debían observar detenidamente todo lo que está ocurriendo con el fin de obtener información; por ello se considera que la observación es un elemento fundamental que debe ser potenciado en los estudiantes y sirve para recoger evidencia de lo que se realizó en cada una de las sesiones del curso.

Según Arrieta y Araque (2006, p. 47) en dicho proceso de observación se “incluyen cuatro factores psicológicos (atención, sensación, percepción y reflexión) y cuatro intelectuales (concreción, inducción, abstracción y deducción), los cuales interactúan para obtener el conocimiento concreto e ir de lo particular a lo general o viceversa”. Esto es lo que conformara el modelo inicial que los estudiantes elaboraran en torno a lo que se realizó en la sesión, igualmente, en esta etapa de observación, los estudiantes pueden estar recordando factores, elementos u otras experiencias que han tenido en el transcurso de su escolaridad o cotidianidad, es más, Justi (2006, p. 177) manifiesta explícitamente que “estas experiencias pueden existir en forma de observaciones empíricas o de informaciones previamente existentes (en la estructura cognitiva del propio individuo o en fuentes externas) y del contexto en el cual está inmersa”.

## Modos de Representación de Modelos (*MRM*)

Debido a que los modelos son asumidos como representaciones, estas representaciones pueden expresarse en algún momento y esto se puede lograr a través de cualquiera de los

*MRM* que existen, por ejemplo, el material, donde un objeto físico es usado; el visual, donde un diagrama es manejado; el verbal, donde la descripción oral es empleada; o el simbólico, donde las convenciones matemáticas son utilizadas (Gilbert, Boulter y Rutherford, 1998; Justi, 2006).

Igualmente, uno de los autores anteriores en otros trabajos (Gilbert, 2002, citado por Felipe, Gallarreta y Merino, 2005; Gilbert, Justi y Queiroz, 2010) estableció que los modos de representación en la educación científica están divididos en cinco categorías: concreto (se elabora con materiales resistentes una representación tridimensional permitiendo expresar relaciones espaciales y temporales entre las entidades del modelo); verbal tanto hablado como escrito o simbólico (consiste en una descripción de las entidades y las relaciones entre ellas); matemático (es la elaboración de expresiones bajo la forma de ecuaciones); visual (utilizando diagramas, gráficos y animaciones) y, gestual (mediante el empleo del cuerpo o sus partes se establecen relaciones de posición y movimiento). De estos *MRM* solo fueron objeto de estudio el concreto, el verbal, el matemático y el visual, se excluyó el gestual porque no se realizó ningún tipo de actividad que involucrara actividades corporales.

La socialización puede ser un factor determinante en los procesos de enseñanza aprendizaje de las ciencias naturales, ya que permite dar elementos como la seguridad; facilita la adquisición de conocimiento como producto de la interacción con los otros y, sobre todo, sirve para reconocer la importancia del punto de vista de los demás compañeros. Esta idea estaría relacionada con la teoría de la comunicación en la cual se asegura que “no se produce la socialización ni por un sometimiento a las presiones sociales, ni por una adaptación al grupo que la protege, sino por los intercambios complejos del ser humano con los demás componentes del grupo” (Fermoso, 1985, p.175). Por lo anterior, en este proceso el profesor cumple un papel fundamental, ya que actúa como un intermediario entre el modelo científico, el modelo del estudiante y el modelo de enseñanza. Igualmente, con este proceso de socialización se buscaba responder a lo que Justi, Chamizo, García y Figueirêdo (2011) plantean como la puesta a prueba (empírica o mental) del modelo y la evaluación del alcance y de las limitaciones del modelo elaborado.

### **Evaluación del curso *EQ*: uso de las Narrativas Experimentales**

La evaluación es en la actualidad uno de los elementos de mayor importancia en la educación, ya que todos los sujetos implicados en el proceso (directivos, docentes, padres de familia y estudiantes) están reconociendo las ventajas y desventajas de llevarlo a cabo, así Chamizo y Hernández (2000, p. 182) afirman que la evaluación “proporciona al docente una ayuda en la toma de decisiones para mejorar y orientar la enseñanza y el aprendizaje; permite al estudiante apreciar su propio avance e identificar los puntos débiles de su desarrollo”.

Lo anterior significa que se debe transformar la manera de evaluar y sobre todo diversificar los instrumentos (anecdóticos, diarios de clase, cuestionarios, pruebas orales, pruebas escritas, mapas conceptuales) que se utilizan en las diferentes clases de ciencias y particularmente de química. Por ello, en el curso *EQ* surgió la propuesta de usar uno de los instrumentos que en los últimos años ha adquirido importancia en la educación en ciencias: la *NE*. Esta estrategia facilita recoger los procesos de modelización y permite reflejar la estructura fundamental de los modelos que los estudiantes construyeron a través de la enseñanza que recibieron (Millar y Osborne, 1998; Arellano, Insulsa, Jara y Balocchi, 2009; Osborne, 2011).

La *NE* debe entenderse como una reconstrucción de la experiencia con los fenómenos para dotarlos de significado a través del lenguaje (verbal o escrito) (Ramos y Espinet, 2008), se

presentan a través de textos reducidos o relatos cortos – en ocasiones se basan en materiales de la historia de la ciencia – los cuales son útiles y valiosos para la enseñanza de las ciencias.

## Aspectos procedimentales

Los participantes para llevar a cabo este estudio fueron 24 estudiantes de un programa de formación inicial de profesores en ciencias naturales matriculados en el curso antes mencionado. Se programaron 15 sesiones de 3 horas semanales. El aspecto **procedimental** se ejecutó en tres fases.

En la *primera fase* se realizó la secuenciación, selección y organización del contenido para el curso *EQ* basados en lo que plantean Zuluaga (2010 y 2012) y Correa (2012), y en concordancia con lo que sugieren tanto Reyes y Garritz (2006) como Caamaño (2007) sobre el contenido necesario para la enseñanza de la química, es decir, se determinó asumir durante las 15 sesiones el contenido que aparece en la Tabla I, igualmente, se detalla la sesión en la cual se abordó y la fecha en la que se desarrolló.

Cabe anotar que para el contenido Ley de Conservación de la Materia (Combustión) – Ley de las Proporciones Múltiples y Ley de las Proporciones Definidas y Átomo y Modelos Atómicos fue necesario utilizar dos sesiones para cada una de ellas, debido a la cantidad de información que se debía orientar.

**Tabla I.** Sesión, fecha y contenido del curso Educación en Química.

SESION	FECHA	CONTENIDO
1.	1 marzo de 2012	Socialización y análisis del programa. Expectativas de los estudiantes sobre el curso.
2.	8 marzo de 2012	Historia de la química
3.	15 marzo de 2012	Sustancia, elemento y compuesto
4.	22 marzo de 2012	Mezclas, separación de mezclas.
5.	29 marzo de 2012	Materia y sus estados.
6.	12 abril de 2012	Gases, comportamiento, propiedades, leyes.
7.	19 abril de 2012	Ley de conservación de la materia (combustión). Ley de las proporciones múltiples y ley
8.	26 abril de 2012	de las proporciones definidas
9.	3 mayo de 2012	Mol
10.	10 mayo de 2012	Átomos y modelos atómicos
11.	17 mayo de 2012	
12.	24 mayo de 2012	Tabla periódica
13.	31 mayo de 2012	Enlace químico
14.	7 junio de 2012	Reacciones químicas
15.	14 junio de 2012	<b>NARRATIVA EXPERIMENTAL</b>

En la *segunda fase* se desarrolló la propuesta didáctica en el curso Educación en Química y en cada una de sus sesiones se recogía información a través de un formato (ver [Anexo 1](#)) que facilitaba el registro de lo realizado, además, este fue elaborado tomando como referente la propuesta didáctica, es decir, que los estudiantes escribían abiertamente las observaciones sobre la *EM*; utilizaban un modo de representación del modelo (concreta, visual, verbal, simbólico, matemático) y daban elementos para socializar el modelo. Esta información se procesó y se convirtió en los datos que serían descritos con el propósito de identificar los *MRM* más utilizados por los estudiantes.

En la *tercera fase* se procedió a evaluar el curso *EQ* a través de la caracterización de las *NE* que fueron entregadas por los estudiantes al finalizar el semestre, en cada una de ellas se les solicitaba que seleccionaran una de las *EM* realizadas durante el semestre y que la redactaran y reconstruyeran libremente para obtener la mayor información posible. Estas fueron caracterizadas a partir de sus elementos estructurales *introducción, desarrollo y conclusión* (Ramos y

Espinet, 2008). El propósito era identificar y caracterizar los estilos mediante los cuales los estudiantes se aproximan al conocimiento químico.

## Resultados

Las dos primeras sesiones no estuvieron enmarcadas dentro de las fases de la propuesta didáctica porque fueron la introducción del curso. Como se pudo ver en la Tabla I, en la primera sesión, el profesor asignado presentó el programa junto con su descripción, objetivos, contenido temático, metodología, evaluación, cronograma de actividades y referencias bibliográficas.

En esta misma sesión, el profesor planteó a los estudiantes que se iba a realizar un estudio con la información suministrada por ellos, por eso, para evitar cualquier tipo de inconveniente los estudiantes firmaron una carta donde autorizaban el análisis de lo que proveían en cada una de las sesiones, igualmente, fue pertinente aclarar que lo que se recogía solo sería utilizado con fines académicos y que serviría para un estudio.

También se explicó el proceso de enseñanza que se utilizaría en cada una de las sesiones, los diferentes *MRM* (concreto – verbal – matemático – visual) y los niveles de la química (macroscópico – microscópico – simbólico).

Finalmente, se les indicó a los estudiantes que cada una de las sesiones se iniciaría con la presentación de una *EM* sobre el contenido programado, se realizarían observaciones sobre el contenido para la elaboración del modelo en torno a lo previamente realizado, se utilizaría cualquiera de los *MRM* y se terminaría con la socialización de los *MRM* elaborados por los estudiantes.

En la segunda sesión se abordó la historia de la química y sobre todo se destacó su importancia en la enseñanza al indicar que sirve como un referente para conocer los cambios que han ocurrido y los hechos que han marcado el desarrollo de la química, los cuales analizados con una mirada educativa permiten establecer elementos útiles para la enseñanza, además, brinda una alternativa a la “*imagen de la química como una actividad dogmática y triunfalista*” (Cuéllar, Quintanilla y Camacho, 2008, p. 111) y sobre todo que les permita ver el desarrollo de la química no como un proceso continuo sino discontinuo.

De acuerdo a lo planeado, se esperaba abordar entre la sesión 3 y la 15 los contenidos seleccionados en la Fase 1, sin embargo, por situaciones propias de la universidad (paros, bloqueos y asambleas) sólo se desarrolló desde la sesión 3 hasta la 12, esto conllevó a que los contenidos como Enlace Químico y Reacciones Químicas no fueran tratados en el semestre.

### Los *MRM* más utilizados por los estudiantes

Como se ha dicho hasta el momento, la manera de identificar los *MRM* de los estudiantes fue realizar al inicio de cada una de las sesiones *EM*, las cuales fueron tomadas en su mayoría de Peñuelas *et al.* (2002) y Gómez (2001). Como se puede ver en la Tabla II, cada una de ellas se caracterizaba por un título no convencional, acompañado del contenido que se trataría y los materiales que se necesitaban.

Paralelo a las *EM* se les solicitó a los estudiantes que observaran detenidamente lo que se proyectaba a través del videobeam y, después, se les entregaba el producto obtenido para que tomaran apuntes sobre las características, si fuese necesario.

Por otra parte, después de analizar la información recogida en función de la identificación de los *MRM* más utilizados por los estudiantes, y de acuerdo a la metodología planteada, en la Tabla III se presentan los resultados. Como se puede observar en dicha Tabla, de las 10

sesiones en la cuales se desarrolló la propuesta didáctica, los cinco *MRM* fueron utilizados por los estudiantes, sin embargo el de mayor tendencia fue el Visual, seguido por el Simbólico, el Verbal, el Matemático y por último el Concreto; miremos lo obtenido en cada uno de ellos:

**Tabla II.** Experiencias mostrativas abordadas en el curso *EQ*.

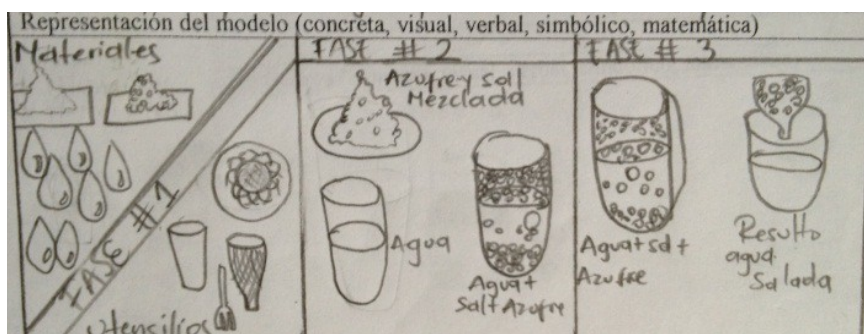
EXPERIENCIA MOSTRATIVA	CONTENIDO	MATERIALES
1 (Juntos pero no revueltos 1)	Sustancia, elemento y compuesto	2 g de azufre (S) en polvo 2 g de sal (NaCl) 30 ml de agua
2 (Juntos pero no revueltos 2)	Mezclas, separación de mezclas.	2 g de azufre (S) en polvo 2 g de sal (NaCl) 30 ml de agua 2 vasos 1 plato pequeño 1 embudo 1 papel filtro
3 (Exprimamos Jeringas)	Materia y sus estados.	3 jeringas Agua Azufre
4 (Algunos me liberan)	Gases, comportamiento, propiedades, leyes.	Un vaso Una cuchara Bicarbonato de sodio Vinagre
5 (Calcúlenme, Imagínenme y Véanme)	Ley de conservación de la materia (combustión). Ley de las proporciones múltiples y ley de las proporciones definidas	2 globo 1 liga de hule 1 vaso plástico 2 botellas plásticas 1 balanza 3 g de bicarbonato de sodio 5 mL de vinagre.
6 (El Conteo Progresivo)	Mol	Frijol Maíz trillado Arroz Platos
7 (Hablan de mi pero no me ven)	Átomos y modelos atómicos	6 palillos de dientes Hoja Lápiz Colores Plastilina
8 (Diferénciame y conóceme)	Tabla periódica	Cartulina Marcadores

**Tabla III.** *MRM* de los estudiantes elaborados en las sesiones.

SESION 3		SESION 4		SESION 5		SESION 6		SESION 7 y 8		SESION 9				SESION 10 y 11		SESION 12			
MRM	Nº Est.	MRM	Nº Est.	MRM	Nº Est.	MRM	Nº Est.	MRM	Nº Est.	GRUPO 1		GRUPO 2		MRM	Nº Est.	RADIO COVALENTE		ENERGÍA DE IONIZACIÓN	
Concreta	-	Concreta	-	Concreta	-	Concreta	-	Concreta	-	MRM	Nº Est.	MRM	Nº Est.	Concreta	16	MRM	Nº Est.	MRM	Nº Est.
										Concreta	-	Concreta	-			Concreta	-	Concreta	-
										Visual	8	Visual	-			Visual	1	Visual	6
Visual	3	Visual	16	Visual	20	Visual	18	Visual	20	Verbal	-	Verbal	-	Visual	-	Verbal	-	Verbal	-
										Simbólico	-	Simbólico	2			Simbólico	-	Simbólico	-
Verbal	3	Verbal	-	Verbal	2	Verbal	1	Verbal	-	Matemático	-	Matemático	-	Verbal	-	Matemático	-	Matemático	-
										No presenta	-	No presenta	-			No presenta	-	No presenta	-
Simbólico	16	Simbólico	6	Simbólico	1	Simbólico	1	Simbólico	2	GRUPO 3		GRUPO 4		Simbólico	-	RADIO IÓNICO		AFINIDAD ELECTRÓNICA	
										MRM	Nº Est.	MRM	Nº Est.			MRM	Nº Est.	MRM	Nº Est.
										Concreta	-	Concreta	-			Concreta	-	Concreta	-
										Visual	-	Visual	6			Visual	5	Visual	10
Matemático	1	Matemático	-	Matemático	-	Matemático	-	Matemático	-	Verbal	-	Verbal	-	Matemático	-	Verbal	-	Verbal	-
										Simbólico	-	Simbólico	2			Simbólico	-	Simbólico	-
No presenta	1	No presenta	-	No presenta	-	No presenta	-	No presenta	-	Matemático	2	Matemático	-	No presenta	-	Matemático	-	Matemático	-
										No presenta	-	No presenta	-			No presenta	-	No presenta	-

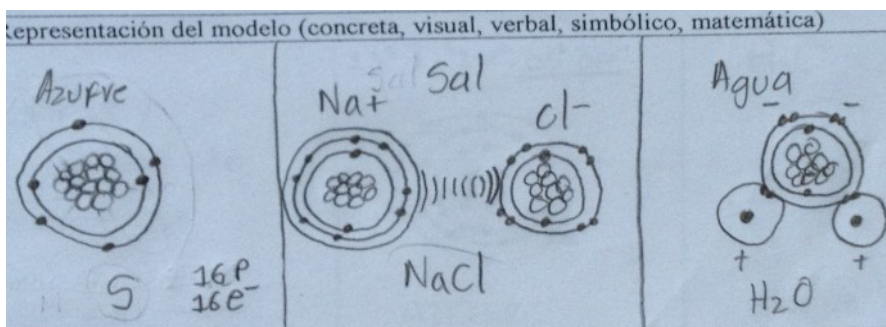


El *MRM Visual* fue utilizado por los estudiantes en las Sesiones 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 12 y con ellas lo que buscaban era dibujar lo que percibían a través de la vista y sólo se limitaban a reproducir aspectos básicos y simplificados, además, de las partes sin hacer ningún tipo de énfasis (Gilbert, 2010); por ejemplo, en la Figura 1 se puede identificar que el estudiante dibuja los materiales y utensilios utilizados y se limita a presentar las fases que se realizaron en la *EM*.



**Figura 1.** Ejemplo de *MRM* visual elaborado por los estudiantes.

El *MRM Simbólico* fue empleado en las Sesiones 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9 en este caso los estudiantes colocan los símbolos del sodio ( $Na$ ), el azufre ( $S$ ), la sal ( $NaCl$ ) y el agua ( $H_2O$ ) como se puede ver en la Figura 2. Por lo general ellos usan aquellos que recuerdan porque fueron vistos en su proceso de formación en la educación básica y media, donde se hacen esfuerzos por enseñar nomenclatura, formulas químicas y sobre todo ecuaciones químicas en donde se necesitan convenciones para representar lo que experimentalmente están observando o lo que escuchan en sus clases, por ejemplo, se espera que cuando el profesor mencione hidróxido de sodio, el estudiante inmediatamente escriba  $NaOH$ , sin embargo, el paso del *MRM Verbal* al *MRM Simbólico* puede estar atravesado por problemas de diversa índole, entre ellos, el desconocimiento de los símbolos químicos, las funciones químicas y la inclusión de datos termodinámicos, frente a esto Gilbert (2010) sostiene que sería un gran salto intelectual si el estudiante logra pasar de un modo de representación a otro.



**Figura 2.** Ejemplo de *MRM* Simbólico elaborado por los estudiantes

El *MRM Verbal* se hace presente en las Sesiones 3, 4, 5 y 6 y en ellas los estudiantes se limitan exclusivamente a narrar y describir lo que sucedía en la *EM* sin hacer ningún tipo de reflexión y en algunos casos hacían descripciones de las entidades que componían la experiencia y las relaciones entre ellas (Gilbert, Justi y Queiroz, 2010); este es el caso de la Figura 3 donde solamente se describen características físicas y se narran el procedimiento realizado en la experiencia.





Representación del modelo (concreta, visual, verbal, simbólico, matemática)		
 líquido amarillo con olor fuerte  Polvo y con diminutos cristales blancos	Cuando se adiciona el líquido X al polvo y, se puede apreciar que al tener contacto estas sustancias, empiezan a salir unas burbujas, y los granos del polvo quedan mas grandes	En la tercera Fase cuando se adiciona El polvo y al líquido X, se puede apreciar las mismas burbujas vista en la Fase 2, pero en mayor proporción y con mayor duración.

Figura 3. Ejemplo de MRM Verbal elaborado por los estudiantes.

El MRM Matemático estuvo presente en las Sesiones 3 y 9, en comparación con los otros MRM fue uno de los que menos se evidenció en los estudiantes coincidiendo con lo que se ha encontrado en otras investigaciones cuando afirman que en la química se necesitan niveles de abstracción, se deben dominar ecuaciones algebraicas, se deben hacer cálculos y se debe manejar un lenguaje altamente simbólico pero que los estudiantes no se apropian adecuadamente en sus primeros años de escolaridad (Gómez Crespo, 1996; Casado y Raviolo, 2005), además, en el caso de la enseñanza de la química, este modo de representación se evidencia cuando se trabaja con el equilibrio químico donde también se presentan problemas como las confusiones debidas a la estequiometría, errores en el estudio de equilibrios heterogéneos (dificultades masa-concentración), dificultades con la constante de equilibrio (Figura 4) (Furió y Ortiz, 1983; Quílez y Sanjosé López, 1995; Rocha, García-Rodeja y Domínguez, 2000).

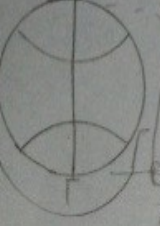
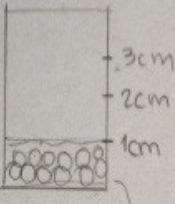
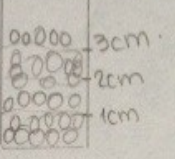
Representación del modelo (concreta, visual, verbal, simbólico, matemática)		
 $Y = 17 \times R^2 \times h$ $V = 31415 \times (3\text{cm})^2 \times 1\text{cm} = 28.27\text{cm}^3$	 19 Frijoles	 65 Frijoles $1\text{mol} = 19\text{ Frijoles}$ $65\text{ Frijoles} = x\text{ mol} = \frac{65}{19} = 3.42\text{ mol}$

Figura 4. Ejemplo de MRM Matemático elaborado por los estudiantes.

El MRM Concreto fue utilizado sólo cuando se abordó el contenido de Átomo y Modelo Atómico en las Sesiones 10 y 11, como se puede ver en la Figura 5 el estudiante elabora la fórmulas estructurales a partir de fórmulas moleculares y aunque algunas estructuras elaboradas no concordaban con las aceptadas químicamente, se destaca el esfuerzo que realizan para distribuir los átomos y los enlaces; además, esto se puede relacionar con lo que Gilbert (2010) plantea como el uso de “ball-and-stick” (bola y palo) como una de las formas que sirven para representar los átomos e iones (balls) y los enlaces mediante madera delgada (sticks), aunque en el caso de los estudiantes en lugar de recurrir a bolas (balls) usaron plastilina.

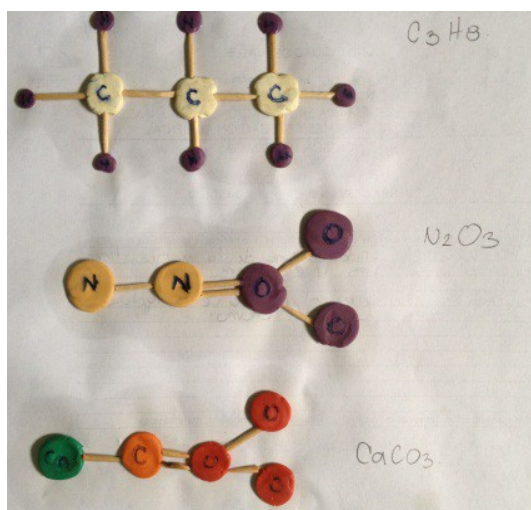


Figura 5. Ejemplo de MRM Concreto elaborado por los estudiantes.

### Evaluación del curso *EQ*: ejemplos de las Narrativas Experimentales elaboradas por los estudiantes

Los estudiantes al finalizar el curso *EQ* entregaron las *NE*, y con ellas se pretendía identificar y caracterizar los estilos mediante los cuales los estudiantes se aproximan al conocimiento químico. La presentación de estos resultados es de acuerdo a la forma como lo realizaron Ramos y Espinet (2008).

#### *Estilos de introducción*

La introducción es un elemento fundamental para los documentos escritos ya que ésta cumple la función de presentar un tema, contenido, concepto o experimento, bosquejar un plan e interesar al lector. Se logró identificar y caracterizar que:

Algunos describían los propósitos que alcanzarían al finalizar el curso (41 %):

“Como estudiante de primer semestre de licenciatura en Educación Básica con Énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental, se me inscribió al curso de Educación en Química los días jueves de 3:00 pm a 6:00pm. El propósito que pretende el curso es “ofrecer unas bases sólidas en los conceptos básicos que sustentan la química, partiendo del conocimiento que los estudiantes traen al aula de clase. Igualmente, busca que el estudiante relacione los diferentes conceptos de la química y adquieran destrezas para la resolución de problemas”.

En algunos casos manifestaban su emotividad en relación a lo que depararía su futuro profesional (27%):

“En diferentes instituciones educativas la enseñanza de la química es muy compleja, ya que en muchas de esas instituciones no se cuenta con los ambientes adecuados para una enseñanza más adecuada, pero en el transcurso del curso de Educación en Química se demostró que se puede dictar clases con los materiales que tengamos a disposición y que como resultado serán muy afectivas para el aprendizaje de los estudiantes. Por tanto hay que resaltar que este curso las experiencias fueron muy didácticas, participativas y además creativas, y esto fue de gran ayuda para la comprensión de los diferentes temas que se trataron en las diferentes clases. Estas experiencias al igual que las clases me brindaron herramientas para mi formación profesional”.

Otros en su introducción destacaban la importancia que tenía para ellos lo que habían vivido en el curso (10%):

“La alternativa consiste en aprender las ciencias mediante intervenciones experimentales escogidas con mucho cuidado, sobre las que se pueda pensar, que generen preguntas con sentido y respuestas argumentadas y que requieran razonar para establecer conceptos que configure una manera “moderadamente racional” de contemplar el mundo”.

Otros realizaron resúmenes basados en los aportes de las sesiones del curso (9%):

“El siguiente trabajo tiene como fundamento reconocer y comprender, el estudio de la química, dar a conocer lo resultado de cada experiencia o momentos vividos dentro del aula de clase, donde se derivaron diversos conceptos para comprender los temas planteados por el docente, en la asignatura educación en química (ED) que se realizó en el transcurso del semestre”.

Finalmente algunos estudiantes reflexionaron sobre el significado de la educación en química para los colegios (5%):

“En el proceso enseñanza-aprendizaje que se emplea en las escuelas y colegios referente en la educación se química, se presenta algunos inconvenientes respecto a que esta ciencia tienen unas bases experimentales que contribuyen a que él estudiante comprenda los cambios ocurridos en ellos. Sin embargo, en algunos de los colegios públicos no se cuenta con la implementación y espacio necesario para la impartición de esta práctica que requiere de materiales especiales y que traería un mayor gasto a la institución educativa. Por lo tanto, la implementación de esta misma estrategia pero a nivel más básico contribuye a la formación de estudiantes con los conceptos claros. Es por eso que en este escrito tomaremos en cuenta algunas de las experiencias que se desarrollaron en la asignatura Educación en Química, con el objetivo de contextualizar al estudiante e introducirlo en el campo de la experiencia”.

#### *Estilos de desarrollo*

En términos de contenido, este elemento es el más amplio y debía ser el que mayor información ofrecería para ser analizada, sin embargo, en este caso todos los estudiantes se limitaron a la descripción procedimental de lo que se había realizado en la EM que seleccionaron (100%):

“En esta clase el profesor procedió a mostrarnos la conservación de la materia. Donde pesamos dos envases de plástico, los enumeramos con 1 y 2, y le adicionamos vinagre a cada uno de ellos. Luego cogimos 2 bombas de látex que también las enumeramos, la primera la dejamos entera, pero la segunda procedimos a realizarle agujeros, en cada bomba agregamos 1 gramo de bicarbonato de sodio y procedimos a adjuntar cada bomba en su respectivo envase. Luego observamos que se produjo un gas entre el bicarbonato y el vinagre la bomba número 1 se infló un poco hasta quedar totalmente vertical, pero la bomba número 2 que contenía agujeros se inclinó por unos segundos y volvió a caer”.

En ningún momento los estudiantes hicieron procesos de reflexión ni destacaban conflictos o dificultades que hubiesen vivido en el proceso; con esto se identifica que los estudiantes no están siendo preparados para realizar actividades que les exija escribir sobre las experiencias vividas, por ello sería fundamental intensificar los procesos de escritura en los diferentes cursos que hacen parte de su formación como docentes de ciencias.

#### *Estilos de conclusión*

Los estudiantes básicamente estuvieron enmarcados dentro de tres estilos: emotivos, críticos y los que resumieron.

Aquellos que fueron emotivos y manifestaron la importancia del curso en su proceso de formación como docentes (45%):

“El curso de educación en química me pareció muy importante e interesante para nuestra formación, y nuestra futura práctica como docentes porque en estas clases no solo se enseñaron los conceptos sino que se realizaron prácticas, experimentaciones que iban apoyadas por una teoría. Además de una buena didáctica para su óptimo aprendizaje. Mejore la parte educativa, personal y actitudinal. Esta clase me gustó su metodología en la cual me sentía ansiosa por saber el experimento siguiente y la participación”.

Los que fueron críticos y declararon que el estudio de la química es compleja (32%):

“Finalmente puedo decir que la química es un estudio muy complejo, pues el universo y la vida tienen muchas cosas por descubrir, por lo cual resulta supremamente difícil conocerlos en su totalidad, sin embargo, gracias a muchos áreas como esta podemos poco a poco ir desglosando ese mundo fantástico que nos rodea”.

Los que resumieron las ideas o el contenido que se había dado en el curso (23%):

“Como conclusión nos damos cuenta de que la química es importante en cualquier lado y que giramos entorno a ella, con estas experiencias adquirimos mucho más conocimiento sobre: (SUSTANCIA, ELEMENTO Y COMPUESTO) (MEZCLA Y SEPARACIÓN DE MEZCLAS) (ESTADO DE LA MATERIA) (GASES COMPORTAMIENTO PROPIEDADES-LEYES) (LA MOL) (ÁTOMOS Y MODELOS ATÓMICOS) lo cual son muy importantes tenerlos en cuenta, por que esto es la base de la química que es fundamental tanto como a nivel natural como en lo cotidiano”.

## Consideraciones finales

En la actualidad la enseñanza de las ciencias y en particular la enseñanza de la química están atravesando por diversos cambios donde se busca una mayor interacción entre los profesores, estudiantes y el conocimiento, en función de lo anterior, han surgido diversas propuestas didácticas con el propósito de facilitar el proceso de enseñanza – aprendizaje – evaluación.

Este trabajo dio algunos elementos que pueden ser utilizados sobre todo en las clases de química universitarias que están dirigidas a la formación de futuros profesores. Dentro de los elementos que se pueden destacar encontramos los siguientes:

En el caso de las *EM* se destaca su uso en procesos en donde no se cuente con el espacio apropiado para desarrollarlas, además, los materiales que se utilizaron fueron de fácil adquisición y pueden ser replicadas tanto en la educación básica y media como en la educación superior. Cabe destacar que con ellas se buscaba establecer relaciones entre la teoría y la práctica y sobre todo cambiar la rutina que se tiene en las clases de química donde abundan las clases magistrales y la práctica queda limitada al laboratorio, mostrando con esto una fragmentación que a largo plazo será continuada por los profesores en formación cuando sean profesionales.

Del mismo modo se debe continuar con un proceso de enseñanza – aprendizaje – evaluación que les permita a los estudiantes avanzar en el uso de los diferentes *MRM*, ya que como se identificó aquí, estos estudiantes manejan mayoritariamente el *MRM* Visual y los otros *MRM* son utilizados en menor proporción, de continuar de esta manera se verá afectado las apreciaciones de las explicaciones que el profesor (o texto) le proporcionan al estudiante (Concari, 2001)

En cuanto a las *NE* se pueden convertir en un elemento de aprendizaje significativo para los estudiantes y para los profesores, puede convertirse en una herramienta de evaluación para los diferentes cursos ya que a través de ellas se puede obtener información sobre el lenguaje, la apropiación del conocimiento, la relación con el conocimiento, la relación con las prácticas experimentales y la relación de los estudiantes con su profesión.

Finalmente, el esfuerzo que se hizo con este trabajo es solamente el principio ya que se puede convertir en una propuesta de investigación de mayor envergadura, en donde no solamente se incluyan los estudiantes que hacen parte de los cursos de formación profesor sino también que se tengan en cuenta la planificación y puesta en práctica de los modelos que utilizan los profesores que están orientando los cursos de química universitarios.

## Referencias bibliográficas

- Andrade, J., Corso, H.L. y Severino, M.E. (2009). Química atractiva en un ingreso a la universidad. *Revista Eureka Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6(3), 423–439. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/920/92013010008.pdf>
- Andrade, J., Corso, H.L. y Severino, M.E. (2011). Experiencia docente para facilitar la comprensión de la química en las carreras que se dictan en el CRUB. En: S. Martínez

- (comp.) *Democratización de la universidad: investigaciones y experiencias sobre el acceso y la permanencia de los/las estudiantes*. (pp. 495-508) Educo: Buenos Aires.
- Aragón, M., Oliva, J.M. y Navarrete, A. (2010). Analogías y modelización en la enseñanza del cambio químico. *Investigación en la Escuela*, 71, 93-114.
- Arellano, M., Insulsa, G., Jara, R., y Balocchi, E. (2009). Las narrativas experimentales en la enseñanza de la química. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, 1826–1832.
- Arrieta, G. y Araque, C.A. (2006). La observación: base metodológica de la investigación. *Inia divulga*, 47–55.
- Caamaño, A. (2005). Trabajos prácticos investigativos en química en relación con el modelo atómico-molecular de la materia, planificados mediante un diálogo estructurado entre profesor y estudiantes. *Educación Química*, 16(1), 10–19.
- Caamaño, A. (2007). Modelizar y contextualizar el currículum de química: un proceso en constante desarrollo. En: M. Izquierdo; A. Caamaño; M. Quintanilla (eds.). *Investigar en la enseñanza de la química. Nuevos horizontes: contextualizar y modelizar*. (pp. 19 – 40) Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona.
- Cárdenas, F. (2006). Dificultades de aprendizaje en química: caracterización y búsqueda de alternativas para superarlas. *Ciência & Educação*, 12(3), 333–346.
- Casado, G. y Raviolo, A. (2005). Las dificultades de los alumnos al relacionar distintos niveles de representación de una reacción química. *Universitas Scientiarum*, 10, 35-43. Recuperado de <http://revistas.javeriana.edu.co/index.php/scientarium/article/view/5015/3865>
- Concari, S.B. (2001). Las teorías y modelos en la explicación científica: implicancias para la enseñanza de las ciencias. *Ciência & Educação*, 7(1), 85–94. Recuperado de <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v7n1/06.pdf>
- Correa, K. (2012). *La secuenciación de contenidos de ciencias naturales: compilación bibliográfica (1990 - 2011)*. Universidad del Valle, Cali, Colombia.
- Chamizo, J.A. y Hernández, G. (2000). Construcción de preguntas, la Ve epistemológica y examen ecléctico personalizado. *Educación Química*, 11(1), 182–187. Recuperado de [http://educacion.tamaulipas.gob.mx/formacion/cursos\\_2011/No10/AC/S4F1.pdf](http://educacion.tamaulipas.gob.mx/formacion/cursos_2011/No10/AC/S4F1.pdf)
- Felipe, A., Gallarreta, S. y Merino, G. (2005). La modelización en la enseñanza de la biología del desarrollo. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4(3), 1-32. Recuperado de [http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen4/ART5\\_Vol4\\_N3.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen4/ART5_Vol4_N3.pdf)
- Fermoso, P. (1985). *Teoría de la educación. Una interpretación antropológica*. Barcelona: Ediciones CEAC, S.A.
- Fernández-González, M. (2013). La formulación química en la formación inicial del profesorado: concepciones y propuestas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10 Número extraordinario, 678–693.
- Ferreira, P.F. (2006). *Modelagem e suas contribuições para o ensino de ciências: uma análise no estudo de equilíbrio químico*. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil.
- Furió, C.J. y Ortiz, E. (1983). Persistencia de errores conceptuales en el estudio del equilibrio químico. *Enseñanza de las Ciencias*, 2(1), 15–20.



- Galagovsky, L.R. (2005). La enseñanza de la química pre-universitaria: ¿qué enseñar, cómo, cuánto, para quiénes? *Revista Química Viva*, 4(1), 8-22. Recuperado de [www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar/v4n1/galagovsky.pdf](http://www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar/v4n1/galagovsky.pdf)
- Gilbert, J.K., Boulter, C. y Rutherford, M. (1998). Models in explanations, part 1: horses for courses? *International Journal of Science Education*, 20(1), 83-97.
- Gilbert, J.K. y Justi, R. (2003). Teachers' views on the nature of models. *International Journal of Science Education*, 25(11), 1369-1386.
- Gilbert, J.K., Justi, R. y Queiroz, A.S. (2010). The use of a model of modelling to develop visualization during the learning of ionic bonding. En: M.F. Taşar y G. Çakmakçı (Eds.), *Contemporary science education research: international perspectives* (pp. 43-51). Ankara, Turkey: Pegem Akademi.
- Gilbert, J.K. (2010). The role of visual representations in the learning and teaching of science: an introduction. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 11(1), 1-19. Recuperado de [http://www.ied.edu.hk/apfslt/v11\\_issue1/foreword/index.htm](http://www.ied.edu.hk/apfslt/v11_issue1/foreword/index.htm)
- Gómez Crespo, M.A. (1996). Ideas y dificultades en el aprendizaje de la química. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 7, 37-44.
- Gómez, M.A. (2001). Reacciones con desprendimiento de gases. *Revista de divulgación del I.E.S. Victoria Kent*. Recuperado de <http://www.educa.madrid.org/web/ies.victoriakent.torrejondeardoz/Departamentos/DFyQ/Materiales/ESO-2/ESO-2.htm>
- Gutiérrez, C. (2010). *Estudio comparativo sobre estilos de enseñanza de química general en la universidad del valle y su incidencia en el rendimiento académico de los estudiantes de la licenciatura en educación básica con énfasis en ciencias naturales y educación ambiental*. Universidad del Valle, Cali, Colombia.
- Islas, S. y Pesa, A. (2003). ¿Qué rol asignan los profesores de física del nivel medio a los modelos científicos y a las actividades de modelado? *Revista Enseñanza de las Ciencias*, número extra, 57-66.
- Jiménes, M.M. y Angulo, F. (2008). Breve estado del arte sobre los/as profesores/as principiantes. *Revista Educación y Pedagogía*, XX(50), 207-218. Recuperado de <http://revinut.udea.edu.co/index.php/revistaecyp/article/viewArticle/9935>.
- Jong, O. (2008). Context-based chemical education: How to improve it? *Chemical Education International*, 1-7. Recuperado de <http://old.iupac.org/publications/cei/vol8/0801xDeJong.pdf>
- Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 24(2), 173-184.
- Justi, R. (2009). Learning how to model in science classroom: key teacher's role in supporting the development of students' modelling skills. *Educación Química*, 20(1), 32-40.
- Justi, R. y Gilbert, J.K. (2002). Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, 24(4), 369-387.
- Justi, R. y Gilbert, J.K. (2006). The role of analog models in the understanding of the nature of models in chemistry. En: P.J. Aubusson, A.G. Harrison y S.M. Ritchie (eds.) *Metaphor and analogy in science education* (pp. 119-130). Dordrecht: Springer.



- Justi, R., Chamizo, J.A., García, A. y Figueirêdo, K. (2011). Experiencias de formación de profesores de ciencias latinoamericanos sobre modelos y modelaje. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 29(3), 413–426.
- Maia, P.F. y Justi, R. (2009). Learning of chemical equilibrium through modelling-based teaching. *International Journal of Science Education*, 31(5), 603–630.
- Martín Del Pozo, R. y Rivero, A. (2001). Construyendo un conocimiento profesionalizado para enseñar ciencias en la educación secundaria. Los ámbitos de investigación profesional en la formación inicial del profesorado. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 40, 63-79.
- Mendonça, P.C. y Justi, R. (2010). Contributions of the model of modelling diagram to the learning of ionic bonding: analysis of a case study. *Research in Science Education*, 41(4), 479–503.
- Millar, R. y Osborne, J. (1998). *Beyond 2000: Science education for the future*. London: King's College London, School of Education. Recuperado de <http://www.nuffieldfoundation.org/sites/default/files/Beyond%202000.pdf>
- Mosquera, C.J. y Furió, C. (2008). El cambio didáctico en profesores universitarios de química a través de un programa de actividades basado en la enseñanza por investigación orientada. *Revista Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 22, 115–154.
- Osborne, J. (2011). Science Education for the Twenty First Century. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 3(3), 173–184. Recuperado de [http://www.ejmste.com/v3n3/EJMSTE\\_v3n3\\_Osborne.pdf](http://www.ejmste.com/v3n3/EJMSTE_v3n3_Osborne.pdf)
- Peñuelas, A., Iribe, M., Aispuro, K., Osuna, M. y Arias, L. (2002). *Cuaderno de experimentos de química para el salón de clases. Nivel bachillerato*. Sinaloa: Centro de Ciencias de Sinaloa.
- Quílez Pardo, J. y Sanjosé López, V. (1995). Errores conceptuales en el estudio del equilibrio químico: nuevas aportaciones relacionadas con la incorrecta aplicación de Le Chatelier. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 13(1), 72–80.
- Ramos, L. y Espinet, M. (2008). Utilizar las narrativas en el trabajo experimental. En: C. Merino, A. Gómez, y A. Adúriz-Bravo, (eds) *Áreas y estrategias de investigación en la didáctica de las ciencias experimentales* (pp.197 – 210). Bellaterra: UAB.
- Reyes, F. y Garritz, A. (2006). Conocimiento pedagógico del concepto de “reacción química” en profesores universitarios mexicanos. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 11(31), 1175–1205.
- Rocha, A.L., García-Rodeja, E. y Domínguez, J.M. (2000). Dificultades en el aprendizaje del equilibrio químico. *Adaxe*, 16, 163–178.
- Talanquer, V. (2010). Química agazapada. In J. A. Chamizo (Ed.), *Historia y filosofía de la química. Aportes para la enseñanza* (pp. 142–156). México, D. F.: Siglo XXI.
- Zuluaga, C. (2010). *Historia y epistemología de la química en la selección y secuenciación de contenidos: la construcción del concepto de átomo*. Universidad del Valle, Cali, Colombia.
- Zuluaga, C. (2012). Historia y epistemología de la química en la selección y secuenciación de contenidos: la construcción del concepto de átomo. *Revista EDUCYT*, 5, 95–116.

**Anexo 1.** Formato para recoger la información de los estudiantes

Observaciones sobre la experiencia mostrativa
---


Representación del modelo (concreta, visual, verbal, simbólico, matemática)
---


Elementos para socializar el modelo
-------------------------------------
