



## Características de las explicaciones docentes en clases universitarias de química

### *The characteristics of teachers explanations in university classes of chemistry*

Germán Hugo Sánchez,<sup>1</sup> Teresa Quintero<sup>2</sup> y María Gabriela Lorenzo<sup>3</sup>

Recepción: 18-09-2020

Aceptación: 28-01-2021

#### Resumen

Las clases universitarias se caracterizan por ser de tipo magistral, sin embargo, quedan por describir los atributos que son propios de las explicaciones de tópicos específicos de química con la complejidad inherente a la enseñanza en este nivel. Consecuentemente, analizar los recursos en el discurso del profesorado resulta un tema clave para revisar la enseñanza universitaria de la química. Se presenta una investigación descriptiva con enfoque cualitativo de las explicaciones en clase de dos profesores de química empleando elementos del análisis del discurso, considerando los recursos utilizados, el lenguaje científico y los niveles representacionales de la química. Ambos profesores recurrieron a un material escrito y variados recursos discursivos entre los que se destacaron las experiencias imaginadas, con una alta densidad de lenguaje técnico, fuertemente anclado en el nivel macroscópico en permanente interacción con el nivel simbólico. Se propone una profundización del nivel macroscópico. Finalmente, se reflexiona sobre la importancia de la formación didáctica del profesorado universitario.

#### Palabras clave

Enseñanza universitaria, lenguaje químico, análisis del discurso, macroquímica, experiencias imaginadas.

#### Abstract

The university classes usually have the characteristic of being master classes, nevertheless, the attributes that are proper to the explanations of specific chemistry topics remain to be described with the complexity inherent to teaching at this level. Consequently, analyzing the resources in the teachers' discourse is a key issue to review the university teaching of chemistry. A descriptive research with qualitative approach of the explanations in class of two Argentine university professors using elements of discourse analysis is presented. Diverse teaching resources, scientific language and representational levels of chemistry were considered. Both of the professors used a written material and varied discursive resources with high density of technical language in which the imaginary experiences were outstanding. The language was settled to the macroscopic level in permanent relation with the symbolic one. A subdivision of the macroscopic level is proposed. Finally, a reflection on the importance of the didactic training of university teachers is presented.

#### Keywords

University teaching, chemistry language, discourse analysis, macrochemistry, imaginary experiences.

<sup>1</sup> Universidad Nacional del Litoral. Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas. Argentina.. Contacto: [gsanchez@fcb.unl.edu.ar](mailto:gsanchez@fcb.unl.edu.ar)

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Río Cuarto. Facultad de Ciencias Exactas, Físico-químicas y Naturales, Argentina. Contacto: [tquintero@exa.unrc.edu.ar](mailto:tquintero@exa.unrc.edu.ar)

<sup>3</sup> Universidad de Buenos Aires, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Instituto de Investigación en Educación Superior. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Argentina. Contacto: [glorenzoffyb@gmail.com](mailto:glorenzoffyb@gmail.com)

## Introducción

La enseñanza universitaria ha pasado a formar parte de la agenda educativa internacional del *Scholarship of Teaching and Learning* (Bolívar, 2017). Por ello, la didáctica de las ciencias en este nivel ha adquirido gran interés (Lorenzo, 2017), promoviendo trabajos de investigación específicos y acciones de formación didáctica del profesorado para mejorar la calidad de la docencia universitaria (González y Triviño, 2018, Hungerford-Kresser y Amaro-Jiménez, 2019).

La didáctica general y la pedagogía han hecho contribuciones para comprender los diferentes modelos de enseñanza en el nivel secundario y delinear los primeros años de universidad, particularmente en carreras del campo de las humanidades (Bain, 2007, Fenstermacher, 1989, Jackson, 2002). No obstante, son escasas las investigaciones que indagan los modelos de enseñanza en carreras científico tecnológicas y no pueden dejarse librados a las inquietudes o creatividad de los estudiantes dada la complejidad de los contenidos. Por eso, modelos de enseñanza como el mimético o transformador (Araujo, 2016) resultan insuficientes para describir y caracterizar las prácticas de enseñanza de los profesores universitarios de ciencias naturales.

Se acuerda con Fernández, Rodríguez y Villagrà (2009) sobre la necesidad de realizar una profunda revisión del saber didáctico en la educación superior debido a que no existe ningún programa de formación docente al que pueda referirse como base del desempeño docente. Urge entonces lograr una descripción más completa para una mayor comprensión de las prácticas educativas universitarias, especialmente en carreras científico-tecnológicas.

En esta línea, resulta imperioso describir la construcción del nuevo perfil, complejo y profesional de la docencia universitaria (Zabalza, 2009) y analizar los cambios a lo largo de su desarrollo (Keller-Schneider, Zhong y Yeung, 2020), en particular para el profesorado de química (Talanquer, 2004) con el fin de conocer sus problemáticas y reflexionar sobre sus prácticas de enseñanza.

El propósito de este trabajo es describir las características del discurso en las explicaciones del profesorado universitario cuando enseña química avanzada para aportar sugerencias para la formación docente y el mejoramiento de su enseñanza.

## Fundamentación

La palabra es la principal herramienta que emplean los docentes en clase para interactuar con sus estudiantes con el fin de construir conocimiento (Lemke, 2002). Así, emplean estructuras expositivas recurriendo al uso de distintas representaciones respetando un conjunto de reglas que se manifiestan en un compromiso entre lo dado y lo nuevo.

Cuando un profesor desarrolla determinados contenidos, emplea un lenguaje condicionado por el modelo teórico que explícita o implícitamente adopta, lo que permite reconocer sus ideas sobre diversos aspectos de la enseñanza de la química. Particularmente, el lenguaje químico permite la creación de nuevos significados a partir de la aplicación de ciertas reglas actuando como un instrumento para pensar, crear y transmitir conceptos, métodos y metas que trascienden al lenguaje cotidiano (Schummer, 1998). Por ello, el análisis de su uso en las explicaciones de los profesores provee una base para detectar aquellos aspectos inherentes a la química que no pueden ser indagados por los marcos de la lingüística. Un modelo especialmente potente para la química es el propuesto por Johnstone (1982, 1993) y revisado por otros (Gilbert y Treagust, 2009, Taber, 2013, Talanquer, 2011) que considera tres niveles representacionales:

- Macroscópico: relacionado con la experiencia observacional y perceptible en el laboratorio y la vida cotidiana, a la que se agregan los conocimientos y modelos vinculados a dicha práctica.
- Submicroscópico: constituido por un mundo invisible de partículas y modelos analógicos que subyacen a los fenómenos observables.
- Simbólico conformado por el conjunto de representaciones (Evagorou, Erduran y Mäntylä, 2015) que permite *hablar* sobre el mundo material, empleando el lenguaje químico.

Estos niveles permean el discurso en clase para referirse a lo perceptible y a los pensamientos, procedimientos y teorías, resultando un espacio cargado de información específica, altamente contextualizada, donde se establecen las bases para la enseñanza y el aprendizaje de la química (Quílez Pardo, 2019), sobre todo en los laboratorios como entornos educativos (Hernández-Millán, 2012). Un rasgo distintivo de la química es su naturaleza experimental, a partir de la cual se ha desarrollado una cultura visual que permite a los químicos realizar interpretaciones teóricas a partir de los cambios observados en el laboratorio (Reyes Cárdenas, Cafaggi Lemus y Llano Lomas, 2019). Tanto es así que se han creado recursos para referirse a este contexto aún sin estar presente, como es el caso de los experimentos mentales (Stuart, 2020) o *experiencias imaginadas*. Estos son dispositivos de la imaginación usados en la investigación científica (Angioletti-Uberti, 2020) y en las explicaciones docentes (Bancong & Song, 2020), cuyo objetivo es la producción de nuevo conocimiento.

En suma, el análisis de las explicaciones sobre tópicos específicos de química considerando su estructura, el lenguaje químico y los niveles representacionales a los que alude, contribuye a conocer la forma de pensar del profesor de química sobre diversos aspectos de la práctica educativa, así como describir sus características.

## Metodología

Se realizó una investigación de campo descriptiva empleando el estudio de caso (N=2) con enfoque cualitativo. Participaron voluntariamente dos profesores universitarios varones de carreras científico-tecnológicas (Licenciatura en Química y Bioquímica) con más de 30 años de experiencia en dos universidades públicas argentinas. P1 era un científico de carrera con título de doctor, sin formación didáctica sistemática, mientras que P2 había realizado diferentes capacitaciones en el campo de la didáctica de las ciencias.

Se audiograbaron los discursos completos en contexto natural (12 h) de 3 clases teóricas de Termodinámica con 15 estudiantes a cargo de P1 (tercer año de carrera) y 2 clases de laboratorio sobre Grupo 15: Familia del Nitrógeno con 45 estudiantes a cargo de P2 (primer año de carrera).

Los textos transcritos y enriquecidos a partir de la observación no participante fueron analizados con una guía de categorías (Lorenzo, Farré y Rossi, 2010). Luego, se completó el análisis empleando elementos de la teoría fundamentada para la detección de emergentes (Glaser y Strauss, 1967). Durante todo el proceso se recurrió a la triangulación para la fiabilidad de los resultados, especialmente al detectar frases o episodios en los que resultó necesario generar una nueva categoría que diera cuenta de lo observado. Esto condujo a una modificación del instrumento original contemplando los elementos surgidos durante este estudio, generando una nueva categoría “experiencias imaginadas” y ampliando el nivel macroscópico incluyendo subniveles (tabla 1).

Categoría	Indicadores
1. Recursos del profesor para la enseñanza en clase	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El profesor emplea diferentes recursos para comunicarse con sus estudiantes además de la palabra (pizarra, presentaciones visuales, materiales impresos, otros).</li> <li>- El profesor emplea diferentes recursos discursivos en sus exposiciones orales (repeticiones, ejemplos, comparaciones, analogías, metáforas, preguntas).</li> <li>- Empleo de experiencias imaginadas (experimentos mentales)</li> </ul>
2. Recuperación de información previa	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evocación del conocimiento previo (...<i>como vimos...</i>; ...<i>recuerdan...</i>).</li> <li>- Preguntas para explorar conceptos ya conocidos por los alumnos.</li> </ul>
3. Lenguaje científico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El profesor usa/explica vocabulario técnico</li> <li>- El profesor emplea diferentes registros propios del lenguaje técnico (fórmulas, ecuaciones)</li> </ul>
4. Niveles representacionales de la química	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Macroscópico               <ul style="list-style-type: none"> <li>a<sub>1</sub>. <i>Praxis</i>: referencias concretas al trabajo experimental de laboratorio (“No llené el tubo de ensayo”).</li> <li>a<sub>2</sub>. <i>Semántico</i>: Conecta los fenómenos observables con los modelos teóricos macroscópicos que lo fundamentan.</li> <li>a<sub>3</sub>. <i>Epistémico</i>: Refiere a la construcción de conocimiento y validación de los métodos desde el punto de vista de la disciplina</li> </ul> </li> <li>b. Submicroscópico: Incluye expresiones y vocabulario propio del nivel atómico o molecular.</li> <li>c. Simbólico: Refiere a la inclusión de distintos elementos gráficos que actúan como sistemas externos de representación.</li> </ul>
5. Modos de evaluación del profesor	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pseudoevaluación (preguntas retóricas como: <i>¿Se entiende?</i>).</li> <li>- Evaluación: preguntas específicas para detectar el conocimiento de los alumnos.</li> </ul>

Tabla 1. Criterios de análisis

## Resultados y discusión

El análisis de las prácticas educativas da cuenta de aspectos comunes a la enseñanza universitaria de la química que aportan a la construcción de una descripción de este tipo de explicaciones. En particular, se desataca el uso de las *experiencias imaginadas* como una característica de cursos avanzados que requieren del conocimiento previo de los estudiantes; y a una diferenciación del nivel de la macroquímica.

### **Recursos del profesor para la enseñanza en clase**

Ambas explicaciones estuvieron organizadas como clases expositivas, con retención de la palabra por parte del docente. Si bien P2 organizó su exposición a partir de preguntas, la participación de los estudiantes fue limitada. Ambos docentes usaron la pizarra y un material didáctico escrito especialmente elaborado para estructurar sus explicaciones, señalando ecuaciones, gráficas, ejercicios y técnicas de laboratorio mientras los estudiantes

tomaban apuntes: las *Notas del Profesor* elaborado por P1 con base en sus propias clases y a la bibliografía de referencia; y, *Química Inorgánica: Guía del alumno*, donde P2 participa como coautor.

P2 orientó a sus estudiantes con la lectura en voz alta del material durante sus explicaciones incluyendo preguntas para recuperar sus conocimientos previos al tiempo que esperaba sus respuestas antes de avanzar con el siguiente punto.

En sus alocuciones aparecieron variados recursos discursivos para organizar sus intervenciones e interactuar con los estudiantes, entre los cuales se destaca la anticipación para marcar la importancia del contenido:

P1: “Eso es muy importante para cuando vean mecánica estadística...”

P2: “... a lo largo de la materia, vamos a ver productos que los van a tener que identificar, (...) que son muy característicos y los tienen que tener presentes”

Para remarcar cuestiones vinculadas al desempeño correcto en el trabajo de mesada P2 usó la reiteración: “...Cuando la técnica les dice 20 gotas (...) Si dice 20 gotas es para que no pongan 10 mililitros dentro del tubo ...” (P2)

P1 enfatizó el rol central del contenido disciplinar como eje estructurador de su clase, recurriendo a la historia de la termodinámica para definir ciertos conceptos nombrando a científicos memorables. Usó la primera persona del singular mostrando un vínculo personal con los conceptos mientras explicaba:

“... yo le llamo ciclo de Carnot porque se me antoja (...). En la demostración lo importante es que yo logro construir una máquina que utiliza trabajo extrayendo calor de una única fuente.”

P2 centró sus explicaciones en las reacciones químicas usando un discurso más escolar, remarcando la importancia de los conceptos teóricos, y la realización de las prácticas experimentales en el laboratorio, terminando con la corrección de posibles errores de sus estudiantes.

Las experiencias imaginadas. Pueden considerarse como un tipo particular de recurso discursivo que constituyen un rasgo distintivo de la enseñanza de la química en un nivel avanzando. Requieren del conocimiento y experiencia previa en el laboratorio de los estudiantes como miembros noveles de la comunidad de práctica, para poder visualizar mentalmente, el procedimiento técnico y los elementos descriptos por el profesor en su relato. No deben confundirse con una simple recuperación de conocimientos previos, ya que la experiencia se *realiza* mentalmente de modo de poder plantear hipótesis respecto de los resultados que se obtienen, realizar inferencias y construir nuevo conocimiento. Este recurso fue especialmente aprovechado por P1 para la predicción de ciertos comportamientos, describir cambios y finalmente sintetizar los conceptos trabajados en la ecuación termodinámica correspondiente:

“Imaginemos (...) yo puedo variar el estado calentándolo (...) Tenemos un recipiente rígido donde el mismo sistema supónganse que fuese agua. ¿Cómo hago yo para medir el trabajo mecánico? Vamos a poner el consabido sistema paleta (...) aquí tengo un engranaje que supongo tiene muy poco rozamiento, tengo un termómetro para medir temperatura, el volumen conocido. [Dibuja en el pizarrón] Por acá puedo poner pesos y medir el trabajo mecánico.”

P2 también recurrió a la imaginación, pero en este caso por tratarse de un curso inicial, en lugar de plantear una visualización mental, la utilizó para plantear hipótesis o anticipar resultados, lo que podría considerarse como un germen incipiente de las experiencias imaginadas, que podrán implementarse en cursos más avanzados:

“¿Qué pasará si al nitrito le agrego ácido? ¿Qué creen ustedes que puede pasar si al nitrito le agrego ácido? ¿Alguien recuerda qué características?”

En suma, se evidenció un lugar relevante para la imaginación y la creatividad como parte del trabajo científico, empleando las experiencias imaginadas, según el momento de la carrera para establecer relaciones, organizar la práctica experimental o predecir resultados, sin necesidad de concretar la actividad experimental en un laboratorio.

### **Recuperación de información previa**

Las evocaciones fueron utilizadas para recuperar información de clases o cursos anteriores. Mientras P1, evocó los temas abordados en la clase de Mecánica: “...el concepto de trabajo, concepto de trabajo por supuesto que se toma prestado de lo que Uds. conocen de Mecánica.”, P2 lo hizo con situaciones de la asignatura previa: “Recuerden, en química general a ustedes se les da reactivo, producto y la reacción la balanceaban, le calculaban el delta H y lo que sea. Pero acá, son ustedes los que tienen que predecir si es que ocurren las reacciones.”

P1 utilizó un amplio vocabulario técnico y planteó algunas preguntas de bajo nivel de dificultad, simulando una situación dialógica para explorar conceptos conocidos por sus estudiantes: “Supónganse que esta sea una pared que sea móvil de un sistema homogéneo, yo tengo una presión, la presión es perpendicular a cualquier parte de la superficie. Por lo tanto, si tomo un elemento de la superficie  $d$  de  $s$ , tendría la fuerza, si fuera a ser exquisito tendría que poner... ¿Esto qué es?”

En cambio, P2 estructuró su clase a partir de la interacción dialógica con sus estudiantes intercalando preguntas, con la secuencia pregunta-respuesta-recuperación de la respuesta-nueva explicación-nueva pregunta, iniciando un nuevo ciclo explicativo. Al recuperar las respuestas de sus estudiantes, reafirmaba las correctas y corregía cuando era necesario: “Acá me dicen: ¿cuándo se oxida y se reduce él mismo?” ¿Cómo se llamaba eso?”

### **Lenguaje científico**

Las diferencias observadas en cuanto al uso del lenguaje son atribuibles al grado de avance en la carrera. P1 desarrolló su explicación con una alta densidad de vocabulario técnico específico y ecuaciones fisicoquímicas de alta complejidad:

“... se define la capacidad calorífica como la siguiente cantidad: delta Q sobre delta T. [Escribe en el pizarrón y lee la ecuación]  $C \equiv dQ / dT$ ”

En cambio, P2 planteó un discurso orientado a definir y mostrar los significados y los diversos usos de ese lenguaje técnico:

“¿Por qué es inestable? Inestable significa que no lo puedo tener.”

### **Niveles representacionales de la química**

El modelo de Johnstone ha sido utilizado para explicar las dificultades para el aprendizaje de la química. No obstante, no hay antecedentes de su uso para el análisis del discurso de docentes en cursos universitarios de química. Particularmente, se puede reconocer una simplificación del nivel macroscópico, aun en las definiciones de Johnstone, como algo concreto y que corresponde a los objetos químicos observables durante la experimentación

en el laboratorio (Campos Santos y Arroio, 2016). El empleo de la teoría fundamentada arrojó emergentes que posibilitaron una revisión de la macroquímica y proponer los subniveles incluidos en la tabla 2, que corresponden a conceptos que solo cobran sentido en el contexto de la evidencia empírica y que no presentan una correlación en el nivel submicroscópico. Este es el caso de la termodinámica cuyas leyes (lejos de ser concretas y perceptibles a través de los sentidos) pertenecen al nivel macroscópico.

Subniveles del Nivel macroscópico	Descripción
<i>Nivel macroscópico de la praxis (NMP)</i>	Refiere a aspectos concretos de la realización del trabajo experimental, dando alguna recomendación concisa sobre la práctica.
<i>Nivel macroscópico semántico (NMS)</i>	Alude al significado que se otorga a una observación empírica, es decir que se establece un vínculo entre el fenómeno perceptible y la explicación que se le atribuye, siendo esa explicación también perteneciente al nivel macroscópico.
<i>Nivel macroscópico epistémico (NME)</i>	Son expresiones que, tomando evidencias empíricas observables de la práctica experimental, validan el procedimiento a partir del cual se construyeron los modelos teóricos; por ejemplo al relacionar una medida empírica (la temperatura) con la forma de elaborar un modelo explicativo.

Tabla 2. Subniveles del nivel macroscópico.

Así, se evidenciaron un gran número de episodios referidos al nivel macroscópico, que aludían a diferentes aspectos del conocimiento empírico, como se muestra en la tabla 3.

NMP	
P1	<i>El dispositivo experimental es el siguiente... [Dibuja en el pizarrón el dispositivo] Tenemos un recipiente, formado por dos recipientes unidos por un tubo de paredes rígidas, acá tenemos agua, acá vamos a poner un termómetro, porque nos permite controlar la temperatura del agua...</i>
P2	<i>Entonces obviamente las burbujas me están diciendo que hay un gas. ¿No vieron burbujitas en el permanganato? Yo vi burbujas.</i>
NMS	
P1	<i>Acá entonces, encontramos la siguiente propiedad... voy tomando distintos valores, distintas cantidades de gas y voy midiendo Pv y Ph, hago la relación Pv y Ph y el gráfico en función de Ph [Pv: presión del punto vapor; Ph: presión del punto hielo]. Luego, tomo otro gas y (...) encuentro de nuevo me da otra curva de nuevo lineal. Si tomo otro gas y encuentro de nuevo curva lineal... Lo interesante es que, si prolongo esta curva, la extrapolo hasta que intercepte el eje de ordenadas, todo absolutamente todo, independiente de que gas se trate, todas interceptan al eje de las ordenadas (...). Tenemos, ahora entonces, una propiedad lineal que es independiente de la sustancia...</i>
P2	<i>Hay burbujas porque le agregan ácido [al nitrito] y comienza a desproporcionar... mientras se mezclan los reactivos, el permanganato reacciona con el ácido nitroso y parte del ácido desproporciona.</i>
NME	
P1	<i>Vamos a hacer un modelo para estudiar como dependen la T absoluta con la altura sobre el nivel del mar. Hacemos ciertas hipótesis de las que dependerá la calidad del modelo</i>

Tabla 3. Episodios que aluden al nivel macroscópico.

Las expresiones vinculadas con el nivel submicroscópico aparecieron en menor medida. P2 se refirió al significado de ciertos elementos propios de la práctica experimental (NMP) que dan cuenta de su naturaleza submicroscópica, lo cual permite la identificación (de manera indirecta) de la especie química:

*"Entonces, (...) si yo veo una solución violeta (...) lo más probable es que sea permanganato. Entonces, la estoy identificando con los colores."*

P1 estableció un vínculo entre la presión de un sistema y la cantidad de sustancia:

*"Pero lo que observamos es lo siguiente, (...) supongamos  $n_1$  moles y medimos la presión del punto vapor y del punto hielo, (...) esto siempre a volumen constante, luego disminuimos la cantidad de moles, sacamos una cantidad, tenemos ahora  $n_2$ , volvemos a medir la presión del punto hielo y la presión del punto vapor que obviamente han cambiado."*

Los profesores desplegaron una variedad de recursos pertenecientes al nivel simbólico propio del lenguaje científico: fórmulas y ecuaciones químicas y matemáticas, gráficos y esquemas para representar algunos aspectos de la práctica experimental y tablas para el manejo de datos empíricos. P2 utilizó la pizarra para realizar esquemas de los aparatos de laboratorio o de los procedimientos, y fundamentalmente para escribir las fórmulas mientras iba nombrando las especies químicas durante su explicación.

Por su parte, P1 empleó la pizarra para clarificar la presentación del tema, pero en este caso con funciones matemáticas:

*"...vamos a probar una propiedad de esta función  $f$  (...) vamos a probar que esta función  $f(t_1, t_2)$  es igual a  $f(t_1, t_2)$  sobre  $f(t_1, t_1)$  para todos los  $t$  [va escribiendo en el pizarrón mientras lee]..."*

Estos ejemplos exponen la forma en que los expertos integran los diferentes niveles representacionales en su discurso.

### **Modos de evaluación del profesor**

Mientras desarrollaban sus explicaciones, ambos profesores fueron introduciendo preguntas e interrogantes, desempeñando distintas funciones. Algunas, de carácter retórico, sirvieron como organizadores del discurso para darle continuidad a la exposición de cierto contenido o para simular una situación dialógica con sus estudiantes. Otras, tuvieron fines evaluativos.

P1 expresó de manera taxativa los requisitos para la aprobación:

*"Vamos a ver ahora el tema de la desigualdad de Clausius que ya se los había dicho desde el primer día, es el tema y condición o requisito para aprobar la materia. (...) si no saben esto es como si no hubieran hecho la materia."*

En las intervenciones de P2 se reconocieron preguntas de tipo metacognitivo, que ofrecían a sus estudiantes la oportunidad de reflexionar sobre el propio conocimiento:

*"¿Cómo sé que va a ser monóxido?" "Tienen que tener la costumbre de fijarse que los resultados sean coherentes (...) no confíen en la calculadora."*

Por último, en ninguno de los casos se detectaron referencias explícitas a los campos profesionales a los que iba dirigida la formación ni se distinguía entre las distintas carreras en la que se insertaba la asignatura.

### **Conclusiones y perspectivas**

El análisis de las explicaciones en clases de química avanzada en dos universidades diferentes para distintas asignaturas permitió detectar algunas características distintivas. Aunque, se trataba de espacios diferentes de enseñanza, uno teórico y otro de laboratorio,

los profesores utilizaron mayoritariamente un discurso de tipo expositivo en el que desplegaron diversos recursos discursivos para comunicarse con sus estudiantes donde el estado de avance de la carrera parece haber sido una variable condicionante.

Los resultados mostraron tres aspectos clave que dan cuenta de lo que podría denominarse como la naturaleza de las prácticas de enseñanza de la química en el nivel superior:

- La elaboración de materiales *ad hoc* para la enseñanza, resultó un rasgo común a ambas clases, que se repite en otros contextos (al menos en otras universidades argentinas). Estos materiales, escritos y elaborados por los propios docentes, complementan (cuando no sustituyen) otras fuentes de información como libros de texto.
- La utilización de experiencias imaginadas, como una forma más de recurrir al laboratorio, apelando a los conocimientos previos de los estudiantes.
- La complejidad del nivel macroscópico de la química, que excede las definiciones iniciales de Johnstone en el que pueden reconocerse al menos tres subniveles (de la praxis, semántico y epistémico) y que requieren de una revisión exhaustiva de las propuestas de trabajo en el laboratorio de química.

La docencia universitaria sigue siendo una actividad que se basa en la propia experiencia como alumno y en el interés individual por formarse didácticamente, más allá del conocimiento disciplinar. Por eso, y respondiendo al propósito de aportar sugerencias para la formación del profesorado universitario y para mejoramiento de la enseñanza de la química, surgen las siguientes:

- Apoyar a los profesores universitarios en la elaboración de sus materiales de enseñanza. Dado que parece ser una práctica habitual, sería importante brindar oportunidades a los docentes para la escritura y el diseño de textos y contenidos adecuados, ya sea en el soporte clásico papel (avenido en archivo de texto), como en la elaboración de materiales multimediales.
- Hacer explícitas las dificultades que representa la multiplicidad de niveles propuestos por Johnstone, que no se agotan en una mirada reduccionista del triángulo, y que se manifiestan tanto en las clases prácticas de laboratorio como en las de tipo teórico. En este mismo sentido, la construcción y uso de experiencias imaginadas, pueden constituirse en un recurso muy valioso para la enseñanza de la química, que aún no ha sido lo suficientemente aprovechado, y que puede resultar de extrema utilidad en aquellos casos donde el uso del laboratorio esté restringido (como fue la situación originada por la pandemia de COVID-19).

En definitiva, se hace necesario continuar incrementando el número de casos analizado desde esta perspectiva teórica para disponer de una base más sólida que permita describir de manera más completa las prácticas educativas en el nivel superior, porque de allí surgen aspectos que orientan su revisión y permiten elaborar estrategias y dispositivos de intervención. Así, se podrá ofrecer a los docentes universitarios la oportunidad de una formación didáctica específica que responda a sus necesidades de acuerdo con los contenidos que enseña y el nivel en el que se desempeña.

## Agradecimientos

Estos trabajos son resultado de los proyectos de investigación: CONICET PIP11220130100609CO, UBACYT-2018-20020170100448BA, CAI+D 2020 UNL PI50520190100017LI, ANPCYT FONCYT PICT-2015-0044, PPI N° 18/C461 Sec CyT UNRC (2016-2019).

## Referencias

- Angioletti-Uberti, S. (2020). On the interpretation of kinetics and thermodynamics probed by single-molecule experiments. *Colloid and Polymer Science*, 298, 819–827. <https://doi.org/10.1007/s00396-020-04662-z>
- Araujo, S. (2016). Tradiciones de enseñanza, enfoques de aprendizaje y evaluación: dos puntos de vista, dos modos de actuación. *Trayectorias Universitarias*, 2(2), 3-10.
- Bain, K. (2007). *Lo que hacen los mejores profesores universitarios*. Barcelona: Universidad de Valencia.
- Bancong, H. y Song, J. (2020). Exploring How Students Construct Collaborative Thought Experiments During Physics Problem-Solving Activities. *Science & Education*, 29, 617–645. <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00129-3>
- Bolívar, A. (2017). Docencia e investigación en la universidad: de una relación problemática a una productiva. *Revista de Gestión de la Innovación en Educación Superior*, 2, 11-33.
- Campos Santos, V. y Arroio, A. (2016). The representational levels: Influences and contributions to research in chemical education. *Journal of Turkish Science Education*, 13(1), 3-18.
- Evagorou, M., Erduran, S. y Mäntylä, T. (2015). The role of visual representations in scientific practices: from conceptual understanding and knowledge generation to ‘seeing’ how science works. *International Journal of STEM Education*, 2(11), 1-13. DOI: [10.1186/s40594-015-0024-x](https://doi.org/10.1186/s40594-015-0024-x)
- Fenstermacher, G. D. (1989). Tres aspectos de la filosofía de la investigación sobre la enseñanza. En: M. Wittrock. *La investigación de la enseñanza, I. Enfoques, teorías y métodos*. Barcelona: Paidós.
- Fernández, E., Rodríguez, H. y Villagrà, S. (2009). Una visión caleidoscópica de la docencia universitaria. *Enseñanza & Teaching*, 27(2), 141-170.
- Gilbert, J. K. y Treagust, D. (2009). Introduction: Macro, submicro and symbolic representations and the relationship between them: Key models in chemical education. En: J. K. Gilbert y D. Treagust (Eds.), *Multiple representations in chemical education* (pp. 1–8). Dordrecht: Springer.
- Glaser, B. G. y Strauss, A. L. (1967). *Discovery of grounded theory: strategies for qualitative research*. Chicago: Aldine.
- González, S. y Triviño, M.A. (2018). Las estrategias didácticas en la práctica docente universitaria. *Profesorado. Revista de Currículum y Formación de Profesorado*, 22(2), 371-388. DOI: [10.30827/profesorado.v22i2.7728](https://doi.org/10.30827/profesorado.v22i2.7728)
- Hernández Millán, G. (2012). Enseñanza experimental. ¿Cómo y para qué? *Educación Química*, 23(1), 92–95.

- Hungerford-Kresser, H. y Amaro-Jiménez, C. (2019). The teacher preparation initiative: a professional development framework for faculty. *Journal of Education for Teaching*, 46(1), 117-119. DOI: [10.1080/02607476.2019.1708631](https://doi.org/10.1080/02607476.2019.1708631)
- Jackson, P. W. (2002). *Práctica de la Enseñanza*. Avellaneda: Amorrurto.
- Johnstone, A. H. (1982). Macro- and micro-chemistry. *School Science Review*, 64, 377-379.
- Johnstone, A. H. (1993). The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand. *Journal of Chemical Education*, 70(9), 701-705. DOI: [10.1021/ed070p701](https://doi.org/10.1021/ed070p701)
- Keller-Schneider, M. Zhong, H. F. y Yeung, A. S. (2020). Competence and challenge in professional development: teacher perceptions at different stages of career. *Journal of Education for Teaching*, 46(1), 36-54. DOI: [10.1080/02607476.2019.1708626](https://doi.org/10.1080/02607476.2019.1708626)
- Lemke, J. (2002). Enseñar todos los lenguajes de la ciencia: palabras, símbolos, imágenes y acciones. En: M. Benlloch (Coomp.), *La educación en ciencias: ideas para mejorar su práctica*. Barcelona: Paidós.
- Lorenzo, M. G. (2017). Enseñar y aprender ciencias y sobre las ciencias en la universidad. Nuevos escenarios para la interacción entre docentes y estudiantes. *Educación y Educadores*, 20(2), 249-263. DOI: [10.5294/edu.2017.20.2.5](https://doi.org/10.5294/edu.2017.20.2.5)
- Lorenzo, M. G., Farré, A., y Rossi, A. (2010). Teachers' discursive practices in a first organic chemistry course. En G. Çakmakci y M. F. Taşar (Eds.), *Contemporary science education research: scientific literacy and social aspects of science*, 13-22, Ankara: Pegem Akademi.
- Quílez Pardo, J. (2019). A categorization of the terminological sources of student difficulties when learning chemistry. *Studies in Science Education*, 55(2), 121-167. DOI: [10.1080/03057267.2019.1694792](https://doi.org/10.1080/03057267.2019.1694792)
- Reyes Cárdenas, F. D. M., Cafaggi Lemus, C. E., & Llano Lomas, M. G. (2019). Evaluación y aprendizaje basado en habilidades de pensamiento en un curso de laboratorio de química general. *Educación Química*, 30(3), 79. DOI: [10.22201/fq.18708404e.2019.3.69402](https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2019.3.69402)
- Schummer, J. (1998). The chemical core of chemistry I: A conceptual approach. *HYLE*, 4(2), 129-162.
- Stuart, M. T. (2020). Thought Experiments. In: Glăveanu V. (eds) *The Palgrave Encyclopedia of the Possible*. Palgrave Macmillan, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-983905\\_59-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-983905_59-1)
- Taber, K. S. (2013). Revisiting the chemistry triplet: drawing upon the nature of chemical knowledge and the psychology of learning to inform chemistry education. *Chemical Education Research and Practice*, 14, 156-168. DOI: [10.1039/C3RP00012E](https://doi.org/10.1039/C3RP00012E)
- Talanquer, V. (2004). Formación docente ¿Qué conocimiento distingue a los buenos maestros de química? *Educación Química*, 15(1), 60-66. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2004.1.66216>
- Talanquer, V. A. (2011). Macro, submicro, and symbolic: The many faces of the chemistry “triplet”. *International Journal of Science Education*, 33(2), 179-195. DOI: [10.1080/09500690903386435](https://doi.org/10.1080/09500690903386435)
- Zabalza, M. A. (2009). Ser profesor universitario hoy. *La cuestión universitaria*, 5, 68-80.