

LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EN LA UNIVERSIDAD: UN ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS DISCURSOS DEL PROFESORADO

Germán Hugo Sánchez
Universidad Nacional del Litoral
gsanchez@fcb.unl.edu.ar

Teresa Quintero
Universidad Nacional de Río Cuarto
tquintero@exa.unrc.edu.ar
María Gabriela Lorenzo

glorenzo@ffyba.uba.ar
Universidad de Buenos Aires

Línea temática: Didáctica de las Ciencias Naturales en la Educación Superior

Modalidad 2: Comunicación oral

Resumen

Las aulas universitarias se han convertido en objeto de estudio de investigación de la didáctica de las ciencias para atender sus problemáticas. Con el fin de realizar una descripción de las prácticas educativas centradas en el análisis del lenguaje científico se plantea un estudio descriptivo del discurso de dos profesores de ciencias de distintas universidades sobre tópicos de termodinámica y química inorgánica. Se audiograbaron las clases y se estudiaron los textos transcritos empleando herramientas del análisis de contenido y la teoría fundamentada. Se encontró una predominancia del discurso expositivo con variados recursos discursivos (ejemplos, preguntas, experiencias imaginadas), con un fuerte anclaje en el nivel macroscópico siguiendo el modelo de Johnstone, en permanente interacción con el nivel simbólico propio del lenguaje científico. Se evidencia la necesidad de generar espacios para la reflexión y la formación del profesorado universitario.

Palabras clave

Enseñanza Universitaria, Termodinámica, Química Inorgánica, Lenguaje Científico, Análisis del Discurso

Objetivos

La didáctica de las ciencias en el nivel superior universitario ha cobrado gran interés en los últimos años debido a la expansión de la matrícula y a la diversidad de los perfiles estudiantiles. Es así que, el diseño de nuevas propuestas para mejorar la calidad de la educación científica en la

formación de titulados en la región latinoamericana, requiere de trabajos de investigación específicos en la didáctica universitaria de las ciencias (Lorenzo, 2017). En consecuencia, y atendiendo a los objetivos de desarrollo sostenible de las metas educativas de las Naciones Unidas (2018), resulta de interés describir y analizar las características propias del profesorado universitario para propender al cumplimiento del ODS.4, en busca de una educación de calidad. En particular, para las asignaturas del campo de las ciencias exactas y naturales de modo que permita reconocer sus problemáticas particulares y reflexionar sobre posibles estrategias formativas para la enseñanza. En esta línea, los objetivos de este trabajo son:

- Describir las prácticas educativas en el nivel universitario en carreras del área de las ciencias exactas y naturales a partir del análisis del discurso del profesorado.
- Reconocer y documentar las similitudes y diferencias de las clases de ciencias en diferentes contextos universitarios de la República Argentina.
- Reflexionar sobre las necesidades de formación didáctica del profesorado universitario de ciencias.

Marco Teórico

Las aulas universitarias son escenarios complejos en donde, a partir de la interacción entre profesores y estudiantes, se intenta construir conocimiento acerca de contenidos altamente específicos y de elevado nivel de abstracción propios de la carrera profesional en cuestión. Allí, la enseñanza, como actividad intencional, además de otros recursos semióticos, recurre a la palabra como principal herramienta de comunicación con los estudiantes por lo que todo acto docente puede considerarse como un acto comunicativo.

El registro conversacional del rol docente se caracteriza principalmente por su carácter asimétrico donde el profesor impone los turnos del habla y controla la situación (Cazden, 1991). Muchos profesores emplean estructuras expositivas en sus clases recurriendo al uso de distintas representaciones, tanto externas como internas, para reconstruir un registro semiótico particular correspondiente a la disciplina que enseñan, en permanente comunicación con sus estudiantes. El dominio de estos lenguajes particulares (en nuestro caso química y física) permite trascender el lenguaje cotidiano, ya que al emplear de manera rigurosa las reglas que lo definen, actúa como instrumento para pensar, crear y transmitir conceptos, métodos y metas (Schummer, 1998). Esto explica la importancia que tienen en el discurso en clase y la necesidad de indagar la forma en que los profesores lo utilizan.

El discurso en clase del profesorado es extremadamente rico en información disciplinar y está altamente contextualizado a una determinada situación de clase para cada grupo particular de estudiantes. Entonces, considerando que la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias se afianza en el conocimiento y el dominio del lenguaje científico (Quílez Pardo, 2019) en sus diferentes dimensiones (verbal oral y escrito, simbólico y gráfico) es necesario revisar las prácticas educativas para describir y comprender las singularidades y las necesidades, particularmente del

nivel universitario, dada su reciente incorporación como objeto de estudio a la didáctica de las ciencias.

Atendiendo a la relación entre lo que los profesores piensan y cómo enseñan (Coll & Sánchez, 2008), el análisis del discurso en clase (lenguaje-en-acción) contribuye a conocer la forma de pensar del profesorado sobre diversos aspectos de la práctica educativa, así como describir sus características.

Con el fin de analizar el uso del lenguaje científico en los discursos de clases universitarias, el modelo propuesto por Johnstone (1982) para la química resulta de gran utilidad ya que se ha extendido con más o menos transposiciones a otros dominios de conocimiento. Este modelo considera tres niveles representacionales con fines educativos (Talanquer, 2011):

- a) El macroscópico relacionado con la experiencia observacional en el laboratorio y la vida cotidiana, y los conocimientos y modelos vinculados a dicha práctica.
- b) El nivel submicroscópico constituye un mundo invisible de partículas y modelos analógicos. Estos dos niveles intentan describir diferentes aspectos de un mundo material y “real”.
- c) Mientras que el nivel simbólico es el conjunto de representaciones que nos permite “hablar” sobre dicho mundo material, es decir es lo que corresponde al lenguaje científico y permite, por lo tanto, también crear nuevo conocimiento.

Metodología

Se plantea una investigación de campo con alcance descriptivo y enfoque cualitativo a partir del análisis de los discursos en clase de dos profesores universitarios empleando el estudio de caso. Se audiógrabaron las clases completas correspondientes a los tópicos Termodinámica y Grupo 15: Familia del Nitrógeno, de las asignaturas Física III y Química Inorgánica pertenecientes a carreras de ciencias de dos universidades públicas argentinas.

El Profesor 1 (P1) es el responsable de la asignatura Física III (quinto semestre) de las Carreras Licenciatura en Química, Profesorados en Química y en Física. Cuenta con dos doctorados, uno en Física y otro en Matemática, ambos obtenidos en el extranjero, con una trayectoria docente de más de veinte años. Es un científico apasionado por la Física que no cuenta con formación didáctica sistemática más allá de su propia experiencia como docente. El tópico elegido correspondió a la clase teórica de Termodinámica, dada su importancia en la formación profesional. Se analizaron tres clases correspondientes al componente teórico, en donde se desarrollan los contenidos en el marco de la Física Macroscópica Clásica, para la aplicación de los principios termodinámicos, la teoría cinética y las interpretaciones microscópicas de la presión y la temperatura.

El Profesor 2 (P2) es responsable de la asignatura Química Inorgánica (segundo semestre) de las Carreras Bioquímica, tres Licenciaturas (en Biotecnología, Tecnicatura, en Higiene y Seguridad

en el Trabajo y en Saneamiento Ambiental), Tecnicatura en Salud Ambiental. Cuenta con más de treinta años como docente y ha realizado diferentes capacitaciones en el campo disciplinar y de didáctica de las ciencias, siendo investigador en el área. La propuesta de desarrollo de la asignatura considera un grupo de la tabla periódica por semana en la que se combina la explicación teórica con la práctica experimental. Se consideró el tópic Familia del Nitrógeno como ejemplo representativo.

Los textos transcritos de ambas clases fueron enriquecidos con los registros obtenidos por la observación no participante y se analizaron empleando el análisis de contenido y la teoría fundamentada por tres investigadores de manera independiente. En los casos necesarios, los datos se establecieron por consenso. Se aplicó la Guía Análisis diseñada por nuestro grupo (Lorenzo, Farré & Rossi, 2010) y adaptada para este estudio (cuadro 1).

Categoría	Niveles / Indicadores
1. Niveles representacionales de Johnstone	a. Macroscópico (praxis, semántico y epistémico) b. Submicroscópico c. Simbólico.
2. Lenguaje científico	a. ¿El profesor explica nuevo vocabulario técnico? b. El profesor emplea diferentes registros propios del lenguaje técnico (fórmulas, ecuaciones)
3. Recuperación de información previa	a. Evocación del conocimiento previo (...como vimos...; ...recuerdan...). b. Preguntas para explorar conceptos ya conocidos por los alumnos.
4. Recursos del profesor para la enseñanza en clase	a. El profesor emplea diferentes recursos para comunicarse con sus estudiantes además de la palabra (pizarra, presentaciones visuales, materiales impresos, otros). b. El profesor emplea diferentes recursos discursivos en sus exposiciones orales (repeticiones, ejemplos, comparaciones, analogías, metáforas, preguntas).
5. Modos de evaluación del profesor	a. Pseudoevaluación (preguntas retóricas como: <i>¿Se comprende?</i>). b. Evaluación: preguntas específicas para detectar el conocimiento de los alumnos.

Cuadro 1. Categorías y niveles para el análisis del discurso en clase.

Resultados y discusión

Las clases corresponden a dos momentos diferentes de la carrera universitaria, siendo las clases de Termodinámica de un nivel más avanzado que las de la Familia del Nitrógeno. Además, la primera se corresponde a una clase teórica magistral tradicional, típica de los contextos universitarios, mientras la segunda está orientada a la realización de un trabajo práctico experimental en un laboratorio de química. Estas consideraciones se evidencian claramente en los discursos de los profesores durante la clase. En sus exposiciones, el P1 recurrió a las ecuaciones termodinámicas y al vocabulario técnico específico acorde a la complejidad del contenido a enseñar. Por otro lado, durante la clase en el laboratorio, el discurso de P2, se orientó a explicar los significados de los términos propios del lenguaje químico y su utilización en las definiciones y prácticas experimentales.

P1: “... se define la capacidad calorífica como la siguiente cantidad delta Q sobre delta T . (Escribe en el pizarrón y lee la ecuación) $C \propto dQ / dT$ ”.

P2: “¿Por qué es inestable? Inestable significa que no lo puedo tener.”

En ambas clases se observaron un gran número de episodios correspondientes al nivel macroscópico. Esto permitió profundizar en este nivel diferenciando distintos tipos de alocuciones de acuerdo con diferentes aspectos del trabajo experimental, ya sea desde una recomendación concisa sobre la práctica (macroscópico de la praxis), el significado que se otorga a una observación empírica (macroscópico semántico) y la explicación de la construcción de un modelo teórico a partir de la práctica experimental (macroscópico epistémico):

P2: “Entonces obviamente las burbujas me están diciendo que hay un gas.” (M. praxis)

P2: “Esta reacción la deben recordar y, además, estoy viendo de forma indirecta, además de ver la estabilidad, estoy viendo la conducta química del ácido nitroso.” (M. semántico)

P1: “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.” (M. epistémico)

En ambas clases, el nivel simbólico pudo reconocerse en la gran diversidad de fórmulas y ecuaciones químicas, así como también tablas de datos empíricos y ecuaciones matemáticas, gráficos cartesianos y esquemas de equipos de laboratorio.

Tanto P1 como P2 empleaban un material didáctico especialmente elaborado para los estudiantes. Particularmente P2 se detenía a leer los materiales y a organizar su exposición a partir de preguntas para recuperar los conocimientos previos de sus alumnos y esperaba sus respuestas para avanzar en su explicación sobre la práctica a realizar en el laboratorio. Cabe destacar que P1 utilizaba una estrategia a la que hemos denominado *experiencias imaginadas* (Stuart, 2020). Dado que sus estudiantes eran alumnos avanzados en la carrera y habían cumplido alrededor de tres años de clases experimentales en el laboratorio, P1 apelaba a los conocimientos adquiridos en dicho contexto, proponiéndoles una visualización mental de ciertas experiencias para a partir de ellas,

predecir comportamientos, describir cambios y finalmente sintetizar los conceptos trabajados en la ecuación termodinámica correspondiente.

P1: *“Ahora, imaginemos, ustedes me dicen sí, pero yo puedo variar el estado calentándolo, si es cierto, pero vamos analizar un poquito más porque todavía no hemos pronunciado mucho acerca del calor. ... Tenemos un recipiente rígido donde el mismo sistema supónganse que fuese agua, como hago yo para medir el trabajo mecánico. Bueno, vamos a poner el consabido sistema paleta, no lo vamos a repetir, 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: *¿Qué pasará si al nitrito le agrego ácido? ¿Qué creen ustedes que puede pasar si al nitrito le agrego ácido? ¿Alguien recuerda qué características?*

Ambos profesores utilizaron variados recursos discursivos para interactuar comunicativamente con sus estudiantes por ejemplo para marcar la importancia del contenido hacia adelante: P1: *“Eso es muy importante para cuando vean mecánica estadística...”* (anticipación).

O insistiendo en cuestiones vinculadas al desempeño correcto para el trabajo en la mesada: P2: *“...Cuando la técnica les dice 20 gotas (...) Si dice 20 gotas es para que no pongan 10 mililitros dentro del tubo. Cuando dice 1 mililitro (...) no es para que busquen una pipeta y midan 1 mililitro. Les repito, pongan una gota, es para que tengan una idea acá. A menos que fuese una titulación, que necesito volúmenes exactos, un poquito más, un poquito menos, no nos afecta en nada.”* (reiteración).

Por último, cabe mencionar en los discursos docentes, la presencia de preguntas pseudoevaluativas y las escasas referencias al campo profesional al que iba dirigida la formación o a la vida cotidiana que podrían servir de anclaje para la construcción de nuevos conocimientos por parte de los estudiantes.

Conclusiones y perspectivas

El análisis del discurso permitió describir la enseñanza de las ciencias en dos universidades de diferentes provincias argentinas. Ésta comparte rasgos comunes entre sí y con otra universidad nacional en la que se había realizado el estudio previamente. A pesar de que las clases correspondían, una al espacio teórico de enseñanza y la otra, a las prácticas experimentales en el laboratorio, las exposiciones fueron el recurso discursivo predominante para la explicación de los tópicos empleado por ambos profesores, reteniendo el uso de la palabra la mayor parte del tiempo. En ambos casos, mantuvieron su discurso principalmente en el nivel macroscópico de Johnstone, aludiendo a diferentes aspectos de este nivel (praxis, semántico y epistémico). También utilizaron material didáctico específicamente desarrollado para sus clases y desplegaron diversos recursos discursivos para comunicarse con sus estudiantes según el estado de avance de la carrera y el tipo de clase considerada. En las clases teóricas de termodinámica, el profesor recurre abundantemente a representaciones del nivel simbólico; por otro lado, se destaca el uso de experiencias imaginadas. Mientras que en las clases de laboratorio de química inorgánica, las explicaciones del profesor se centraron en el nivel macroscópico de la praxis, propio de los fenómenos observados durante las experiencias prácticas. También utilizó el nivel simbólico como forma de construir las descripciones y modelos necesarios para dar los fundamentos del nivel submicroscópico.

Estos resultados confirman que la enseñanza universitaria de las ciencias no distingue fronteras y está basada fundamentalmente en las experiencias personales de los docentes, que se transmiten de generación en generación. En consecuencia, y de acuerdo con las nuevas líneas de investigación (Keller-Schneider, Zhong y Yeung, 2020) surge la necesidad de generar espacios formativos para el profesorado universitario que le permita reflexionar sobre sus propias prácticas, reconocer sus fortalezas y considerar la necesidad de enriquecer su mirada didáctica a la luz de las emergentes y que estén acordes con su contexto profesional y cotidiano, con el fin de revisar y mejorar su enseñanza.

Agradecimientos

Este trabajo fue realizado en el marco de los siguientes subsidios de investigación: UBACYT-2018-20020170100448BA, CAI+D 2020 UNL PI50520190100017LI, ANPCYT FONCyT PICT-2015-0044, CONICET PIP11220130100609CO. PPI N° 18/C461 Sec CyT UNRC (2016-2019).

Referencias Bibliográficas

- Cazden, C. B. (1991). *El discurso en el aula. El lenguaje de la enseñanza y del aprendiz.* Paidós: México.
- Coll, C., & Sánchez, E. (2008). Presentación. El análisis de la interacción alumno-profesor: líneas de investigación. *Revista de Educación*, 346, 15-32.
- Johnstone, A. H. (1982). Macro- and micro-chemistry. *School Science Review*, 64, 377-379.
- 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)
- 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., & 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, Pegem Akademi: Ankara.
- Naciones Unidas. (2018). *Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: Una oportunidad para América Latina.* Naciones Unidas: Santiago. Disponible en: <https://www.cepal.org/es/publicaciones/40155-la-agenda-2030-objetivos-desarrollo-sostenible-oportunidad-america-latina-caribe>
- Quílez Pardo, J. (2019). A categorization of the terminological sources of student difficulties when learning chemistry. *Studies in Science Education*. DOI: [10.1080/03057267.2019.1694792](https://doi.org/10.1080/03057267.2019.1694792)

Schummer, J. (1998). The chemical core of chemistry I: A conceptual approach. *HYLE*, 4(2), 129-162.

Stuart, M. T. (2020). Thought Experiments. En: V. Glăveanu (Ed.). *The Palgrave Encyclopedia of the Possible*. Palgrave Macmillan: Cham. DOI : [10.1007/978-3-319-983905_59-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-983905_59-1)

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)