

Innovación para la enseñanza de la Química

QUÍMICA EN CONTEXTO AGRONÓMICO. UNA PROPUESTA DIDÁCTICA PARA EL TEMA FÓRMULAS QUÍMICAS Y NOMENCLATURA DE COMPUESTOS INORGÁNICOS

María Alejandra Goyeneche¹, Analía Inés Margheritis¹, Lydia Raquel Galagovsky²

1- *Facultad de Agronomía. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Azul. Argentina.*

2- *Centro de Formación e Investigación en Enseñanza de las Ciencias. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires.*

E-mail: alegoy@faa.unicen.edu.ar

Recibido: 01/08/2020. Aceptado: 25/08/2020.

Resumen. La Química de cursos introductorios universitarios abarca una lista densa de contenidos tradicionales. La enseñanza de dichos temas suele presentarse descontextualizada de los perfiles profesionales de los estudiantes. El presente trabajo muestra detalles derivados de una investigación sobre la aplicación de una propuesta didáctica original, en la que se contextualizó para estudiantes de agronomía el tema *Fórmulas químicas y nomenclatura de compuestos inorgánicos*. Los resultados fueron muy positivos en términos de aceptación, motivación y compromiso por parte de los estudiantes.

Palabras clave. química en contexto, agronomía, formulas químicas, nomenclatura de compuestos inorgánicos

Chemistry in agronomic context. A teaching proposal for the issue of chemical formulas and nomenclature of inorganic compounds

Abstract. Chemistry syllabus of introductory university courses encompasses a dense list of traditional contents. Those subjects are usually presented far from the students' future professional profiles. The present work shows results from a research on the application of an original didactic approach to teach Chemical formulas and inorganic compounds nomenclature, contextualized for students of agronomic sciences. The results were deeply positive in terms of student acceptance, motivation and commitment.

Key Words. chemistry in context, agronomy, chemical formulas, inorganic compound nomenclature

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA

La Química del primer año de carreras universitarias suele presentar el inconveniente de abarcar una densa lista de contenidos que no logran motivar



a los estudiantes y mucho menos generarles conciencia sobre su importancia para su futura profesión. Numerosas investigaciones indican que una apropiada contextualización de los contenidos favorecería la motivación de los estudiantes (Díaz Barriga, 2006; Caamaño, 2018; Goyeneche y Galagovsky, 2020) con sostén del desarrollo de competencias científicas¹ y de pensamiento científico.

En este trabajo presentamos la secuencia didáctica original que sirvió de base para una extensa investigación en el marco de una carrera de Especialización (Goyeneche, 2017).² Dicha secuencia incluyó el tema de Fórmulas Químicas y Nomenclatura de compuestos inorgánicos, para estudiantes del curso introductorio de Ingeniería Agronómica, de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Estos temas químicos son iniciales y resultan tediosos y complicados porque requieren la aplicación de reglas sistemáticas, e implican un discurso técnico-científico complejo.³ Sumando a estos inconvenientes, los temas no son abordados por textos universitarios de uso común, y los estudiantes del primer año tienen una muy dispar formación previa en química.

Los objetivos del diseño didáctico fueron:

- . Que las dificultades de comprensión de los contenidos químicos resultaran independientes de los saberes químicos previos de los estudiantes.
- . Que el material y las actividades generaran motivación por desarrollar competencias del "saber-hacer" agronómico y capacidad de lectura comprensiva de textos con vocabulario químico.
- . Que favoreciera la metacognición, el compromiso con la tarea académica y la empatía para el trabajo colaborativo (Galagovsky, 2004a, b).

Para lograr estos objetivos se diseñó un problema agronómico que planteara conflictos cognitivos cuya resolución expondría a los estudiantes a la toma de conciencia sobre la necesidad de un conocimiento químico de base, y los hiciera reflexionar sobre el rol central de la química para comprender temáticas

¹ La noción de competencias científicas remite a habilidades de nivel cognitivo superior entre las que se mencionan el argumentar y explicar, modelizar, elaborar redes conceptuales y escribir informes; también involucra el propiciar habilidades esencialmente humanas como el autoconocimiento, la empatía, el arte de escuchar, colaborar con los demás, que son parte de la inteligencia emocional. Así mismo, refiere a un conjunto de contenidos provenientes de la epistemología, la sociología y la historia de la ciencia que seleccionados y transpuestos otorgan valor a la educación científica (Adúriz Bravo, 2005).

² Los aspectos ligados a las investigaciones con cohortes previas de estudiantes, tanto en metodología como en resultados y conclusiones parciales forman parte del cuerpo de la Tesis de Especialización, de acceso en línea.

³ Los libros sugeridos como bibliografía de base para los estudiantes son Química General. Principios y aplicaciones modernas (Petrucci, 2005); y Química (Chang, 2010).

avanzadas de la carrera. Este problema era el disparador didáctico inicial de una secuencia de actividades que implicaban instancias de trabajo individual intercaladas con trabajos colaborativos en subgrupos y en plenario, con permanente aceptación de las argumentaciones hasta arribar a la información final, de tal forma de favorecer reflexiones metacognitivas (Thomas, 2020) en los estudiantes.

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA

La propuesta innovadora⁴ se desarrolló durante los meses de febrero y marzo de 2017, abarcando tres clases de dos horas y media; se aplicó a la totalidad del curso formado por 50 estudiantes agrupados en una única comisión. El equipo de dos docentes recopiló información proveniente de los estudiantes durante y *a posteriori* de cada clase. Durante las clases se realizaron grabaciones que fueron posteriormente analizadas (Sirvent, 2003), y se plasmaron comentarios en un diario docente (Porlán y Martín, 1999). Al finalizar las clases se recogieron trabajos impresos, individuales o grupales, según las respectivas consignas, que sirvieron tanto para un análisis cuantitativo (las encuestas) como cualitativo (evaluación y percepción sobre las dificultades u obstáculos de aprendizajes).

La secuencia didáctica implementada consistió en 4 Actividades que se describen a continuación. Los estudiantes evaluaron la propuesta didáctica global, así como sus propias actitudes durante la misma (Actividad 5), en el cierre de la última clase. En la primera clase se realizaron las actividades 1 y 2; en la segunda clase, la actividad 3 y en la última clase, diez días después, se realizaron las actividades 4 y 5. Todas ellas se describen a continuación:

-Actividad 1: Resolución de un problema agronómico sobre absorción de nutrientes y fertilización

Se distribuyó a cada estudiante una fotocopia con el problema de la Figura 1, que constaba de 2 preguntas, y se dio 10 minutos de tiempo para su resolución individual y otros 10 minutos para la discusión en pequeños subgrupos de entre 3-5 estudiantes, que se formaran espontáneamente.

Resolver el problema de los nutrientes (parte a de la Figura 1) implicaba conocer en qué forma química se encuentra el nitrógeno en el aire y en el suelo, y en qué forma y con qué números de oxidación puede ser absorbido por los vegetales.

Al plantearse sin explicación previa, se esperaban resoluciones individuales idiosincrásicas. Estas respuestas darían sustento a la expresión de conflictos

⁴ Se realizaron experiencias didácticas exploratorias con las cohortes 2015 y 2016 (Goyeneche, Margheritis y Castañares, 2015 y 2016).

cognitivos conscientes, tanto en las discusiones al interior de cada subgrupo, como al final en la puesta en común de toda la clase (Galagovsky, 2004a, b).

La segunda parte del problema, sobre fertilizantes (parte b de la Figura 1), proponía que los estudiantes establecieran correspondencias entre dos lenguajes químicos: el de fórmulas químicas y el de nombres de compuestos químicos. Los estudiantes ya habían estudiado el tema Tabla Periódica y en esos conocimientos podrían encontrar indicios de resolución, pero encontrar las correspondencias generaría conflictos cognitivos, especialmente en la identificación del grupo químico amonio, pues los estudiantes suelen confundirlo con un elemento químico.

Concluido el tiempo de trabajo individual y en pequeño grupo, se realizó un plenario para la discusión de las diversas resoluciones.



Ricardo es productor agropecuario. Sus cultivos presentan manifestaciones de crecimiento retrasado y hojas amarillentas, que hacen sospechar deficiencia de nitrógeno.

a) Ricardo consulta a un Ingeniero Agrónomo si conviene remover el suelo ya que el aire tiene un alto porcentaje de nitrógeno. ¿Cuál creen que fue la respuesta que obtuvo?

b) Existen en el mercado distintas formulaciones y presentaciones de productos fertilizantes. De la siguiente lista, encuentra la correspondencia entre fórmulas y nombres.

1- Sulfato de calcio $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$
2- Sulfato de amonio FeSO_4
3- Nitrato sódico $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
4- Nitrato de amonio $(\text{NH}_4)\text{H}_2\text{PO}_4$
5- Sulfato de cinc $(\text{NH}_4)\text{NO}_3$
6- Hidrógeno fosfato de amonio ZnSO_4
7- Sulfato ferroso CaSO_4
8- Nitrato de calcio NaNO_3
9- Fosfato monoamónico $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$

Figura 1. Problema agronómico que se utilizó como disparador didáctico.

- Actividad 2: Explicación del tema Fórmulas Químicas (FQ) y Nomenclatura de compuestos inorgánicos (NCI)

La información correcta y pertinente a los temas FQ y NCI fue presentada en el contexto de la puesta en común de la Actividad 1, luego de las discusiones sobre las resoluciones idiosincrásicas de ambas partes del problema agronómico (Figura 1). Dicha información también fue entregada en un texto

*ad hoc*⁵ (Goyeneche, 2018), que incluía las diapositivas utilizadas por la docente, con sus respectivas notas aclaratorias.

Al finalizar la primera clase se dio a los estudiantes la consigna para la siguiente clase, que involucraba trabajar primero en forma individual y luego grupal, en tiempo extra-clase, para sostener con compromiso la Actividad 3.

Actividad 3: Resolución de consignas químicas y preparación de un trabajo creativo/explicativo grupal, a partir de la lectura de artículos publicados

La consigna para la Actividad 3 era completar la tabla de la Figura 2 discriminando las características de los compuestos químicos mencionados en cada uno de cuatro artículos publicados⁶, dos de química en contexto, uno de agronomía y otro sobre una técnica de laboratorio. Dichos compuestos podían encontrarse nombrados tanto en lenguaje de fórmulas como en lenguaje verbal (Galagovsky y cols., 2014).

Nombre del compuesto	Fórmula química	Nº oxidación de los elementos químicos	Clasificación según el Nº de elementos químicos	Clasificación según composición

Figura 2. Tabla que debían completar los estudiantes para cada uno de cuatro artículos publicados (Actividad 3). La clasificación según el número de elementos químicos refiere a compuestos binarios, ternarios, etc.; y respecto de su composición es óxidos, hidruros, oxácidos, hidróxidos, sales no oxigenadas y oxigenadas, iones.

Los textos y los respectivos compuestos inorgánicos eran:

I- *Agricultura y medio ambiente* (FAO): nitratos, fosfatos, óxido nitroso, agua, amoníaco, sulfato de amonio, nitritos, óxido nítrico, ácido nítrico, dióxido de azufre, dióxido de carbono;

II- *La comprensión química de un proceso ambiental: remediación para el caso del lago Nyos* (Sala, 2011): dióxido de carbono, carbonato de calcio, óxido de calcio, hidróxido de calcio, agua;

III- *La química de los metales involucrada en biología: la bioinorgánica* (Sala, 2011): cromato de sodio, dicromato de sodio, óxido de bromo (VI), óxido de cromo (III), sulfato de cromo (III), hidróxido crómico, dióxido de manganeso;

IV- *Técnica Kjeldahl para determinar nitrógeno total en suelos* (Marban y Ratto, 2005): NH_4^+ , NaOH, H_2SO_4 , K_2SO_4 , CuSO_4 , HBO_2 , Na_2CO_3 , HCl.

⁵ Al contar con este material impreso, la clase explicativa se recortó en tiempo respecto de años anteriores, habiendo dado prioridad al tiempo destinado a las diversas argumentaciones idiosincrásicas.

⁶ La extensión era de 1 o 2 páginas cada uno.

Se esperaba que los estudiantes reconocieran los compuestos químicos inorgánicos diferentes citados en cada artículo, y completaran la respectiva tabla.

El material explicativo *ad hoc* con el que contaban los estudiantes contenía información teórica general para dicha resolución; a su vez, permitiría cumplimentar la Actividad 3 a aquellos estudiantes que no hubieran asistido a la primera clase. En esta segunda clase los estudiantes formaron subgrupos de 4 o 5 y discutieron sus resoluciones individuales para comparar y completar sus respectivas tablas⁷.

Al final de la clase se entregó a cada estudiante una copia con las tablas resueltas correctamente, y la consigna para la Actividad 4. Ésta consistía en que cada subgrupo debía seleccionar uno de los artículos para elaborar un trabajo artístico/explicativo, de formato libre⁸, de no más de 10 minutos de duración, a ser presentado ante sus compañeros en una clase especial, a los diez días. Los estudiantes podrían consultar cualquier duda o sugerencia a los docentes en horarios extra clase. Cada subgrupo también entregaría un informe sobre su producción a las docentes, con los respectivos sustentos teóricos, para ser evaluado conceptualmente.

La consigna para la Actividad 4 preestablecía un ítem de autoevaluación y uno de evaluación de otros grupos, todos basados en la grilla⁹ de la Figura 3. Esta grilla presentaba 9 categorías fijas (respeto por las pautas, organización y coherencia entre los integrantes del grupo durante la exposición, claridad, creatividad, comunicación oral, precisión en el lenguaje, uso del pizarrón, uso de tecnologías, otros recursos), que serían evaluadas mediante dos indicadores numéricos: uno correspondiente a una palabra y otro a un emoticón, cuyas listas se presentaban a continuación de la grilla, respectivamente. La misma grilla sería utilizada por las docentes para valorar el trabajo de cada subgrupo (la ponencia y su respectivo informe)¹⁰.

-Actividad 4: Exposiciones y evaluaciones del trabajo creativo/explicativo de cada subgrupo

La preparación y exposición del trabajo grupal implicaba una instancia de fuerte trabajo colaborativo extra clase, en el que los estudiantes deberían auto-organizarse, y exhibir habilidades de comunicación. Los 8 grupos de

⁷ Los estudiantes, en su mayoría, habían leído los textos; sin embargo, fue fundamental dar tiempo en la clase para las discusiones donde se expresaban y debatían argumentaciones individuales.

⁸ Podía tratarse de una historieta, una representación teatral, una experiencia, un material audiovisual, etc.

⁹ Tener de antemano esta grilla favorecería la motivación hacia una tarea responsable y estratégica, al tener que realizar comparaciones más transparentes y sistemáticas.

¹⁰ Esta valoración iba a tener peso en la nota del segundo parcial.

3- Cada grupo de trabajo evaluará la exposición de sus compañeros con la grilla que se muestra a continuación. La grilla se completa seleccionando para cada ítem una palabra (en la primera fila) y un emoticón (en la segunda fila), identificados por un número y una letra, respectivamente.

Grilla para evaluar las producciones de tus compañeros.

Grupo evaluador:

Criterio/Grupo	1	2	3	4	5	6	7	8
Se respetan las pautas (tiempo de exposición, tema, etc)								
Organización y coherencia entre integrantes del grupo en la exposición								
Claridad de la exposición								
creatividad								
Comunicación oral (fluidez, claridad del lenguaje)								
Precisión en el lenguaje								
Uso del pizarrón								
Uso de tecnologías								
Otros recursos utilizados...								

Lista de palabras y emoticones para completa la grilla de evaluación

- Palabras**
 1-Buena
 2- Extraordinario
 3-Inentendible
 4-Ingenioso
 5-Pobre
 6-Malísimo
 7-Interesante
 8-Buenísimo
 9-Enriquecedor
 10-Feo

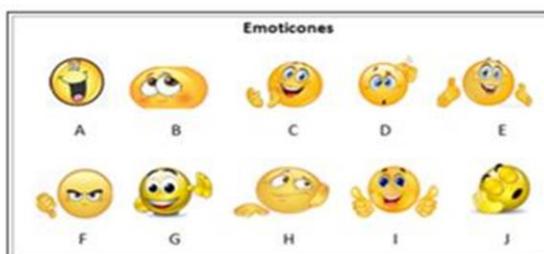


Figura 3. Grilla a completar por los estudiantes para ponderar las producciones de cada uno de los subgrupos numerados del 1 al 8.¹¹

estudiantes fueron distribuidos en dos aulas, de manera que en cada aula se presentaron todos los artículos. Al finalizar cada exposición, los estudiantes

¹¹ De los 10 subgrupos iniciales hubo dos subgrupos que decidieron no exponer porque algunos de sus integrantes abandonaron el curso. Este hecho es muy frecuente en las primeras materias universitarias.

completaban la grilla de evaluación y se realizaba la devolución de los compañeros y de los docentes.

-Actividad 5: Evaluación final de la propuesta didáctica global

El instrumento de evaluación fue una encuesta anónima (ver Figura 4) que consistió en calificar 5 categorías relativas a las diversas actividades realizadas (Resolver el problema agronómico, Leer la selección de textos, Elaborar la producción final, Exponer la producción y Resolver las consignas químicas) y 5 categorías sobre actitudes transitadas durante la propuesta didáctica (Su

Encuesta anónima. ¡Gracias por tu colaboración!			
Buscamos mejorar la asignatura Introducción a la Química. Con la mayor sinceridad posible completa esta encuesta sobre las clases de nomenclatura y fórmulas químicas.			
Tené en cuenta la lista de palabras y emoticones identificados con un número y una letra, respectivamente y completa la tabla que se muestra a continuación, seleccionando para cada actividad de la primera columna, el número de palabra y la letra de emoticón, según tu opinión.			
	N° de palabra	Letra de emoticón	Justificación breve
I-Resolver el problema agronómico			
II-Leer los textos de los trabajos expositivos			
III-Elaborar el trabajo de exposición			
IV- Exponer el trabajo a tus compañeros			
V-Resolver las consignas químicas de los textos			
VI- Tu participación en el grupo			
VII- La participación de tus compañeros			
VIII- Recibir la opinión de tus compañeros			
IX- Dar opinión a tus compañeros			

Lista de palabras y emoticones, identificados con un número y una letra, respectivamente.

Palabras		Emoticones
1-Fácil	9-buenísimo	
2-aburrido	10-intrascendente	
3-malísimo	11-copado	
4-entretenido	12-interesante	
5-olvidable	13-asombroso	
6-difícil	14-complicado	
7-inentendible	15-enriquecedor	
8-feo	16-extraordinario	
		
		
		
		
		
		
		
		

Figura 4: Encuesta de opinión final solicitada a los estudiantes.

participación, La participación de sus compañeros, Recibir opiniones de sus compañeros, Dar opiniones a sus compañeros), seleccionando indicadores numéricos correspondientes palabras o emoticones. Esas palabras y emoticones eran más variados¹² que los utilizados para la actividad 4, y fueron clasificadas por la docente investigadora con posterioridad, en positivos, neutrales o negativos, según se muestra en la Figura 5.

connotación	Número de palabra	Letra de emoticón
POSITIVO	1-4-9-10-11-13-15-16	A-D-E-H-I-J-K-L-M
NEUTRAL	5-12	P
NEGATIVO	2-3-6-7-8-14	B-C-F-G-O-N

Figura 5. Connotaciones positivas, neutrales y negativas de las palabras y emoticones de la encuesta (Figura 4).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De los 50 estudiantes se recogieron respuestas impresas de 44 tareas individuales para la Actividad 1; 10 tareas grupales de la Actividad 3, y 8 trabajos finales de exposición.

Respecto de las Actividades 1 y 2

La propuesta del MACCS establece que la riqueza de la aparición de conflictos cognitivos sobre informaciones entendibles y contradictorias es motivacionalmente positiva, siempre que el clima de la clase sea tal que no condene la aparición de errores. Es fundamental que argumentos incorrectos esgrimidos por parte de los estudiantes fueran valorados –en el sentido de darles cabida en la discusión y no obliterarlos ni impedirles su expresión–, pues son partes importantes del proceso de aprendizaje y de metacognición. Este clima fue lográndose poco a poco durante las discusiones en los pequeños grupos, durante las cuales las docentes no resolvían los conflictos dando la respuesta correcta, sino que animaban a su recreación posterior para la discusión en plenario. Este clima se vivió durante las cuatro clases involucradas en la propuesta.

El punto más desconocido por los estudiantes para la parte a) de la Actividad 1 (Figura 1) fue la posibilidad de que los elementos químicos sean -o no- absorbidos o metabolizados por los cultivos, en relación con los números de oxidación de los compuestos de nitrógeno. Durante la resolución de la parte b) de la Actividad 1 quedó expuesta la heterogeneidad en conocimientos previos

¹² El objetivo era captar la atención de los estudiantes para obtener respuestas precisas.

de química y los esfuerzos en estrategias deductivas para lograr algunas correspondencias correctas entre nombre químico y su fórmula.

La evaluación cualitativa de las docentes pudo rescatar que los estudiantes al finalizar la clase valoraron y dieron importancia al conocimiento químico, como base para comprender cómo las prácticas agropecuarias modifican el ciclo del nitrógeno en los suelos.

Respecto de la Actividad 3 y 4

Respecto a las consignas químicas, los estudiantes lograron clasificar los compuestos químicos y asignar números de oxidación de elementos químicos involucrados. La mayor dificultad se presentó en el nombre o fórmula química para el caso de sales y ácidos oxigenados.

La preparación de la Actividad 4 les resultó interesante y se logró motivación y compromiso para la tarea auto-regulada de cada grupo: un grupo realizó una entrevista a un Ingeniero Agrónomo; otros quisieron recrear la experiencia de laboratorio de determinación de nitrógeno en suelo, o realizaron en el aula la reacción química entre bicarbonato de sodio y vinagre para simular el caso de contaminación ambiental que ocurrió en el lago Nyos. Seis grupos elaboraron Power Point (algunos incluyeron videos); otros tres usaron pizarrón y uno una cartulina. Los grupos mostraron con orgullo sus exposiciones¹³. Las evaluaciones entre los subgrupos fueron enriquecedoras y en un marco de respeto y reconocimiento, poniéndose en evidencia la importancia de que todos hubieran discutido los cuatro artículos durante la Actividad 3 y que todos contaran de antemano con la grilla evaluativa (Figura 3).

Respecto de la actividad 5

Los resultados provenientes de la encuesta de opinión de los estudiantes (Figura 3) se presentan en las Figura 6.

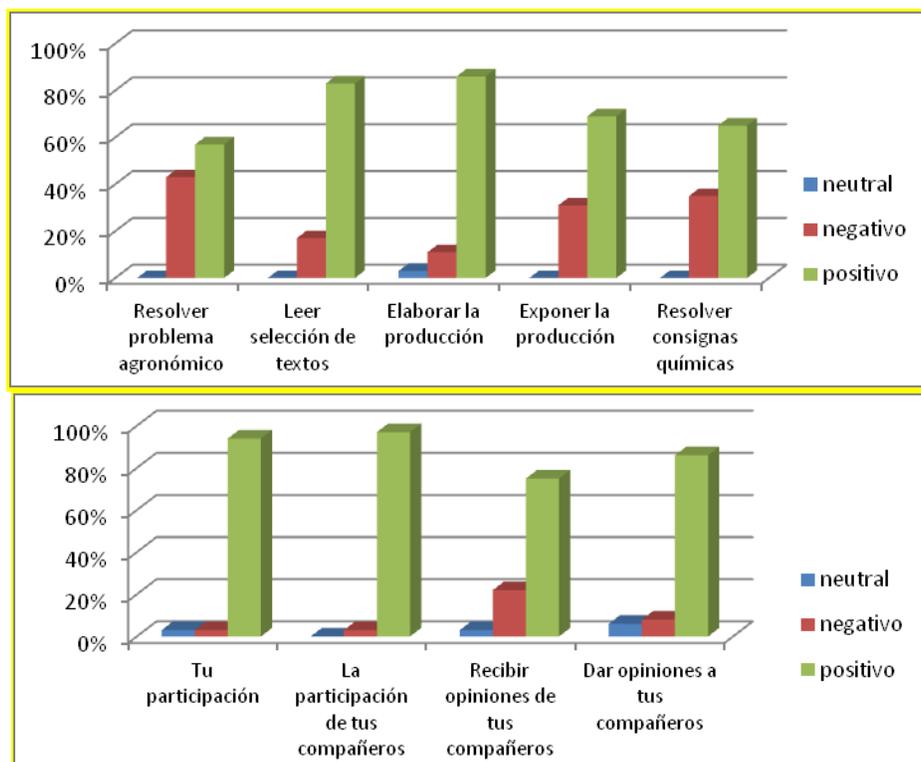


Figura 6. Porcentaje de opiniones de estudiantes de la cohorte 2017 respecto a las actividades (gráfico superior) y respecto a actitudes (inferior) desarrolladas durante la propuesta didáctica.

Se observa que los resultados fueron muy positivos tanto respecto a las actividades como a las propias actitudes.

La actividad que los estudiantes percibieron como menos positiva fue la Resolución del problema agronómico (Actividad 1), que clasificaron como "difícil", posiblemente porque culturalmente siempre se sienten presionados a contestar sólo de forma "correcta".

Con respecto a las actitudes, hubo una percepción menos positiva en recibir las opiniones y valoraciones de los compañeros, aun cuando éstas fueron respetuosas y con muy buen nivel de valoración.

CONCLUSIONES

La propuesta didáctica presentada en este artículo resultó ser muy motivadora para los estudiantes de la primera asignatura con contenidos químicos del primer año universitario, de la carrera de Agronomía. La idea tras el desarrollo era abordar los temas de *fórmulas químicas* y *nomenclatura de compuestos inorgánicos* -usualmente iniciales-, dentro del acotado tiempo dedicado a ellos y con la inclusión de una perspectiva de enseñanza en contexto, como forma de superar la tradicional presentación clasificatoria y normativa del tema, sin elementos atractivos para el aprendizaje.

El MACCS resultó un marco didáctico apropiado para planificar las actividades contextualizadas, lográndose predecir conflictos cognitivos, anticipar errores, y anticipar compromiso, motivación y actitudes positivas frente al aprendizaje.

Los problemas contextualizados en el perfil de un profesional agrónomo resultaron desafiantes para los estudiantes y apropiados para estimular sus esfuerzos de resolución. Esto generó interés, en un clima cordial, donde las docentes respetaban las contribuciones de los estudiantes como partes sustanciales de los procesos idiosincrásicos de aprendizaje. Este ambiente facilitador y respetuoso incluyó a las instancias de presentación de los trabajos finales, donde los estudiantes se mostraron creativos, buscaron material informativo adicional, y pusieron de manifiesto un alto compromiso por brindar esfuerzos explicativos sobre los contenidos químicos objeto de aprendizaje. Las actividades incluían instrumentos que permitieron a las docentes –y a los propios estudiantes- monitorear procesos de aprendizaje, tanto grupales como individuales, de forma cualitativa –estos temas son introductorios y, por lo tanto, nunca son evaluados en forma numérica en los exámenes parciales.

Los estudiantes desplegaron muchas más capacidades que aquellas pasivas de las clases tradicionales. Toda la propuesta pudo llevarse a cabo en el tiempo previsto, que en el curso tradicional se dedicaba a la presentación de reglas teóricas y ejercicios, mientras en esta propuesta se destinó a originar y resolver conflictos cognitivos en los estudiantes, motivarlos para un trabajo intenso extra clase y auto-regulado, y para darles espacio de lucimiento personal y grupal. La propuesta se diferenció de la tradicional resolución de problemas químicos tipo y posterior tediosa ejercitación, y apuntó a la motivación, a mejorar la auto-estima de los estudiantes de agronomía, con valoración positiva y toma de conciencia sobre la importancia de los conceptos químicos subyacentes a los conocimientos requeridos en el desarrollo de su futura profesión.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adúriz-Bravo, A. (2005) *Una introducción a la naturaleza de la ciencia: la epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.
- Caamaño, A. (2018) Enseñar química en contexto: un recorrido por los proyectos de química en contexto desde la década de los 80 hasta la actualidad. *Educación química*. 29,1, 21-54. <http://revistas.unam.mx/index.php/req/article/view/63686>
- Díaz Barriga, F. (2006). Aprendizaje basado en problemas. De la teoría a la práctica: Carlos Sola Ayape (Dir. Ed.) México, Trillas, 2005, 221 pp. *Perfiles educativos*, 28(111), 124-127. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-26982006000100007

- Galagovsky, L.R. (2004a). Del aprendizaje significativo al aprendizaje sustentable. Parte I. El modelo teórico. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(2), 229-240.
- Galagovsky, L.R. (2004b). Del aprendizaje significativo al aprendizaje sustentable. Parte II. Derivaciones comunicacionales y didácticas. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(3), 349-364.
- Galagovsky, L., Bekerman, D., y Di Giacomo, M. A. (2014). Capítulo 7. Enseñanza de la química: lenguajes expertos como obstáculos de aprendizaje pp 107-118, en *Avances en Didáctica de la Química: Modelos y lenguajes*, Editores Merino C, Arellano, M y Adúriz Bravo, A. Ediciones Universitarias de Valparaíso. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, Chile. <http://www.ccpems.exactas.uba.ar/biblio/Modelos%20y%20Lenguajes.pdf>
- Goyeneche, M. A. (2018) Indagación sobre alternativas de enseñanza aplicadas en un curso introductorio de Química universitaria sobre los temas Tabla Periódica y Fórmulas y Nomenclatura Química. Tesis. FAHCE. UNLP. <http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/tesis>
- Goyeneche, M. A., y Galagovsky, L. R. (2020) Química para Agronomía: tres años de experiencia innovadora. Simposio virtual Enseñanza de las Ciencias Naturales #4. <https://www.youtube.com/watch?v=JAZAP8r84eA>
- Marban, L., y Ratto, S. (2005). Nitrógeno del suelo. *Tecnologías en análisis de suelos*. (117-122) Buenos Aires, Argentina: Asociación Argentina Ciencia del suelo.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Perspectivas para el medio ambiente. Agricultura y medio ambiente. <http://www.fao.org/3/y3557s/y3557s11.htm>
- Petrucci, R. H., Herring, F.G., Madura, J. D., y Bissonnette, D. (2011) *Química General. Principios y aplicaciones modernas*. Madrid. España: Pearson
- Porlán, R., y Martín, J. (1999) El diario del profesor. Un recurso para la investigación en el aula. (7) Sevilla: Díada.
- Sala, L. (2011) La química de los metales involucrada en biología: la bioinorgánica. En L. Galagovsky (Dir.) *Química y civilización* (312-315). Buenos Aires: Argentina: Asociación Química Argentina.
- Sirvent, M.T. (2003) *El proceso de investigación*. Ficha 1. Cátedra de Investigación y Estadística Educativa I. Facultad de Filosofía y Letras. UBA. OPFyL.
- Thomas, G.P. (2020). A Bibliography on Metacognition (and some related topics). https://www.academia.edu/43061992/A_Bibliography_on_Metacognition_and_some_related_topics