

Desarrollo de competencias: resolver problemas y comunicar con efectividad en química

Cristina S. Rodríguez, Mabel I. Santoro, Juliana Huer-go, Verónica M. Relling y Lucía Imhoff

Universidad Nacional de Rosario. Área Química del Departamento de Física y Química de la Escuela de Formación Básica de la Facultad de Ciencias Exactas Ingeniería y Agrimensura.

Contacto: cristina@fceia.unr.edu.ar

RESOLVER PROBLEMAS Y COMUNICAR CON EFECTIVIDAD EN QUÍMICA UNA MODESTA CONTRIBUCIÓN AL DESARROLLO DE COMPETENCIAS DE EGRESO DEL INGENIERO



RESUMEN

La asignatura Química en FCEIA de UNR pretende lograr que el estudiantado adquiera habilidades y capacidades aportativas al desarrollo de competencias genéricas y específicas del ingeniero no químico. Describimos capacidades al ingresar y al finalizar los cursos de Química de 2015, referidas a la resolución de problemas y a la expresión de la justificación de procedimientos y resultados como señal de comunicación efectiva de tal resolución. Divisamos un modesto avance respecto al inicio del curso pero seguimos detectando debilidades importantes en los aprendizajes que, lejos de ser significativos, parecen memorísticos y no válidos para la acreditación de la asignatura.

ABSTRACT

The Chemistry course in FCEIA of UNR aims to get students to acquire skills and abilities to contribute to the development of generic and specific skills of the non-chemical engineer. We describe abilities when entering and at the end of the Chemistry courses of 2015, referring to the resolution of problems and to the expression of the justification of procedures and results as a signal of effective communication of such resolution. We show a modest advance with respect to the beginning of the course, but we continue to detect important weaknesses in the learning that, far from being significant, seem to be of memory and not valid for the accreditation of the subject.

Palabras clave: química, comunicación efectiva, desarrollo de competencias.

Keywords: chemistry, effective communication, competence development.

INTRODUCCIÓN

Una de las maneras de fortalecer el rol de la asignatura QUÍMICA en el plan de estudios de las ingenierías de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura (FCEIA) de la Universidad Nacional de Rosario (UNR) es el cumplimiento de objetivos que, en términos de capacidades a lograr por el estudiantado, aportan al desarrollo de las competencias del ingeniero. CONFEDI [1] clasifica a las competencias en: de *EGRESO* (Genéricas: comunes a todos los ingenieros y Específicas: comunes a los ingenieros de una misma terminal); de *ACCESO* (básicas, transversales y específicas a la carrera) y recomienda que las asignaturas básicas como Química privilegien el razonamiento lógico, la argumentación, la experimentación, el uso y organización de la información y la apropiación del lenguaje común de la ciencia y la tecnología. Dentro de las competencias Genéricas nos interesan especialmente dos:

a) una de las Tecnológicas (Resolver Problemas) que implica el desarrollo de capacidades como: identificar y organizar los datos pertinentes al problema; delimitar el marco teórico subyacente; identificar lo que es relevante conocer; evaluar el contexto particular del problema; formularlo de manera clara y precisa; establecer supuestos, de usar técnicas eficaces de resolución y de estimar errores; usar lo que ya se conoce.

b) una de las Sociales, Políticas y Actitudinales (Comunicarse con Efectividad) que implica el argumentación, la experimentación, el uso y organización de la información y la apropiación del lenguaje común de la ciencia y la tecnología. Dentro de las competencias Genéricas el desarrollo de capacidades como: expresarse de manera concisa, clara y precisa, tanto en forma oral como escrita; producir textos técnicos (descriptivos, argumentativos y explicativos), rigurosos y convincentes; utilizar y articular de manera eficaz distintos lenguajes (formal, gráfico y el desarrollo de capacidades como: expresarse de manera concisa, clara y precisa, tanto en forma oral como escrita; producir textos técnicos (descriptivos, argumentativos y explicativos), rigurosos y convincentes; utilizar y articular de manera eficaz distintos lenguajes (formal, gráfico y natural); analizar la validez y la coherencia de los textos científicos.

Consideramos que el desarrollo y adquisición de las capacidades, habilidades y destrezas específicas de Química logradas por el estudiantado al acreditarla, se constituyen en insumos valiosos para la comprensión y aprendizaje de aquellas asignaturas que van definiendo la especialidad de la ingeniería, posteriores a Química y que se nutren de ella. Sin embargo, para los estudiantes el logro

exitoso de tales capacidades aportativas a las de *EGRESO* solo puede alcanzarse si en los primeros años universitarios fortalecemos las de *ACCESO*, aquellas que fueron adquiridas en la instrucción previa.

La resolución de problemas y la comunicación con efectividad son competencias genéricas que atraviesan todo el diseño curricular de las carreras de ingenierías, es decir, competen a todas las asignaturas. Es nuestro propósito facilitar de manera explícita la adquisición de aquellas capacidades, habilidades, actitudes y destrezas que aporten favorablemente al desarrollo de tales competencias durante los procesos de enseñanza y aprendizaje, incluir estrategias que permitan evaluar y acreditar su adquisición y poner en evidencia el logro de los aprendizajes específicos propuestos.

Estamos convencidos que es absolutamente necesario a) conocer con qué habilidades, capacidades y destrezas inician el curso de Química en el segundo año de todas las carreras de Ingeniería; b) revelar aquellas que deseamos que los alumnos alcancen; c) explicitar las condiciones necesarias para que puedan alcanzarlas y justificar el por qué es necesario que las desarrollen y d) conocer si, a través de las capacidades adquiridas y fortalecidas al finalizar el curso, se produjeron los aprendizajes para la acreditación de la asignatura.

En este trabajo, enmarcado en el proyecto bienal ING497, describimos capacidades del estudiantado al ingresar y al finalizar el curso de Química de ambos semestres del 2015 referidas a la resolución de problemas de química y a la expresión de la justificación de procedimientos y resultados como señal de comunicación efectiva de tal resolución.

Contexto

Química es una asignatura que se dicta en comisiones (seis) conformadas por estudiantes (40-60) de todas las ingenierías dictadas en la FCEIA. Por ello es que, como profesores, nos enfrentamos con desafíos constantes y permanentes. No solo disponemos de cinco horas semanales en un único cuatrimestre con escasos recursos, sino que enseñamos a una cantidad importante de futuros ingenieros no químicos con actitudes poco favorables para estudiar Química con continuidad y con marcada inmadurez para desempeñarse como adulto joven en el aula universitaria.

Aproximadamente un 70% de los alumnos afirma no haber cursado Química, en ningún curso previo al universitario. Presentan un bajo nivel de competencia argumentativa puesto que el sistema educativo previo al universitario no la desarrolla. Por otro lado, Rodríguez y col [2], [3] concluyen que ciertos libros universitarios de química que habitualmente son usados por el profesorado y por los

estudiantes no contienen actividades que enseñen explícitamente a justificar y a argumentar

Como consecuencia de estos factores, los estudiantes que inician el curso de química poseen baja autonomía en la resolución de problemas, dificultades en el procesamiento de la información escrita en términos del idioma propio, y/o simbólico, problemas para decodificar con fidelidad el mensaje de los enunciados, y nula capacidad para justificar correcta y completamente los resultados, los procedimientos matemáticos y los criterios de selección entre diferentes teorías para la interpretación del problema.

Así, en el diseño curricular de la asignatura química, acorde a la investigación educativa y al planteamiento de los objetivos, proponemos, en las actividades de formación, práctica, tareas que pongan en relieve la evolución de las capacidades, habilidades, destrezas y actitudes desde el ingreso al curso de Química hasta la acreditación de la asignatura en el examen final, en un ambiente áulico de permanente reflexión y diálogo sobre el proceso de resolución y sobre cómo debe ser la expresión de una comunicación efectiva. Evaluamos el avance de la adquisición de capacidades y habilidades explicitando los indicadores de logro, señales observables que nos permiten saber si se producen los aprendizajes propuestos y si los mismos satisfacen o no las pautas de acreditación.

Resolución de problemas en Química y Comunicar con efectividad en Química

Si interpretamos a un problema como situación en la cual se desconoce el camino a seguir para llegar a la solución y a un ejercicio como el conocer dicho camino por experiencia previa, debemos reconocer, entonces, que los ejercicios que se plantean en el aula y laboratorio de Química constituyen problemas para los estudiantes de ingeniería, y requieren de la adquisición de determinadas competencias.

La cátedra de Química propone la resolución de ejercicios contextualizados e integrados, lo más cercanos a la realidad del estudiante de ingeniería. Por lo general son cerrados, cuantitativos y cualitativos, con o sin selección de opciones, y cuya resolución debe estar justificada.

En términos de capacidades a desarrollar, abarca:

a) Comprensión lectora:

Interpretar, significar términos del enunciado, extraer datos, reconocer información faltante (marco teórico); representar simbólicamente el fenómeno químico (modelización), identificar las incógnitas;

b) Resolución:

Justificar los datos elegidos desde la teoría subyacente; justificar los criterios para seleccionar el método de resolución pertinente; establecer

relaciones matemáticas entre datos y conclusión; realizar procedimientos matemáticos de validez química; seguir una secuencia de resolución planificada; evaluar los resultados intermedios; obtener un resultado coherente con la situación, detectar incoherencias, comunicar los resultados en un lenguaje comprensible, usar la notación y las unidades que corresponden; justificar procedimientos y resultados y argumentar conclusiones y selección de opciones;

c) Aprendizaje colaborativo:

Aprender con otros y de otros; trabajar en equipos, construir significados compartidos a través de la interacción dialógica.

La adquisición de estas capacidades se favorece mediante el aprendizaje del conocimiento lingüístico y semántico del enunciado; de un adecuado encaje del mismo sobre la base de conocimientos previos y la adquisición de las habilidades cognitivo-lingüísticas *justificar y argumentar*.

Es importante la construcción de significados de los términos con los cuales se construyen los enunciados de los ejercicios en química, y es muy relevante que buena parte de dicha construcción se lleve a cabo en el laboratorio.

Justificar y argumentar posibilita responder por qué: i) los datos seleccionados son los que permiten arribar a la conclusión; ii) es necesario realizar determinados procedimientos matemáticos; iii) ciertas expresiones matemáticas no son idóneas para traducir conceptos químicos; iv) es preciso el control de resultados parciales y el análisis de la coherencia y pertinencia de la conclusión. Enseñar a justificar y a argumentar es una práctica permanente que atraviesa todas las instancias de aprendizaje y se logra a través de la participación dialógica en el salón de clase y laboratorio.

Para suplir la debilidad de no poseer cursos anteriores de Química, la cátedra de Química provee un libro de texto [4] en donde los problemas tipo se encuentran desarrollados en el cuerpo del mismo, y en la plataforma virtual de la Facultad se encuentran problemas integrados resueltos, argumentados y justificados para el aprendizaje de estrategias de resolución que permitan alcanzar una solución correcta. Con este material de cátedra, junto a las consultas y talleres de apoyo que brindan los docentes, las actividades de formación práctica apuntan a la resolución de problemas diferentes a los publicados y de complejidad creciente según avanza el desarrollo del curso, permitiendo la expresión oral y eventualmente escrita de justificaciones y/o argumentaciones. Consideramos que enseñar la capacidad para justificar y/o argumentar la resolución de problemas es un excelente predictor de la actuación del estudiante.

MARCO TEÓRICO

La investigación en resolución de problemas es ciertamente compleja, debido principalmente a la gran variedad de enfoques (psicológico; empírico; modelos de resolución de problemas por investigación MRPI) [5]. Independientemente de las aproximaciones, es una de las estrategias fundamentales, una de las más utilizadas por los profesores de ciencias, durante la instrucción y en la evaluación, desempeñando un objetivo a lograr en la educación en ciencias. Genera un gran esfuerzo y es fuente de dificultades y de desmotivación para estudiantes [6], [7] Por su parte, como una actividad promotora de la capacidad metacognitiva, Camacho González y Quintanilla Gatica la consideran

“actividad científica a través de la cual se construye conocimiento” y, “competencia básica que ha de ser desarrollada sistemáticamente de manera intencionada didácticamente” [8]. Además, la resolución de problemas como “competencia transversal trasciende los límites de una disciplina para desarrollarse potencialmente en todas ellas, porque implica la capacidad de usar funcionalmente los conocimientos y habilidades en contextos diferentes”. Por todo esto, se genera una aptitud que “permite afrontar las competencias específicas con mayor garantía de éxito” [9].

El desarrollo de esta capacidad está fuertemente asociado al tipo de problemas [10]. En este sentido, algunos investigadores sugieren que el uso de problemas algorítmicos no es adecuado y, si bien reconocen que pueden ser útiles en un comienzo de la instrucción, no desestiman el escaso valor como indicadores de comprensión de conceptos, por lo cual su extensa utilización es cuestionada. Al respecto, [5, p.2] diferencian problemas abordados con metodología investigativa / constructivista, de ejercicios cerrados y numéricos, remarcando que éstos

“han sido, son y probablemente serán muy utilizados” y, si bien algunos investigadores “los consideran casi incompatibles con una enseñanza de corte investigativa”, hay otros que “los consideran verdaderos problemas para estudiantes, indicativos de la estructura cognoscitiva de éstos”.

En cuanto a la comunicación, el cambio de contexto que significa el ingreso a la universidad implica nuevos tipos de discurso, un nuevo uso del lenguaje, con particularidades propias de este ámbito social, por lo cual es necesario operar sobre el desarrollo de la escritura y la oralidad. La adquisición de la lectura y la escritura se completa a través del tiempo, pues cada campo de conocimiento y

contexto requiere, para los que se inician en la universidad, continuar aprendiendo a leer y a escribir. Estas competencias básicas son los medios inevitables para elaborar y comprender escritos, para la construcción de conocimientos específicos y para vislumbrar sobre cómo aprenden [11]. Consideramos que los estudiantes no solo deben interpretar aquello que leen y se les solicita, sino demostrar que pueden escribir textos científicos argumentativos y justificativos coherentes con sus conclusiones como parte del aprendizaje de comunicar en ciencias, a hablar y escribir ciencias y a desarrollar competencias como aprender a aprender. Como lo afirman algunos autores [12]-[16], estas capacidades contribuyen a *hacer públicos los procesos cognitivos* (apoyar opiniones y conclusiones con pruebas y evaluar las diferentes opciones alternativas o explicaciones ante una situación); *la apropiación de la cultura y las prácticas científicas* (hablar y elaborar textos científicos, con las formas lingüísticas utilizadas por la ciencia, de carácter descriptivo, argumentativo y justificativo); *desarrollar el razonamiento y criterios inferidos* (construir conocimiento a partir de justificar los datos, evidencias o fenómenos, que lleven a establecer una afirmación o conclusión, de forma relevante en función de fundamento científico aceptado).

Enseñar a resolver problemas conjuntamente con la enseñanza, necesita justificar resoluciones y conclusiones, evaluar las diferentes opciones alternativas y argumentar la elección, permite que los estudiantes aprendan a elaborar textos científicos (justificativos y argumentativos), autorregulen su aprendizaje, realicen aprendizajes significativos y mejoren la comunicación efectiva en Química en el contexto de su enseñanza en carreras de ingenierías no químicas.

OBJETIVOS

Generales

- Conocer las habilidades y capacidades al ingreso y al egreso del curso de Química en ambos cuatrimestres del 2015
- Conocer cuáles se fortalecieron, cuáles se adquirieron y cuáles aún faltan desarrollar

Particulares

- Analizar las resoluciones de los estudiantes del instrumento aplicado al inicio de cada cuatrimestre del 2015, para saber qué capacidades básicas y específicas poseen.
- Analizar las resoluciones de los estudiantes del instrumento aplicado en la evaluación de acreditación en cada uno de los cuatrimestres del 2015 para saber qué capacidades han adquirido.

METODOLOGÍA

Este trabajo está enmarcado en la enseñanza, aprendizaje y evaluación de capacidades/habilidades en el contexto de las carreras de ingenierías no químicas. Con una aproximación cualitativa, analizamos datos descriptivos como las expresiones escritas de los estudiantes en el aula de clase y el laboratorio de química. Para el análisis de las justificaciones, elaboramos textos justificativos de referencia de tipo III según el modelo Argumental de Toulmin [16].

Se construyeron modelos de justificación de referencia para la resolución de problemas de química basado en el esquema Argumental de Toulmin. Luego, en base a estos modelos, elaboramos y enunciamos un listado de capacidades a investigar como: identificar los datos explícitos del problema y la incógnita; utilizar la información faltante adecuada; realizar procedimientos matemáticos de validez química; obtener un resultado pertinente; comunicar los resultados en un lenguaje comprensible y usar la notación y las unidades que corresponden; justificar y argumentar procedimientos y resultados.

Construcción y Aplicación de Instrumentos

Instrumento I-1

Para conocer el perfil de los estudiantes al inicio del curso, se construyó el I-1¹: que consistió en la resolución escrita individual de un problema con dos ítems: a) de respuesta única y b) dos respuestas según el análisis de los factores que influyen en el resultado. Ambas respuestas debían estar explícitamente justificadas.

La investigación se centró en los estudiantes que cursaban el segundo año de las carreras de ingeniería de la FCEIA y estaban presentes en la primera clase de una comisión de formación práctica, en un tiempo de 25 min y que manifestaron su voluntad de participar. Fueron 80 estudiantes al inicio del primer cuatrimestre de 2015 y 90 estudiantes al comienzo del segundo cuatrimestre de 2015. Las capacidades investigadas fueron la resolución de un problema de química y la justificación del resultado del mismo.

INSTRUMENTO I-1

Lea atentamente el siguiente ejercicio: Se hizo reaccionar un material que contiene cinc al 65 % de pureza, con solución de HCl(ac). La reacción representada por: $\text{Zn(s)} + 2\text{HCl(ac)} \rightarrow \text{H}_2\text{(g)} + \text{ZnCl}_2\text{(ac)}$, cursó con 89 % de rendimiento. Al finalizar la reacción el volumen de gas obtenido fue 40 L en CNPyT. Responda las siguientes preguntas con MAYOR ó MENOR ó IGUAL y justifique dicha respuesta, a) Cómo será el valor del Volumen de gas obtenido si el porcentaje de rendimiento fuera 100 % (manteniendo constantes todos los otros datos), b) Cómo será el valor del volumen de gas obtenido si el porcentaje de pureza del cinc fuera 90 % (manteniendo constantes todos los otros datos).

Para analizar las respuestas obtenidas del instrumento, tuvimos en cuenta el resultado correcto y la expresión de su justificación. Consideramos que el resultado correcto con la justificación cabalmente explicitada son indicadores de que el estudiante posee capacidad específica química. Los conceptos básicos de química puestos en juego en este instrumento son: interpretación de la representación simbólica, reactivo limitante, porcentaje de pureza, rendimiento de una reacción, que suponemos son competencias específicas básicas que deberían haberse adquirido en la instrucción previa a la universitaria.

Instrumento I-3 (a y b)

Para comprobar si los estudiantes fortalecieron y/o adquirieron las capacidades que nos propusimos enseñar, se construyó el instrumento I-3. Consistió en una pregunta de respuesta única y cuantitativa (problema integrado) incluida en la evaluación de acreditación de la asignatura, realizada al finalizar cada cuatrimestre de 2015 (primer cuatrimestre I-3a y segundo cuatrimestre I-3b). La evaluación contenía 5 preguntas a resolver, de respuesta única, tipo cualitativo y cuantitativo donde estaban involucrados la casi totalidad de contenidos de la asignatura. Los estudiantes tuvieron 140 min para realizarla, munidos de tabla periódica, tablas de constantes y datos esenciales para la resolución de la misma. El instrumento I-3 (a y b), fue resuelto por todos los estudiantes presentes en la evaluación de acreditación de cada cuatrimestre; sin embargo, para este trabajo, se analizaron sólo las respuestas de los estudiantes que respondieron al I-1.

1. El I-1 fue aplicado en el primero y segundo cuatrimestre del año 2015 al comienzo, y durante varias semanas en una muestra muy pequeña de estudiantes (25 y 37 estudiantes respectivamente), en forma paralela a esta investigación. Además en el primer cuatrimestre de 2015 se aplicó y analizó un instrumento: el I-2, que consistía en la resolución de un problema de la primera evaluación en la semana ocho del curso.[17]

I-3a: De los 80 estudiantes que comenzaron el curso y respondieron el I-1, solo 38 estudiantes respondieron el instrumento I-3a.

INSTRUMENTO I-3a

Un efluente industrial contiene disueltas las siguientes sustancias: tricloruro de aluminio, dicloruro de calcio y monocloruro de potasio. El análisis cuantitativo de una muestra de 0,05 L de efluente arrojó los siguientes resultados: $[Al^{3+}(ac)] = 2M$, $[Ca^{2+}(ac)] = 0,5 M$ y $[K^+(ac)] = 0,1M$

1.- Calcule la cantidad de anión cloruro presente en la muestra.

2.- Calcule el pH del efluente. Justifique la resolución y el resultado.

3.- Si electrolizara este efluente en condiciones estándar, indique y justifique qué sustancia obtendría en el cátodo.

I-3b: De los 90 estudiantes que comenzaron el curso y respondieron el I-1, solo 60 estudiantes respondieron el instrumento I-3b.

INSTRUMENTO I-3b

Se intentan disolver las siguientes sustancias sólidas en 1L de solución 1M de HCl.

a.-10 g de cloruro de plata b.-15 g de cobre metálico c.-20 g de carbonato de calcio.

1.- Indique en cuál/es casos es posible y en cuál/es no se logra la disolución. Justifique

2.- Represente simbólicamente la/las disoluciones químicas posibles.

3.- Calcule el pH final en cada uno de los TRES CASOS.

Los cálculos con procedimientos matemáticos de validez química; la representación simbólica de especies químicas y fenómenos; la aplicación de los conceptos de molaridad, cantidad de sustancia, pH, electrólisis; el empleo de tablas (periódica, constantes ácido-base y potenciales de reducción) y la expresión completa de las justificaciones solicitadas son indicadores de que el estudiante comprende y sabe aplicar los contenidos a un caso determinado en un contexto más complejo, es decir, posee capacidad específica en resolución de problemas y para comunicarse con efectividad en química.

RESULTADOS

Respuestas al I-1

Al comenzar el curso de ambos cuatrimestres, los resultados al I-1 mostraron muy escasa, casi

nula, capacidad en resolución y justificación de los procedimientos y resultados.

Ítem a) Solo un 7 % de los estudiantes justificó completa y correctamente, explicitando el concepto de rendimiento. La mayoría no respondió la pregunta.

Ítem b) Ningún estudiante expresó completa y correctamente por qué pueden obtenerse dos valores diferentes de volumen, según si el ácido es o no el reactivo limitante.

La mayoría de los estudiantes no contestaron la pregunta y entregaron en blanco, entregando la hoja inmediatamente, dando cuenta de las limitaciones de conocimiento disciplinares adquiridos en la escuela media.

Respuestas al I-3

I-3a: El 33 % de los 38 estudiantes respondió bien todos los ítems. En general, los estudiantes que respondieron mal, presentaron debilidades en: interpretación de conceptos de cantidad de sustancia y molaridad; planificación de una secuencia de resolución; detección de errores en resultados intermedios; registro de resultados coherentes; comunicación de resultados con unidades y expresiones correctas y justificaciones completas apelando a datos tabulados y expresando el por qué los utilizaron.

I-3b: De los 60 estudiantes que respondieron al instrumento, ningún estudiante contestó los tres ítems bien (Tabla 1)

Tabla 1: Porcentaje de estudiantes que justificaron el ítem 1

	Disolución de AgCl	Disolución de Cu	Disolución de $CaCO_3$
Expresión de una justificación	58 %	76 %	100 %

En rigor, solo una ínfima cantidad de estudiantes justificaron completa y correctamente y calcularon exactamente el resultado final (Tabla 2)

Tabla 2: Porcentaje de estudiantes que respondieron exitosamente

	Disolución de AgCl	Disolución de Cu	Disolución de $CaCO_3$
Todos los ítems respondidos correctamente	8 %	43 %	30 %

Algunos estudiantes calcularon exactamente el pH de las mezclas pero justificaron incorrectamente el fundamento del fenómeno (Tabla 3). Independientemente de qué teoría hayan utilizado para justificar el fenómeno, el cálculo final es correcto.

De no exigir la justificación, todos estos estudiantes hubieran aprobado este ítem del problema.

Tabla 3: Porcentaje de estudiantes con resolución exacta y justificación no válida

	Disolución de AgCl	Disolución de Cu	Disolución de CaCO_3
<i>Expresión de una justificación incorrecta y resultado correcto</i>	50 %	33 %	27 %

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Todas las evaluaciones de acreditación presentan situaciones a resolver que demandan de una justificación o una argumentación expresadas como texto argumental o justificativo. Las producciones escritas, de solo un grupo pequeño de estudiantes demuestran que han adquirido la capacidad para resolver problemas y comunicarse con efectividad.

En el resto se observan debilidades importantes:

- No planifican la resolución
- No administran el tiempo de respuesta
- Reducen la resolución a la aplicación de una o varias expresiones matemáticas, sin saber su contexto de utilización ni su significado químico.
- Describen los procedimientos matemáticos sin explicitar por qué la necesidad de realizarlos.
- No explicitan la elección de procedimientos matemáticos adecuados para que los resultados posean validez química
- Escriben definiciones para justificar procedimientos
- Omiten unidades
- Ciertas justificaciones encontradas apelan solo a datos tabulados, sin explicitar la teoría correspondiente de por qué esos datos son los adecuados para arribar a la conclusión.
- Comprensión de conceptos básicos.

Llama la atención el alto porcentaje de estudiantes que responden bien al cálculo del pH del I-3b habiendo justificado mal de por qué se disuelve. Este error, de plantear una justificación en un marco teórico equivocado no es el resultado de una falta de estudio, sino que demuestra aprendizajes incorrectos. El cambio de marco teórico para resolver el problema numérico correctamente, alude a aprendizaje correcto pero memorístico. Los estudiantes saben que el componente principal de las calizas se disuelve por acción de los ácidos y, cómo no pueden relacionarlo con la teoría correspondiente, apelan a cualquier otra, cometiendo graves

errores de interpretación del lenguaje y afianzando concepciones alternativas que, lógicamente no pudieron ser resueltas durante la instrucción.

Por todo lo expuesto, concluimos que, sin descuidar los procedimientos matemáticos de validez química, debemos focalizarnos más en la interpretación conceptual de las cuestiones a resolver e insistir con ejemplos y tratamiento de situaciones donde se ponga de manifiesto la importancia de la rigurosidad del lenguaje, haciendo más hincapié en la comprensión lectora, interpretación, cálculo y expresión oral y escrita de argumentos y justificaciones.

Si bien la bibliografía da cuenta de lo abundante que es la investigación educativa en aula referida a la temática, consideramos que enseñar a justificar y argumentar problemas cualitativos y cuantitativos con la herramienta que es el Modelo Argumental de Toulmin, en solo 16 semanas de cursado con 5 h semanales de clases, resulta un avance importante para la didáctica de la química.

En los docentes impacta favorablemente a la hora de la creación o búsqueda de enunciados conceptuales e integrados en donde se enfatiza la rigurosidad del lenguaje, las relaciones de significado que permitan sacar a la luz las concepciones alternativas de los aprendizajes significativos incorrectos.

En los estudiantes, resolver problemas de química justificando o argumentando, permite hacer públicos sus razonamientos sus aprendizajes incorrectos, sus fundamentos para seleccionar las opciones correctas, y fundamentalmente para aprender a aprender.

La escritura y la lectura y aún más la lectura disciplinar, deben ser promovidas en espacios creados para aprender a hablar ciencias donde los estudiantes se permitan reflexionar sobre lo que aprenden, el por qué, y el cómo, a través del desarrollo de competencias metacognitivas y comunicativas, no solo para desenvolverse con solvencia en química sino para transitar con éxito su formación universitaria.

REFERENCIAS

- [1] CONFEDI. (2014). Competencias en ingeniería. Declaración de Valparaíso sobre Competencias Genéricas de Egreso del Ingeniero Iberoamericano. Competencias Genéricas de Egreso del Ingeniero Argentino. Competencias Requeridas para el Ingreso a los Estudios Universitarios en Argentina
- [2] Rodríguez, C.S.; Santoro, M.I.; Juárez, S.M. (2014). Las explicaciones científicas presentes en un libro de Química universitaria y su análisis desde la perspectiva toulminiana. *Revista Argentina de Enseñanza de la Ingeniería* 15(27), 11-18.

- [3] Rodríguez, C.S.; Santoro, M.I.; Juárez, S.M. (2015). Los ejercicios propuestos en los libros universitarios de química y sus respuestas ¿favorecen el desarrollo de la capacidad argumentativa del lector? *Anuario Latinoamericano de Educación Química XXX (I)*, 10-15.
- [4] Pliego, O.H.; Rodríguez, C.S. (2012). *Introducción a la Química General para Ingenierías y Ciencias Exactas*. Magenta Impresos Rosario.
- [5] Vázquez Bernal, B.; Jiménez Pérez, R. (1999). La importancia de la discusión a través de la evaluación en la resolución de ejercicios de Física y Química integrada en el proceso de enseñanza-aprendizaje. En *La Didáctica de las Ciencias. Tendencias actuales*, 477-486. Servicio de Publicaciones.
- [6] Solaz Portolés, J.J.; Rodríguez Miguel, C.; Gómez López, Á.; Sanjosé López, V. (2010). Conocimiento metacognitivo de las estrategias y habilidades mentales utilizadas para resolver problemas: un estudio con profesores de ciencias en formación. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 24, 139-152.
- [7] Solaz Portolés, J.J.; Sanjosé López, V.; Gómez López, Á. (2011). Aprendizaje basado en problemas en la Educación Superior: una metodología necesaria en la formación del profesorado. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 25, 177-186.
- [8] Camacho González, J.P.; Quintanilla Gatica, Mario (2008). Resolución de problemas científicos desde la historia de la ciencia: retos y desafíos para promover competencias cognitivas lingüísticas en la química escolar. *Ciência&Educação*, 14 (2), 197-212.
- [9] Pinto, G.; Ramírez, J.; Matías Arranz, M.C.; Navarrete, D.P.; Urreaga, J.M. (2010). Evaluación de competencias: Un caso práctico en materias de química de titulaciones de Ingeniería. En *Evaluación de competencias en el marco del Espacio Europeo de Educación Superior (II Jornada)*, 197-202. Universidad Rey Juan Carlos. Madrid. España.
- [10] Martínez Losada, C.; García Barros, S.; Mondelo Alonso, M.; Vega Marcote, P. (1999). Los problemas de lápiz y papel en la formación de profesores. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (2), 211-225.
- [11] Carlino, P. (2005). *Escribir, leer y aprender en la Universidad*. Buenos Aires. Fondo de Cultura Económica.
- [12] Jiménez-Aleixandre, M.P.; Díaz de Bustamante, J. (2003). Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas. *Enseñanza de las Ciencias*, 21 (3), 359-370.
- [13] Jiménez-Aleixandre, M.P.; Erduran, S. (2008). *Argumentation in Science Education: perspectives from classroom-based research* (pp. 3-27). Dordrecht: Springer.
- [14] Sardà Jorge, A.; Sanmartí Puig, N. (2000). Enseñar a argumentar científicamente: un reto de las clases de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (3), 405-422.
- [15] Lemke, J.L. (1997). *Aprender a hablar ciencia: lenguaje, aprendizaje y valores*. Paidós.
- [16] Toulmin, S. E. (1958). *The uses of argument*. New York. Cambridge University Press.
- [17] Rodríguez, C.S.; Santoro M.I.; Relling V.M. (2015). Competencia en resolución de problemas *Anuario Latinoamericano de Educación Química XXX (II)*, 38-43.