

# *Innovación para la enseñanza de la Química*

## **UNA PROPUESTA INNOVADORA PARA LA ENSEÑANZA DE DISOLUCIONES EN QUÍMICA GENERAL**

Tatiana Edith Vergara

*Universidad Nacional del Chaco Austral, Provincia del Chaco, Argentina*

E-mail: [tatianavergara@uncaus.edu.ar](mailto:tatianavergara@uncaus.edu.ar)

Recibido: 12/05/2023. Aceptado: 26/11/2023.

**Resumen.** El objetivo de este artículo es describir la aplicación de una propuesta didáctica innovadora para el desarrollo de la unidad temática de disoluciones. Esta se ejecutó durante el primer cuatrimestre del año 2021 en Química General de la carrera de Ingeniería Zootecnista (Universidad Nacional del Chaco Austral). La propuesta incluyó el diseño de las actividades y desarrollo de las clases a partir de lo sugerido por el modelo de Johnstone y el empleo de una evaluación formativa. Como resultados favorables, los estudiantes destacaron la mayor comprensión que obtuvieron de los contenidos, la menor carga de estrés y una mayor motivación por asistir a las clases. Finalmente, esta experiencia nos invita a interpelar los métodos, procesos de enseñanza y la evaluación de los aprendizajes empleados por la docencia universitaria.

**Palabras clave.** educación superior, química general, disoluciones, modelo de Johnstone evaluación formativa.

### **Innovative Proposal for the Teaching of Solutions in General Chemistry**

**Abstract.** The objective of this article is to describe the application of an innovative didactic proposal for the development of the dissolution thematic unit. It was developed during first semester of 2021 General Chemistry subject of the Zootechnical Engineering career (Universidad Nacional del Chaco Austral). The proposal was designed based on the Johnstone model and the use of a formative assessment. In general, the students highlighted as positive aspects the greater understanding they obtained of the contents, less stress and greater motivation to attend classes. This experience invites us to question the teaching methods and processes used by university teaching as well as the evaluation of learning.

**Keywords.** higher education, general chemistry, solutions, Johnstone's Model, formative assessment.

## **INTRODUCCIÓN Y MARCO CONCEPTUAL**

Durante el año 2020, los docentes universitarios de las carreras presenciales nos vimos sumergidos en el desafío de migrar de la presencialidad a la virtualidad en un cerrar y abrir de ojos. La asignatura de Química General del primer año de la carrera de Ingeniería Zootecnista de la Universidad Nacional del Chaco Austral (UNCAUS) no fue ajena a tal situación. En un artículo anterior (Vergara, 2021) se describió la realización de una experiencia



innovadora para la cátedra en el contexto de pandemia y virtualidad. La misma consistió en aplicar una actividad experimental como eje conductor para desarrollar la unidad didáctica de soluciones tomando como referencia teórica el modelo de Johnstone (2000).

En el 2021, se decidió continuar implementando transformaciones en la asignatura acordes no sólo a la situación de virtualidad sino también a las nuevas necesidades didácticas y pedagógicas que fueron surgiendo en el devenir de este espacio disciplinar y en el contexto educativo en general. Sin ir más lejos, los continuos avances científicos y tecnológicos y las nuevas competencias y/o habilidades que exige el mundo actual a los nuevos profesionales en formación, requieren interpelar los métodos y procesos de enseñanza empleados por la docencia universitaria como así también los formatos de evaluación de los aprendizajes (Lizitza y Sheepshanks, 2020)

En este sentido, el objetivo de este artículo es describir la aplicación de una propuesta didáctica innovadora para el desarrollo de la unidad temática de disoluciones ejecutada durante el primer cuatrimestre del año 2021 en Química General de la carrera de Ingeniería Zootecnista (UNCAUS). Esta propuesta incluyó como estrategia metodológica el diseño de las actividades y desarrollo de las clases a partir de lo sugerido por el modelo de Johnstone y la utilización de una evaluación formativa. Por estrategia metodológica se entiende al diseño de actividades que tienen como objetivo la construcción de conocimientos y en la que los y las estudiantes ponen en juego una multiplicidad de procesos cognitivos (Litwin, 1997).

De acuerdo a la bibliografía empleada, los aspectos cuali y cuantitativos de las disoluciones son aspectos que resultan de compleja interpretación para los estudiantes de diferentes niveles educativos (Raviolo y Farré, 2020); sin embargo, su enseñanza tradicional se reduce a la mera resolución algorítmica de ejercicios matemáticos. Situación que se reproduce en la Cátedra de Química General de la carrera de Ingeniería Zootecnista. Raviolo, Schroh y Farré (2022), sugieren abordar el concepto de concentración a través del uso de múltiples estrategias como ser experimentales, situaciones de lápiz y papel, animaciones/simulaciones que permitan a los estudiantes visualizar, diferenciar y controlar las variables involucradas en este concepto, sobre todo la relación de las variables intensivas con las extensivas.

A tal efecto, el modelo de Johnstone propone la existencia de tres niveles representacionales para la comprensión de los conceptos químicos: nivel macro, que sugiere que nuestro primer contacto con los fenómenos se da a través de nuestros sentidos; el nivel micro, relacionado con el comportamiento de partículas subatómicas, átomos, moléculas y el nivel simbólico, a partir del lenguaje que utiliza la química para hacer efectiva la comunicación en la comunidad científica (Talanquer, 2011; Lorenzo, 2020). A su vez, Johnstone (2000) sugiere que gran parte de las dificultades en química se deben a que solemos presentar los conceptos en los tres niveles simultáneamente. Sólo un experto podría navegar en estos tres niveles mientras que, para un estudiante

novato, esto implica serias complicaciones. De esta manera, Johnstone sugiere dar inicio por aquellas cosas que son familiares y tangibles para los estudiantes (nivel macro) y luego avanzar en los siguientes niveles gradualmente. En la experiencia de Vergara (2021), se pudo constatar que encarar la enseñanza de las disoluciones a partir de este esquema, facilitaba la adquisición de aprendizajes significativos para los estudiantes.

La evaluación formativa se entiende como aquella que valora continuamente el aprendizaje del estudiantado y la enseñanza del profesor, a partir del uso de diversos instrumentos, su análisis y toma de decisiones mientras ocurre el propio proceso (Casanova, 1998). Esta con la finalidad de tomar conciencia acerca de los procesos realizados, de los errores, dificultades, modos de aprender, aplicación de estrategias, que nos permitan una actitud permanente de investigación sobre la labor docente y los procesos de los estudiantes (Sanjurjo, 1994) con la finalidad de mejorar y ayudar a progresar (López, 2017). En nuestro contexto, la asignatura emplea tres exámenes parciales a fin de evaluar los contenidos, parciales que pueden considerarse como "convencionales", en los cuales solemos reducir la evaluación a la mera medición de un producto, perdiendo de vista el proceso que lleva al aprendizaje (Sanjurjo, 1994). En contraposición a esta situación, la evaluación formativa se basa en analizar continuamente la evidencia recolectada por los docentes a fin de ejecutar comentarios e implementar acciones para mejorar la comprensión de los estudiantes (Talanquer, 2015).

Finalmente, entendemos que abordar el desarrollo de la unidad temática de disoluciones a partir de los niveles macro, micro y simbólico tal como lo expone Johnstone y a su vez, la aplicación de una evaluación formativa, puede conducir a generar resultados favorables en la interpretación y adquisición de dichos contenidos.

## **METODOLOGÍA APLICADA**

### ***Descripción de la asignatura y diseño de la propuesta didáctica***

La asignatura de Química General para la carrera de Ingeniería Zootecnista de la UNCAUS tiene una duración cuatrimestral y cuenta con una carga horaria de 105 horas distribuidas semanalmente en una clase de teoría de dos horas y cinco horas de actividades prácticas las cuales se dividen en dos horas de clases de gabinete (o resolución de problemas) y tres horas de actividades de laboratorio (según Resolución N° 182/18 C.D.C.B y A. Anexo, UNCAUS). Cabe aclarar que la asignatura Química General forma parte de la Cátedra de igual denominación. Dicha Cátedra tiene a cargo el dictado de este espacio disciplinar en todas las carreras de Ingeniería de la UNCAUS (Ingeniería en Alimentos, Ing. Química, Ing. Industrial, Ing. en Sistemas, Ing. Agronómica e Ing. Zootecnista) y la carrera de Licenciatura en Biotecnología.

En relación a las clases de práctica (gabinete y laboratorio), cuenta con once guías de trabajos prácticos de gabinete y siete trabajos prácticos de laboratorio.

Respecto a los métodos de evaluación empleados por la Cátedra, durante el cursado de la asignatura se evalúan los contenidos a partir de tres exámenes parciales escritos cada uno de ellos con posibilidad de un recuperatorio y calificación numérica a partir de una escala del 0 al 10. En estas evaluaciones sólo se contemplan los contenidos desarrollados en las clases de teoría y práctica.

Durante 2020 y 2021, las clases se vieron interrumpidas por la pandemia por COVID-19. Por ello, las carreras presenciales de la UNCAUS debieron migrar momentáneamente hacia la virtualidad. En este caso, la Cátedra de Química General decidió disminuir la cantidad de trabajos prácticos a desarrollar más no la forma de evaluar a los estudiantes: los tres exámenes parciales y sus recuperatorios se convirtieron en cuestionarios realizados en la Plataforma Moodle.

La resolución de los trabajos prácticos durante estos años se efectuó mediante clases sincrónicas por Google Meet (dos veces por semana, cada una de ellas de dos horas de duración) y la utilización de la Plataforma Moodle donde se encontraban las actividades, guías de trabajos prácticos y otros recursos para el cursado de la materia. Las clases de teoría se realizaron una vez por semana con una duración de aproximadamente dos horas, también mediante clases sincrónicas por Google Meet.

A pesar de los grandes desafíos que implicó el cambio de modalidad repentino en el dictado de la asignatura (de clases presenciales a clases virtuales), se encontró la oportunidad de poder aplicar ciertas innovaciones en el desarrollo de este espacio disciplinar.

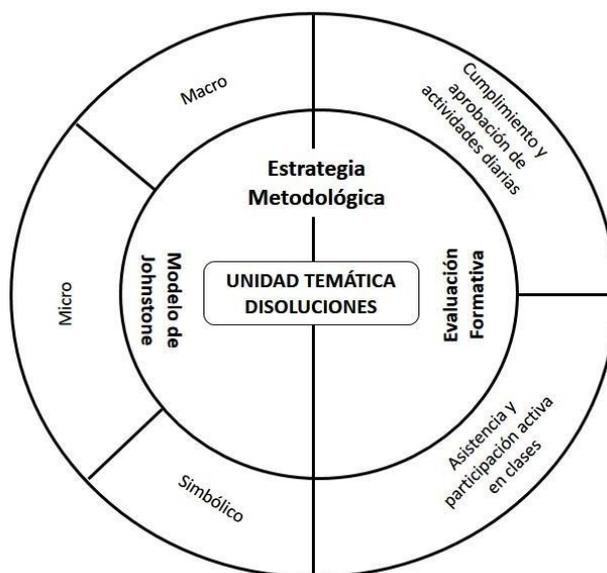
En un primer momento, en 2020, se realizó una experiencia que tuvo como objetivo incorporar una actividad experimental sencilla como eje transversal para desarrollar la unidad didáctica de disoluciones bajo el marco conceptual del modelo de Johnstone (Vergara, 2021). Los resultados obtenidos sugirieron que la secuencia de actividades aplicada colaboró a que los estudiantes puedan darle mayor significatividad a los contenidos. Por esta razón, en el transcurso del año 2021, se optó por llevar a cabo nuevamente dicha experiencia, introduciendo algunas modificaciones, como, por ejemplo, la inclusión de una evaluación formativa.

Dada la reducción de trabajos prácticos durante el año 2021, se tuvo la posibilidad de poder extender el dictado de la unidad temática de disoluciones a lo largo de tres semanas y así poder ejecutar la propuesta didáctica elaborada. De la experiencia participaron veinticinco (25) estudiantes pertenecientes al primer año de la carrera de Ingeniería Zootecnista cohorte 2021 (UNCAUS).

La estrategia metodológica diseñada para abordar esta unidad didáctica quedó conformada por una secuencia de actividades bajo los lineamientos del Modelo de Johnstone y la implementación de una evaluación formativa como método de evaluación continua y procesual de los estudiantes (figura 1).

A partir del modelo de Johnstone, el abordaje de la unidad didáctica se plantearía a partir de actividades que involucren aspectos del nivel macro para luego continuar por el nivel micro y simbólico de forma paulatina.

En relación a la evaluación formativa, tal como se explicó anteriormente, la asignatura cuenta con tres exámenes parciales. A consecuencia de ello, esta evaluación formativa se constituyó como una de esas tres instancias (sólo se obtuvo autorización para modificar uno de los exámenes parciales). En este caso, fue el segundo examen parcial. Además, se decidió no calificar numéricamente sino otorgar una nota cualitativa (aprobado-desaprobado con posibilidad de recuperación) y una devolución del proceso de los estudiantes. Esto a fin de remarcar que "la evaluación de los aprendizajes significa más que medir el rendimiento académico y obtener una calificación numérica" (Anijovich, 2017, p. 32).



*Figura 1. Estrategia metodológica aplicada para el desarrollo de la unidad temática disoluciones. Fuente: producción propia.*

Como criterios de evaluación se tuvo en cuenta la asistencia y participación activa en las clases sincrónicas (como máximo faltar una clase) y el cumplimiento y la resolución adecuada de las actividades diarias propuestas por la docente (como mínimo, debían contar con el 60% o más de las actividades presentadas en tiempo y forma)

A fin de constatar el proceso de cada estudiante, se elaboró una planilla de seguimiento a partir de las hojas de cálculo de la aplicación del Google Drive para luego ser compartida con los alumnos/as.

La corrección de las actividades propuestas a los estudiantes se fue realizando durante las clases sincrónicas por el Google Meet. Se elegía al azar a algunos de ellos para que explicara la resolución de las actividades. Luego, mediante la colaboración del ayudante adscrito, se procedía a corregir las actividades de todos los estudiantes como así también el registro de la asistencia y participación.

A continuación, se detalla la guía de trabajos prácticos diseñada para organizar mejor las actividades y cómo esta fue desarrollándose en el transcurso de las seis clases propuestas y por supuesto, la aplicación de la evaluación.

### ***Aplicación de la secuencia de actividades y evaluación formativa***

Previo al inicio de la unidad de disoluciones, los estudiantes recibieron indicaciones sobre cuál sería la metodología para el segundo parcial como así también el desarrollo de la unidad temática. En la plataforma Moodle se habilitó la guía de trabajo prácticos que se utilizaría como organizador de las clases.

Tanto para las actividades planteadas como para el desarrollo de las explicaciones conceptuales, se intentó tomar como referencia de construcción y organización de las mismas al modelo de Johnstone.

De esta manera, se inició con un cuestionario que apuntaba a rastrear las ideas de los estudiantes desde un nivel macro de interpretación. Este estuvo compuesto de siete actividades orientadas a indagar las ideas previas que manejan los estudiantes respecto a las soluciones. El mismo se desarrolló a partir de la aplicación de Google Forms. Se colocó el link en la plataforma Moodle para que los estudiantes accedan a su completamiento (Tabla 1). Se otorgó una fecha límite para su realización, previa a la siguiente clase.

La clase siguiente inició a partir de las respuestas que dieron los estudiantes en relación al cuestionario. En primer lugar, se retomaron las actividades 1 y 7 para abordar aspectos tangibles de las soluciones como ser el estado de agregación de sus componentes y los diversos ejemplos de disoluciones que encontramos en la vida diaria. En este último aspecto, durante la clase, uno de los estudiantes tomó la iniciativa de mostrar a través de la videollamada en curso cómo preparó él la solución mencionada en la actividad 1 del cuestionario. Esta situación se empleó posteriormente para tratar otros temas como, por ejemplo, explicar las nociones de soluto y solvente y el concepto de concentración.

Luego, se desarrolló la explicación a nivel micro respecto al enfoque cinético-molecular del proceso de disolución. Se trabajó con diapositivas, imágenes, diagramas y el análisis de ejemplos concretos a fin de brindar una integración entre la teoría y la práctica y con aspectos que son tangibles o palpables para los estudiantes.

Tabla 1. Modelo de cuestionario empleado para la actividad previa.

### **CUESTIONARIO previo**

1- El año pasado, a raíz de la Pandemia por el Covid-19, el Ministerio de Salud de la Nación sugirió la preparación de una "solución alcohólica con una concentración del 70%". En base a esta expresión, selecciona la respuesta correcta:

- Mezcla compuesta por 70% de alcohol etílico y 30% de agua.
- Mezcla compuesta por 70% de agua y 30% de alcohol etílico.

2- ¿Qué tipo de propiedad es la concentración? Selecciona una de las opciones.

- Intensiva
- Extensiva

3- La concentración puede definirse como:

- La cantidad de soluto por unidad de volumen de disolución (también se puede expresar por unidad de masa, de solvente o solución)
- La cantidad de solvente por unidad de volumen de disolución (también puede expresarse por unidad de masa, de solvente o solución)

4- ¿Cuál de estas acciones permite incrementar la concentración de una solución? A modo de ejemplo, imagina que preparaste un jugo de naranja y para ello mezclaste agua y jugo líquido concentrado.

- Agregar soluto (jugo concentrado)
- Evaporar solvente (agua)
- Extraer parte de la solución (jugo preparado)

5- ¿Cuál de estas acciones permite disminuir la concentración de una solución? Nuevamente piensa en el jugo preparado.

- Agregar solvente (agua)
- Eliminar soluto (jugo concentrado)
- Extraer parte de la solución (jugo preparado)

6- Suponte que deseas preparar 250 mL de la solución alcohólica al 70 %. ¿Qué cantidades debes emplear?

- 175 mL de alcohol etílico y 75 mL de agua
- 100 mL de agua y 150 mL de alcohol etílico
- 75 mL de alcohol etílico y 175 mL de agua
- 100 mL de alcohol etílico y 150 mL de agua

7-Indica algunos ejemplos de soluciones presentes en tu vida cotidiana.

*Nota: Este "cuestionario previo" fue realizado a partir de los aportes conceptuales sobre concentración definidos en trabajos de Carpenter, Parson y Leoblein (2018) y Raviolo, A. y Farré, S. (2020).*

Como tarea para la próxima clase, se plantearon las siguientes actividades obligatorias:

*-Redacta en no más de una carilla (mínimo 20 líneas) el enfoque cinético-molecular del proceso de disolución.*

*-Buscar ejemplos de la vida cotidiana de soluciones de acuerdo al estado físico de sus componentes (un ejemplo de cada uno).*

En la clase siguiente se retomaron estas últimas actividades solicitando al azar que los estudiantes compartieran sus respuestas. Posteriormente, se corrigió la tarea de todos los alumnos participantes.

A partir de esta clase y las tres subsiguientes, se desarrolló el nivel simbólico de la temática de solución mediante el tratamiento de la concentración expresada en unidades físicas y químicas. La guía de trabajos prácticos contó con catorce (14) situaciones problemáticas a resolver las cuales se resolvieron en clases y otras quedaban de tarea para luego corregirlas en el siguiente encuentro.

Para introducir el tema de concentración, se decidió partir de las actividades que estuvieron propuestas en el cuestionario previo, las actividades 4 y 5 y tomar como ejemplo concreto la solución que había preparado el alumno en la clase anterior. Se dispuso como soporte para las explicaciones el simulador de concentraciones de Phet disponible en la web: <https://phet.colorado.edu/es/simulations/concentration>. El simulador colaboró a la hora de demostrar las respuestas de los puntos del cuestionario donde había mayores dificultades de comprensión, precisamente en aquellos que involucraba el concepto de concentración.

En la última clase, se desarrolló un nuevo cuestionario para ser resuelto en la clase por Google Meet, primeramente, de forma individual y luego discutido entre todos en la clase sincrónica. Tuvieron un tiempo máximo de 40 minutos para realizarlo (Tabla 2).

*Tabla 2. Cuestionario final.*

- |  |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"><li>1- ¿Cómo se define una solución?</li><li>2- Indicar V o F: La concentración depende de la relación entre la cantidad de soluto y el volumen/masa de solvente o solución.</li><li>3- Indicar V o F: Si se extrae parte del volumen de una disolución, la cantidad de soluto por unidad de volumen aumenta.</li><li>4- Indicar V o F: En una dilución, la cantidad de soluto permanece constante.</li><li>5- Indicar V o F: En una solución, el soluto se haya distribuido uniformemente en toda la mezcla.</li><li>6- Indicar V o F: A nivel submicroscópico, las partículas de soluto (iones, moléculas) no están distribuidas uniformemente en la mezcla considerada.</li><li>7- Indicar V o F: La concentración varía en procesos como transferencia de una parte de una disolución, transferencia de la totalidad a otro recipiente o agregando un volumen de la misma concentración.</li><li>8- Indicar V o F: La concentración es directamente proporcional a la cantidad de soluto, a volumen de disolución constante.</li><li>9- Indicar V o F: La concentración es inversamente proporcional al volumen de la disolución, a cantidad de soluto constante.</li><li>10- Indicar V o F: La concentración de la disolución disminuye ante la evaporación del solvente, a cantidad de soluto constante.</li><li>11- Indicar V o F: La concentración de una disolución se modifica ante el agregado de soluto y el agregado de solvente si lo hacen manteniendo la proporción.</li><li>12- La concentración de una solución de ácido sulfúrico es de 5 M. Esta expresión se interpreta como:<ol style="list-style-type: none"><li>a. 5 moles de soluto (ácido sulfúrico) en 1000 mL de solvente</li><li>b. 5 moles de solvente (agua) en 1 litro de solución</li></ol></li></ol> |
|--|

- c. 5 moles de soluto (ácido sulfúrico) en 1000 mL de solución
- 13- Una solución de ácido nítrico tiene una concentración de 7,3 N. Esta expresión se interpreta como:
- a. 7,3 moles de soluto (ácido nítrico) en 1000 mL de solución
  - b. 7,3 equivalente-gramo de soluto (ácido nítrico) en 1 litro de solución
  - c. 7,3 gramos de soluto (ácido nítrico) en 1000 mL de solución
- 14- En un recipiente de 200 mL se tiene una solución con concentración 5 M. A partir de ella se prepara 150 mL de solución con una concentración de 2 M. ¿Qué volumen de agua se utilizó para preparar la dilución?
- a. 60 mL de agua
  - b. 200 mL agua
  - c. 90 mL de agua

*Nota: Las actividades 2 a 11 de este cuestionario fueron adaptadas partir de los aportes conceptuales definidos en el trabajo de Raviolo y Farré (2020).*

Al finalizar el desarrollo de la unidad, se procedió a realizar una devolución sobre el proceso realizado a cada alumno en la planilla de registro elaborada con su nota final (aprobado-desaprobado). Luego se les pidió a los estudiantes que redactaran al menos tres aspectos positivos y tres negativos sobre el desarrollo de la unidad didáctica.

## **RESULTADOS**

### ***Asistencia y participación activa de los estudiantes***

Respecto a la asistencia y participación activa en las clases sincrónicas, de los veinticinco estudiantes, ocho de ellos presentaron inasistencia a por lo menos una de las seis clases programadas para el desarrollo de la unidad temática. Los motivos por los cuales se registraron las inasistencias se resumen en problemas de conexión a la red de internet o bien por motivos personales. Ante esta situación, se contemplaron alternativas a fin de que los estudiantes pudieran estar al día con los contenidos y actividades solicitadas.

Durante el desarrollo de las clases sincrónicas, los estudiantes mostraban predisposición para responder y participar en las actividades que la docente brindaba. Incluso cuando no podían asistir a las clases, se comunicaban con la docente para solicitar las actividades a realizar o solicitaban el acceso a las clases grabadas.

### ***Entrega y resolución de las actividades***

De acuerdo a la entrega y resolución de las actividades, veintitrés estudiantes cumplieron en tiempo y forma con ellas. Ante cualquier dificultad que surgía, se buscaban alternativas para que todos los estudiantes pudieran contar con las mismas oportunidades de entrega. Por su parte, el ayudante adscripto colaboró a la hora de responder consultas por fuera de los horarios de las clases sincrónicas.

En general, por clase se solicitaron un máximo de tres actividades para que los estudiantes pudieran resolverlos en forma individual y luego ser entregadas en la clase posterior.

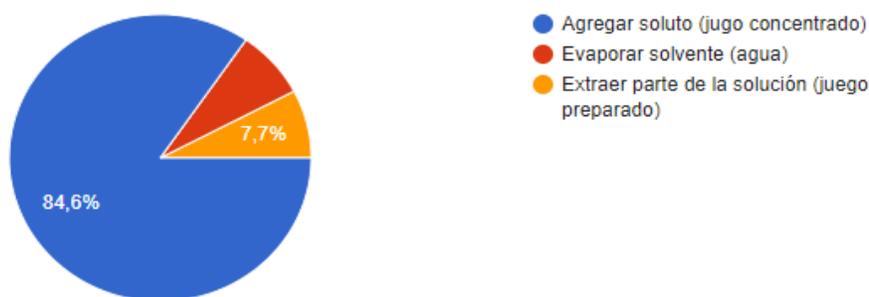
### ***Sobre aspectos conceptuales: concentración de disoluciones***

Uno de los contenidos conceptuales con mayor énfasis en la unidad temática de disoluciones fue el concepto de concentración.

En el cuestionario previo, respecto a las actividades 1 y 6, los estudiantes no mostraron dificultades a la hora de resolver los mismos. Un 90% de los alumnos brindaron las respuestas correctas. Al solicitarles que explicaran cómo lo habían resuelto, estos mostraban la aplicación de razonamientos y cálculos relacionados con la aplicación de la regla de tres simple. Uno de los estudiantes decidió mostrar durante la clase sincrónica cómo preparar dicha solución alcohólica con los elementos que tenía a disposición, y demostró la aplicación de estos cálculos sencillos y el razonamiento que había realizado (aplicando regla de tres).

Respecto al punto 2 del mismo cuestionario, nuevamente una amplia mayoría de los estudiantes respondió que la concentración es una propiedad intensiva (aproximadamente, el 80% del curso). Por ello, aprovechando la demostración que realizó el estudiante anterior, se les planteó lo siguiente: *si tomaran una porción de la solución que preparó su compañero y la colocaran en un nuevo recipiente, ¿qué concentración tendrían estas soluciones?* Los estudiantes no supieron qué responder. Esta situación se convirtió en un puntapié inicial para poder abordar el concepto de concentración y razonar sus implicancias en las clases posteriores.

Ante la pregunta *¿Cuál de estas acciones permite incrementar la concentración de una solución?* y *¿Cuál de estas acciones permite disminuir la concentración de una solución?* (punto 4 y 5 del cuestionario previo, respectivamente), los estudiantes respondieron en base a una sola posibilidad en cada caso (figura 2 y 3). En consecuencia, se confrontaron las respuestas con el simulador PHET, a partir del cual pudieron analizar otras acciones que permitirían incrementar o disminuir la concentración de las soluciones.



*Figura 2. Porcentaje de respuestas al punto 4 del cuestionario previo: ¿Cuál de estas acciones permite incrementar la concentración de una solución?*

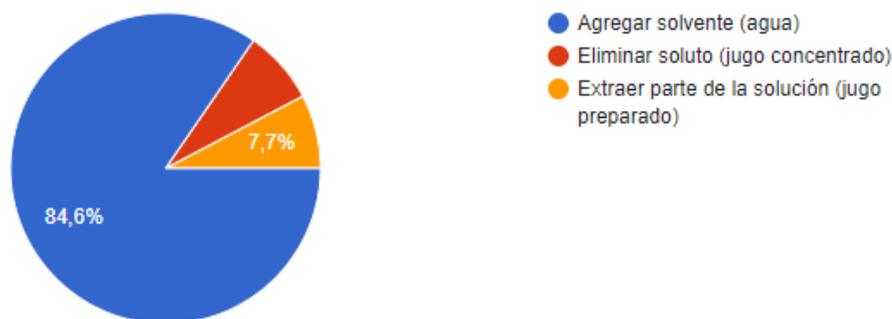


Figura 3. Porcentaje de respuestas al punto 5 del cuestionario previo: ¿Cuál de estas acciones permite disminuir la concentración de una solución?

Otro aspecto a destacar y que consideramos debe ser mejorado en próximas oportunidades, es que, si bien se otorgaron catorce ejercicios relacionados con la aplicación de unidades físicas y químicas para el cálculo de la concentración, estas actividades se limitaron a plantear situaciones de pasajes de unidades y cálculos de un dato faltante. Es decir, involucraron procedimientos matemáticos y no otro tipo de razonamientos que implicaran un análisis más profundo (cualitativo) respecto a la concentración de dichas las disoluciones (Tabla 3).

Tabla 3. Ejercicios propuestos respecto al concepto de concentración.

-Calcular la Molaridad (M) de una solución acuosa de $\text{CaCl}_2$ 45 % m/m, cuya densidad es 1,25 g/ml.
-Hallar la N de estas soluciones que contienen: a) 2,3 g de carbonato de calcio en 250 ml de solución; b) 0,27 moles de hidróxido de magnesio en medio litro de solución c) 15 gramos de ácido nítrico en 250 ml de solución.

Por último, el cuestionario final si bien otorgó resultados alentadores, poder discutir las respuestas con los estudiantes, fue un punto que favoreció la aclaración de las dudas y dificultades de interpretación que aún perduraban en ese momento. Básicamente, la interpretación del concepto de concentración y la aplicación de unidades químicas en la resolución de los ejercicios, fueron algunos de los aspectos que continúan ofreciendo mayores dificultades de comprensión (Tabla 4).

Tabla 4. Resultados del cuestionario final.

Pregunta 1	Todos definieron a la solución como mezcla homogénea compuesta de soluto y solvente.	Pregunta 8	<b>90% Verdadero</b> 10% Falso
Pregunta 2	<b>80% Verdadero</b> 20% Falso	Pregunta 9	<b>70% Verdadero</b> 30% Falso
Pregunta 3	40% Verdadero <b>60% Falso</b>	Pregunta 10	40% Verdadero <b>60% Falso</b>
Pregunta 4	<b>80% Verdadero</b> 20% Falso	Pregunta 11	30% Verdadero <b>70% Falso</b>

Pregunta 5	<b>90% Verdadero</b> 10% Falso	Pregunta 12	a: 25% b: 5% <b>c: 70%</b>
Pregunta 6	40% Verdadero <b>60% Falso</b>	Pregunta 13	a: 30% <b>b: 60%</b> c: 10%
Pregunta 7	40% Verdadero <b>60% Falso</b>	Pregunta 14	a: 40% b: 15% <b>c: 45%</b>

*Nota: En la tabla, las expresiones en negrita denotan la respuesta correcta al cuestionario.*

### **Sobre la estrategia metodológica aplicada: Modelo de Johnstone y evaluación formativa**

Para este punto, se decidió rastrear las opiniones de los estudiantes respecto a la modalidad que adquirió el desarrollo de la unidad temática. Veintitrés estudiantes manifestaron aspectos positivos y once de ellos, aportaron además, detalles negativos de la propuesta.

En general, como puntos positivos destacaron la mayor comprensión que obtuvieron de los contenidos, menor estrés y mayor motivación por asistir a las clases:

*-“Menos estrés y nervios por los estudios. Más oportunidades de corrección. Más facilidad en los ejercicios. Hace que lo aprendido sea por comprensión y no por memorización.” (Lucas, estudiante, 2021)*

*-“Nos permite que a la vez que realizamos tareas de química también podamos realizar con mucha más comodidad tareas de otras materias. Aprendemos exactamente lo mismo que si se tomara un parcial "convencional", porque al dejar tareas diariamente estamos constantemente refrescando lo dado en clases. Es la clara muestra de que el hecho de aprobar/tomar un parcial no es el único y definitivo método para que un alumno aprenda sobre un tema, sería muy bueno que más profesores tomen esta iniciativa de salir de lo convencional para así avanzar hacia una educación no solo más práctica y moderna sino también que permita al alumno aprender lo mismo o incluso más sin tener la presión y estrés a la hora de tener que preparar 3/4 parciales en la misma semana, a la vez que tiene que hacer y entregar en tiempo y forma los trabajos prácticos de cada materia” (Francisco, estudiante, 2021)*

*-“Motiva a los alumnos participar en la resolución de ejercicios. Evita el estrés de rendir en un horario y tiempo definido un volumen de conocimientos bastante amplio. Los simuladores usados en línea, son muy lindos y buenos para la comprensión” (Marisol, estudiante, 2021)*

*-“Teníamos un seguimiento constante de las actividades, tuvimos más tiempo para resolver y aprender. Es algo novedoso y más entretenido de realizar” (Nadia, estudiante, 2021)*

En relación a los aspectos negativos, los estudiantes centraron sus opiniones en relación a problemas de conectividad y la utilización de las aplicaciones virtuales:

*-“Utilización de aplicaciones. La idea buenísima, personalmente me costó. Con el trabajo se me complicó la presencialidad, pero me supe adaptar” (Alejo, estudiante, 2021)*

*-“Complicación con la asistencia a clases, por lo que no podía participar de manera constante” (Eugenia, estudiante, 2021)*

*-“Al estar todas las actividades en línea no las pude realizar por problemas de conexión. Las páginas distintas de Moodle consumen o requieren de datos o conexión wifi”. (Karina, estudiante, 2021)*

Ante estas situaciones, tal como se explicó con anterioridad, se brindó más tiempo para la entrega de las actividades, acceso a las grabaciones de las clases a posteriori y clases de consulta con el ayudante adscrito.

Por último, de los veinticinco estudiantes que cursaron esta unidad temática, dos de ellos no cumplieron con las condiciones para aprobar la evaluación. Si bien se les otorgó posibilidades de recuperación, decidieron abandonar el cursado de la asignatura por motivos que no expusieron.

## **DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES**

Lizitza y Sheepshanks (2020) manifiestan que resulta necesario interpelar, revisar, pensar, deconstruir y reconstruir el modelo tradicionalista enciclopedista centrado en el docente que ha caracterizado las aulas universitarias del país. Los continuos avances que están presentes en la actualidad ponen en jaque aquellos métodos que en su momento fueron efectivos pero que quizás hoy no sean los más adecuados para los estudiantes del siglo XXI.

Bajo esta óptica, asumir la responsabilidad de implementar una propuesta didáctica que demande la aplicación de enfoques y/o estrategias metodológicas poco convencionales (al menos dentro del contexto de la Cátedra en cuestión) implica la necesidad de contemplar tanto los aspectos favorables como los potenciales obstáculos y desafíos a lo largo del proceso.

Como aspectos positivos, destacamos el hecho de que los estudiantes manifestaron sentirse cómodos con la propuesta: se sintieron acompañados en el desarrollo de los contenidos, demostraron mayor motivación por asistir a las clases y menos estrés a la hora de ser evaluados. Desde este punto de vista, el comentario de Francisco nos interpela notablemente dado que reconoce que ellos esperan que los docentes coloquen en práctica otras formas de abordar la enseñanza y que la misma no se reduzca al tradicionalismo que impera en las aulas. Lo mismo con los métodos de evaluación. Esto nos conduce a pensar y reflexionar sobre varias cuestiones: *¿qué métodos, enfoques, estrategias guían nuestra labor docente?, ¿son acordes al estudiante del siglo XXI?*; en relación a

la evaluación, *¿qué entendemos los docentes universitarios por evaluación?, ¿constituyen instancias de tortura o de real aprendizaje?, ¿qué metodologías utilizamos y cómo empleamos la evaluación como medio para interpelar nuestra labor docente?*

Por otro lado, en relación a los contenidos, el concepto de concentración constituye uno de los grandes retos para la enseñanza y su correcto aprendizaje. Desde el punto de vista del nivel simbólico, los ejercicios numéricos propuestos se centraron en tareas que planteaban situaciones de pasajes de unidades y cálculos de un dato faltante. Sería necesario incorporar razonamientos de proporcionalidad orientados a la predicción y comparación cualitativa, tal como lo expone Raviolo, Schroh y Farré (2022) para lograr una profundidad mayor en la comprensión de este concepto.

A su vez, en relación a los cuestionarios aplicados, si bien las respuestas nos otorgaron un panorama sobre las ideas de los estudiantes, el poder discutir las respuestas en las clases sincrónicas nos permitió conocer las contradicciones, errores y aciertos que manejaban los estudiantes respecto a los temas dados. Bajo esta óptica, el simulador PHET resultó de gran ayuda a la hora de confrontar las respuestas de los estudiantes con sus dificultades y errores conceptuales.

Orientar el desarrollo de la unidad temática desde los niveles macro, micro y simbólico y poder evaluarlos de forma continua, nos abrió un abanico de posibilidades para identificar las ideas que tienen los estudiantes y trabajar a partir de ellas. Tal como se registró, uno de los estudiantes decidió demostrar con una experiencia sencilla la preparación de una solución, lo que dio marcha a plantear ciertas preguntas para que ellos pudieran analizar. Talanquer (2015) advierte que el uso de evaluaciones formativas nos permite involucrar a los estudiantes generando preguntas, explicaciones o bien, como en este caso, que el alumno sea quien tome la iniciativa en proponer una actividad experimental para demostrar sus conocimientos. Por otra parte, resalta este autor, bajo este formato evaluativo, los docentes debemos estar atentos críticamente a las ideas y aportes de los estudiantes a fin de construir nuevos conocimientos de manera colectiva. Sin dudas, que el papel activo y la implicación de los estudiantes en el proceso de aprendizaje fue una de las fortalezas de esta propuesta didáctica.

Por último, consideramos que esta experiencia nos convoca a continuar trabajando en las siguientes líneas de acción:

- *Repensar las estrategias metodológicas aplicadas en el desarrollo de todas las unidades temáticas de la asignatura:* El modelo de Johnstone (los tres niveles representacionales) como referencia teórica puede resultar apropiado para abordar los contenidos. Nos permite partir desde las ideas de los estudiantes y de situaciones concretas y cercanas a su vida cotidiana como también de su futuro campo laboral. Por otro lado, es necesario revisar la cantidad de contenidos dispuestos en el programa de

la asignatura y evaluar si realmente son significativos para los futuros profesionales.

- *Considerar a la evaluación formativa como método de evaluación:* Los profesores que fomentan el diálogo, escuchan y responden reflexivamente a sus alumnos tienen mejores recursos para ayudarlos a alcanzar sus objetivos de aprendizaje (Talanquer, 2015). Para esto, es necesario definir nuevos objetivos, criterios e instrumentos de evaluación en la asignatura que nos permitan conocer y registrar el proceso de los estudiantes (por ejemplo, incorporar listas de cotejo, rúbricas, portafolio, entre otros). En este sentido, es crucial la generación de *interacciones dialogadas formativas* (Anijovich, 2017) entre docentes y alumnos que permitan la reflexión sobre los desempeños y las producciones e identificar los obstáculos y modos de abordarlos.
- *Uso de cuestionarios virtuales:* Si bien los cuestionarios tal y como y fueron diseñados en esta oportunidad nos otorgaron un panorama de las ideas de los estudiantes, es necesario registrar el fundamento (formas y razonamientos) que aplican los estudiantes para resolverlos y tener certeza de que sus respuestas no son dadas solo por azar.
- *Desarrollo de la unidad temática de disoluciones:* Si bien continuaremos apostando por el abordaje a partir de los tres niveles representacionales propuestos por el modelo de Johnstone, observamos que es necesario incorporar ejercicios prácticos que involucren no sólo cálculos de datos faltantes o pasajes de unidades de medida sino, además, tareas que impliquen la predicción y comparación cualitativa para otorgar mayor profundidad en la comprensión de los conceptos.

Antes de terminar, no podemos dejar de mencionar que una propuesta de estas características requiere de una dedicación extra para diseñar las actividades e ir adaptándolas durante el transcurso del desarrollo de las clases. Sin embargo, los resultados obtenidos nos alientan a continuar por este camino. Entendemos que encontrar nuevas formas y metodologías que permitan despertar en el estudiante la necesidad de pensar, reflexionar, cuestionar sus ideas, que interpielen su curiosidad entre otros aspectos, pueden ser los nuevos objetivos que guíen nuestra labor docente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anijovich, R. (2017). La evaluación formativa en la enseñanza superior. *Voces de la educación*, 2(1), 31-38. <https://www.revista.vocesdelaeducacion.com.mx/index.php/voces/article/view/32>
- Carpenter, Y., Parson, R. y Leoblein, T. (2018). *Preguntas clicker sobre concentración*. Colorado: PheT Interactive Simulations, University of Colorado Boulder. <https://phet.colorado.edu/es/contributions/view/4735>
- Casanova, M. A. (1998). Evaluación: Concepto, tipología y objetivos. La evaluación educativa. *Escuela básica*, 1, 67-102.

- Johnstone, A. H. (2000). Teaching of chemistry- logical or psychological? *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 1(1), 9-15. <https://doi.org/10.1039/A9RP90001B>
- Litwin, E. (1997). *Las configuraciones didácticas: una nueva agenda para la enseñanza superior* (1° ed., 1° reimp.). Buenos Aires: Paidós.
- Lizitza, N. y Sheepshanks, V. (2020). Educación por competencias: cambio de paradigma del modelo de enseñanza-aprendizaje. *RAES*, 12(20), 89-107. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7592063>
- López, M. S. F. (2017). Evaluación y aprendizaje. *MarcoELE: Revista de Didáctica Español Lengua Extranjera*, (24), 3. [https://marcoele.com/descargas/24/fernandez-evaluacion\\_aprendizaje.pdf](https://marcoele.com/descargas/24/fernandez-evaluacion_aprendizaje.pdf)
- Lorenzo, M. G. (2020). Revisando los trabajos prácticos experimentales en la enseñanza universitaria. *Aula Universitaria*, (21), e0004. <https://doi.org/10.14409/au.2020.21.e0004>
- Raviolo, A. y Farré, S. (2020). Aprendizaje conceptual del tema concentración de disoluciones: análisis de imágenes de libros de texto universitario. *Educación Química*, 31(3), 119-133. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2020.3.75733>
- Raviolo, A., Schroh, N. T. y Farré, A. (2022). La comprensión de estudiantes de primer año de universidad del concepto de concentración expresada en gramos por litro. *Enseñanza de las Ciencias*, 40(1), 143-159. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3267>
- Resolución 182/18, 2018. Consejo Directivo, Universidad Nacional del Chaco Austral. (Argentina). [https://uncaus.edu.ar/images/Estudiantes/Carreras/planes/06\\_INGENIERIA\\_ZOOTECNISTA/1/02\\_Qumica\\_General\\_-\\_Res\\_182-18\\_CDCByA.pdf](https://uncaus.edu.ar/images/Estudiantes/Carreras/planes/06_INGENIERIA_ZOOTECNISTA/1/02_Qumica_General_-_Res_182-18_CDCByA.pdf)
- Sanjurjo, L. (1994). La evaluación y la acreditación en el proceso de aprendizaje. En L. Sanjurjo, M.T. Vera. *Aprendizaje significativo y enseñanza en los niveles medio y superior*. Rosario: Homo Sapiens.
- Talanquer, V. (2011). Macro, Submicro, and Symbolic: The many faces of the chemistry "triplet". *International Journal of Science Education*, 33(2), 179-195. <https://doi.org/10.1080/09500690903386435>
- Talanquer, V. (2015). La importancia de la evaluación formativa. *Educación química*, 26(3), 177-179. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eq.2015.05.001>
- Vergara, T. E. (2021). Nuevas experiencias en un curso de Química universitaria. *Educación En La Química*, 27(01), 69-76. <https://educacionenquimica.com.ar/index.php/edenlaq/article/view/18>