

Innovación para la enseñanza de la Química

EL RECICLADO DE LATAS EN EL NIVEL UNIVERSITARIO: APORTES DE LA PSICOLOGÍA AMBIENTAL Y LA DIDÁCTICA A LA QUÍMICA INORGÁNICA

Germán E. Gomez^{1*}, Luciana Comercí², Romina Nievas², Jorge A. Díaz¹,
Carolina E. Cerizola³, Johana Martín⁴, Fernán D. U. Sarmiento⁵

1- Universidad Nacional de San Luis, Facultad de Química, Bioquímica y Farmacia (UNSL-FQByF), Departamento de Química, Área de Química General e Inorgánica. San Luis, Argentina.

2- UNSL-FQByF, Departamento de Biología, Área de Educación en Ciencias Naturales. San Luis, Argentina.

3- Escuela N° 423 Juan M. de Rosa. San Luis, Argentina.

4- Instituto Privado Suyai. San Luis, Argentina.

5- Colegio N° 12 Ramón Carillo. San Luis, Argentina.

*E-mail: germanqomez1986@gmail.com

Recibido: 28/03/2023. Aceptado: 23/12/2023.

Resumen. En el contexto de las prácticas de los estudiantes de la carrera de Analista Químico de la Universidad Nacional de San Luis, el objetivo del trabajo fue diseñar una nueva propuesta didáctica de trabajo práctico experimental sobre contenidos de Química General e Inorgánica, con aportes de la Didáctica y de la Psicología Ambiental. Se llevaron a cabo dos estudios: uno cuantitativo y otro cualitativo. El primero se basó en la enseñanza de técnicas de síntesis y estudios en estado sólido que permitieron analizar la pureza del compuesto y monitoreando el rendimiento de la reacción. El estudio cualitativo consistió en la implementación de instrumentos de recolección de datos para indagar acerca de las conductas sustentables, como la lectura bibliográfica, las respuestas a un cuestionario, instancias de reflexión y su posterior socialización. Se concluyó que el trabajo interdisciplinario, llevado a cabo a través de esa propuesta didáctica, favoreció la formación integral de los estudiantes de la carrera de Analista Químico en esta universidad.

Palabras clave. enseñanza de la química, síntesis de alumbre, reciclado, conducta sustentable, formación integral

The Recycling of Cans in the University Level: Contributions of Psychology and Didactics to Inorganic Chemistry

Abstract. In the context of the internships of students in the Chemical Analyst career at the National University of San Luis, the objective of the work was to design a new didactic proposal for experimental practical work regarding General and Inorganic Chemistry topics, incorporating contributions from Didactics and Environmental Psychology. Two studies were conducted: a quantitative one and a qualitative one. The quantitative study focused on teaching synthesis techniques and solid-state studies that allowed analyzing the purity of the obtained compound and monitoring the reaction yield. The qualitative study involved the implementation of data collection instruments to investigate sustainable behaviors, such as bibliographic reading, questionnaire responses, reflection instances, and subsequent socialization. It was concluded



that the interdisciplinary work carried out through this didactic proposal favored the comprehensive training of students in the Chemical Analyst career at this university.

Keywords. chemistry teaching, synthesis of alum, recycling, sustainable behaviour, comprehensive education

INTRODUCCIÓN

Si bien la palabra “verde” significa ambientalmente inofensivo, con respecto a la Química Verde existen opiniones encontradas. Por un lado, suele asociarse a la química con el problema de la contaminación, mientras que, por el otro, se cree que, en realidad, esta ciencia aporta la solución a la crisis ambiental que actualmente vivimos (Anastas y Eghbali, 2010). En este trabajo, el concepto de Química Verde se relaciona con el diseño de procesos o productos químicos que reducen el uso de sustancias peligrosas.

La extracción del aluminio genera numerosos problemas ambientales, y su producción conlleva a un gran consumo energético. Por el contrario, obtener aluminio reciclado reduce en un 95% la contaminación y disminuye el uso de energía eléctrica (Rodríguez, 2002; Sierra et al., 2014; Martino, Verardo y Romanelli, 2014) La presente propuesta consiste en la síntesis de alumbre de aluminio, $[KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O]$, a partir de latas de bebidas. Considerando las propiedades anfóteras que presenta el aluminio metálico (Cotton y Wilkinson, 2000), es posible obtener una sal doble por combinación de reacciones en medio básico seguido de un ataque en medio ácido.

En este marco, y considerando el perfil profesional del analista químico en esta institución educativa, caracterizado por monitorear el control de la contaminación del agua, aire y suelo, se diseñó una nueva propuesta didáctica en la que se incorpora al trabajo experimental, la formulación de preguntas como estrategia de enseñanza para motivar la reflexión a la luz de la Psicología Ambiental. Esta estrategia didáctica tiene como propósito contribuir al aprendizaje significativo de sus estudiantes y favorecer la reflexión en el aula (Triana-Hernández, 2014; Benoit Ríos, 2020). La Psicología Ambiental aborda el estudio de los factores psicológicos que afectan y que son afectados por la interacción individuo-ambiente. En este contexto, el estudio de la conducta sustentable es una de las prioridades de la investigación psicoambiental (Corral Verdugo, 2001).

Debido al impacto que tiene formar profesionales con compromiso socioambiental, la elección de esta disciplina se fundamenta en la necesidad de ampliar la noción tradicional de ambiente, relacionada casi exclusivamente al entorno físico-natural (Abraham, Azar y Segovia, 1997; Azar, Abraham y Mainero, 2012). Generalmente, se relega el componente social, incluido en las conductas pro-sociales, una de las dos grandes categorías de las conductas sustentables. De esta manera, al ampliar la mirada sobre el ambiente, con los aportes de la Psicología Ambiental, se posibilita pensar y reflexionar sobre conductas cotidianas que también forman parte de la sustentabilidad.

En 1987, se introduce el concepto de Sustentabilidad en el informe de las Naciones Unidas “Nuestro futuro común”, donde la Comisión Mundial en

Desarrollo y Ambiente (*World Commission on Environment & Development, WCED*) lo define como "Un estilo de vida que permite satisfacer nuestras necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas". Corral Verdugo (2012) define la conducta sustentable (CS) como "el conjunto de acciones deliberadas y efectivas que resultan en la protección de los recursos naturales y socioculturales del planeta" y propone que la CS está integrada, al menos, por cuatro grandes categorías de comportamientos pro-ambientales y pro-sociales:

- 1) la conducta pro-ecológica,
- 2) el comportamiento frugal,
- 3) la conducta altruista, y
- 4) el comportamiento equitativo.

Según Corral Verdugo (2012) las dos primeras categorías de conducta sustentable se enfocan más en el cuidado del ambiente físico o natural, mientras que las siguientes dos están más interesadas en la protección del entorno sociocultural o humano. La conducta pro-ecológica es el tipo de comportamiento sustentable que puede definirse como "el conjunto de acciones deliberadas y efectivas que responden a requerimientos sociales e individuales y que resultan en la protección del medio físico o natural" (Corral Verdugo, 2001). El comportamiento frugal o austero se refiere al consumo medido de productos y forma parte de la conducta sustentable ya que solo reduciendo la adquisición de recursos naturales podemos garantizar la reposición de estos y, por ende, su conservación (Oskamp, 2000). La conducta altruista, de acuerdo a Van Lange, (2000), está constituida por acciones con las que un individuo busca "maximizar los beneficios de otro, con muy poco o ningún interés en los beneficios para sí mismo". La conducta equitativa es definida por Corral (2012) como el trato sin sesgo o favoritismo hacia las personas con las que se interactúa, independientemente de sus características físicas o demográficas, además de brindar oportunidades de acceso a todos al disfrute de los recursos naturales y sociales.

Los objetivos generales fueron diseñar una nueva propuesta didáctica de trabajo práctico experimental con perspectiva socio-ambiental y conocer las concepciones que poseen los estudiantes de la química inorgánica y las conductas sustentables. Se plantearon dos objetivos específicos: obtener compuestos de valor agregado a partir de material reciclado para considerar las aplicaciones de este compuesto inorgánico en la reducción de la contaminación; y, contribuir al aprendizaje significativo de los estudiantes favoreciendo la reflexión en el aula sobre la importancia del reconocimiento de las conductas sustentables en su formación profesional.

PROPUESTA DIDÁCTICA

En la propuesta didáctica se utilizó, por un lado, un abordaje cuantitativo, consistente en un desarrollo experimental aplicando conocimientos de Química General e Inorgánica, y por el otro, un abordaje cualitativo que estuvo

constituido por tres grandes momentos: el primero consistió en el análisis de bibliografía sobre conductas sustentables y sobre el impacto de contaminantes, reciclado, y aplicaciones del alumbre; en el segundo momento se implementó como instrumento un cuestionario individual; y en el tercero, se efectuó una instancia de socialización, con el objeto de propiciar la reflexión grupal como estrategia didáctica, acerca de las conductas sustentables que atravesaron la experiencia de laboratorio.

Desarrollo experimental. Síntesis de alumbre

La síntesis de alumbre a partir de latas de aluminio fue llevada a cabo mediante dos procesos, tanto en medio alcalino como en medio ácido, por precipitación con ácido sulfúrico. Luego, el sólido fue caracterizado por difracción de rayos X, espectroscopía infrarroja y análisis termogravimétrico. En la tabla 1, se detallan los materiales, reactivos e instrumental empleados en la experiencia.

Tabla 1. Materiales y reactivos necesarios para la síntesis del alumbre.

Materiales		Reactivos
Vaso de precipitado (250 mL)	Vidrio de reloj	Muestra: Latas de aluminio cortadas en láminas de 1 cm ²
Pipeta graduada (10 mL)	Varilla de vidrio	H ₂ SO ₄ (c) (96% m/m y densidad: 1,84 g/mL)
Frasco Erlenmeyer (25 mL)	Portamuestras	Indicador rojo de metilo
Embudo de porcelana	Mortero de ágata	Solución de KOH (2,8 M)
Embudo Büchner	Papel de filtro	Alcohol etílico, Acetona
Matraz kitasato	Film de plástico	Agua destilada
Probeta (25 mL)	Plancha calefactora	

Participantes de la propuesta: estudiantes universitarios del último año de la carrera de analista químico de la Universidad Nacional de San Luis que optaron por realizar una práctica en el área de Química General e Inorgánica de acuerdo a los requerimientos del Plan de estudio CD 13/12.

Primer momento: consistió en el análisis de bibliografía sobre conductas sustentables de Corral Verdugo (2001, 2012) con el objeto de identificar en ellos la presencia de conductas sustentables pro-ambientales (pro-ecológicas y frugales) y pro-sociales (equitativas y altruistas) y, sobre el impacto de contaminantes, reciclado, y aplicaciones del alumbre (Coton, 2000; Atkins, 2006).

Segundo momento: se implementó como instrumento un cuestionario individual para identificar, desde la Psicología Ambiental, los diferentes tipos de conductas sustentables puestas en juego y estimular la reflexión sobre las mismas.

Tercer momento: se efectuó una instancia de socialización, entre docente y estudiantes, a través del diálogo, con el objeto de propiciar la reflexión grupal acerca de las conductas sustentables que atravesaron la experiencia de laboratorio.

Instrumentos de recolección de datos para el análisis cualitativo

Se utilizó un cuestionario elaborado a los fines exclusivos de esta propuesta. El mismo incluyó preguntas abiertas en relación a la presencia de conductas altruistas, equitativas, frugales y pro-ecológicas. Las preguntas del cuestionario fueron:

1) *Teniendo en cuenta la definición de conductas sustentables de Corral (2001) y las categorías que la conforman, ¿Cuáles de estas conductas sustentables considera que intervinieron en cada una de las distintas etapas de la propuesta aquí presentada?*

2) a. ¿Considera el concepto de sustentabilidad en sus prácticas profesionales como Analista Químico, más allá de que el mismo no se encuentra presente de manera explícita en su formación universitaria?

b. ¿De qué manera incorpora el mismo?

c. ¿En qué acciones concretas se revela dicho concepto?

DESARROLLO

Síntesis cuantitativa

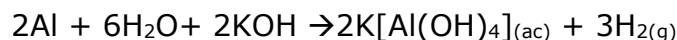
En una primera etapa, los estudiantes debían recolectar los materiales y reactivos mencionados anteriormente. Posteriormente, las latas de aluminio fueron lavadas en acetona para eliminar la pintura, y luego cortadas en piezas cuadradas de 1 cm² (Figura 1).



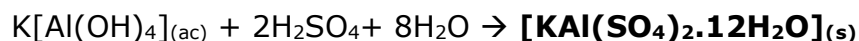
Figura 1. Etapas de la síntesis de alumbre registradas en fotografías tomadas por los estudiantes que incluyeron: recolección, lavado, pesada y ataque en medio ácido.

La reacción se produjo en dos etapas:

Ataque en medio básico:



Ataque en medio ácido:



Detalle Experimental: Los pasos seguidos durante la síntesis se detallan a continuación. A la masa de aluminio se le colocaron los 25 mL de la solución 2,8 M de KOH observándose en la misma una reacción instantánea con burbujeo de H₂. Para que la reacción se produjera más rápidamente, se colocó el vaso de precipitación que contenía la muestra sobre una plancha calefactora, observándose en pocos minutos que las burbujas desaparecieron y la solución se tornó color gris oscuro. Se separó el vaso de la plancha calefactora y se dejó la solución enfriar a temperatura ambiente.

La solución se filtró a temperatura ambiente y al vacío. Se enjuagó el vaso de precipitado usado para disolver el aluminio y se filtró la solución de cada enjuague. Posteriormente, la solución filtrada se le agregaron 10 gotas del indicador ácido base Rojo de Metilo, tornando la solución un color amarillo, lo cual indicaba la presencia de un medio básico. Inmediatamente, luego de homogeneizar la solución, se adicionó poco a poco 25 mL 6 M de H₂SO₄ a la solución muestra, tras lo cual se produjo un precipitado insoluble color blanco (KAl(SO₄)₂) que por agitación viraba al rosa. Pudo apreciarse el desarrollo de temperatura y de aumento de la intensidad del color de la solución.

Se alcanzó la disolución total del precipitado por calentamiento en la plancha calefactora, obteniéndose una solución rosa y límpida. Tras enfriar, en un baño de hielo hasta los 6°C, se observó la formación de cristales (KAl(SO₄)₂·12H₂O).

Los cristales obtenidos se filtraron para ser separados de la solución. El filtrado se realizó dos veces sobre la misma solución y luego se procedió a medir con probeta el volumen de solución filtrado, para obtener la medida de volumen respectivo a las pérdidas por solubilidad. El volumen medido fue de 33,5 mL. El lavado de los cristales obtenidos se realizó con una mezcla de agua destilada fría y etanol.

Posteriormente se dejó evaporar el alcohol por unos minutos, se extrajo el papel de filtro y se llevó a un cristizador por espacio de unas semanas. Pasado este tiempo se procedió a pesar el producto obtenido. En la figura 2 se presentan fotografías de cada etapa.



Figura 2. Etapas del desarrollo experimental. En la parte superior se pueden observar el proceso de disolución del aluminio y en la inferior el filtrado de los cristales.

Luego de realizada la síntesis de alumbre, se dejó la solución filtrada junto con solución etanol-agua (2:1) durante una semana aproximadamente, y a

temperatura ambiente. Pasado este tiempo, se observó a simple vista la obtención de cristales de alumbre y con la ayuda de la lupa se visualizó la morfología y tamaños. Los cristales fueron transparentes e incoloros (Figura 3), y además presentaron forma octaédrica perteneciente al sistema cúbico.

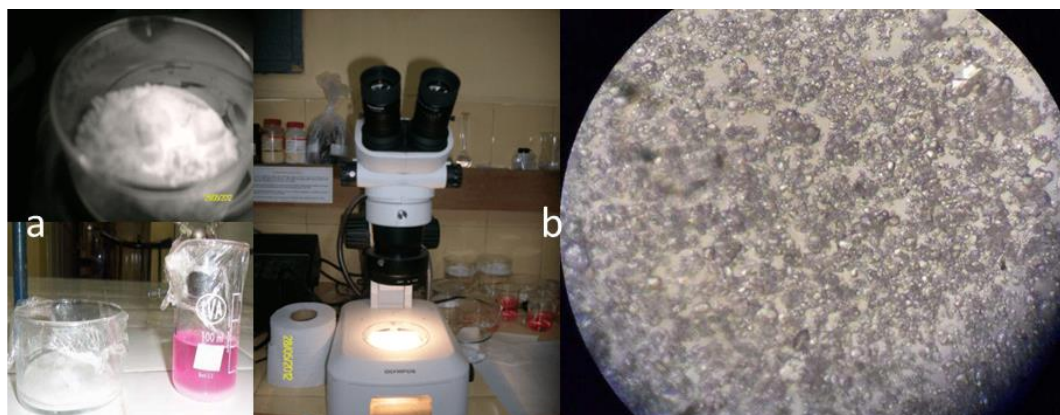


Figura 3. a) Fotografía de la etapa de secado y lavado de cristales. b) Producto obtenido observado bajo la lupa (X10).

En la figura 4, se muestra un esquema resumido de la síntesis del producto.

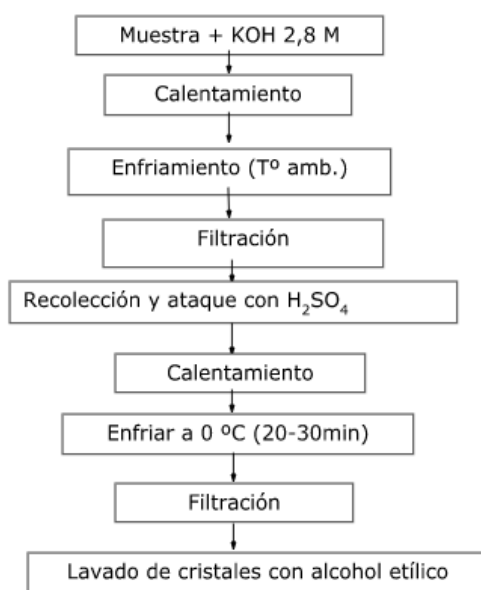


Figura 4. Esquema resumido de la síntesis del producto.

Caracterización del estado sólido

La caracterización del sólido sintetizado fue llevada a cabo mediante el aprendizaje, manejo y puesta en marcha de técnicas instrumentales en estado sólido, tales como difracción de rayos X de polvos (DRX), análisis térmico (TGA) y vibracional (FTIR). Además, mediante pesada directa, se calculó el rendimiento obteniéndose un valor del 83 % de cristales. Por DRX se constató la presencia de una única fase correspondiente al sistema cúbico, cuyo

diagrama de difracción experimental (Figura 3c) fue comparado con un patrón (Nyburg et al., 2000). La comparación entre ambos difractogramas evidenció la presencia de una única fase cristalina, indicando que la ruta sintética dio lugar a un producto de alta pureza.

Instrumental

La observación de los cristales se realizó mediante una lupa marca Olympus SZ51. Difracción de Rayos X de polvo (DRX): los difractogramas se registraron utilizando un difractómetro Rigaku ULTIMA IV. Espectroscopía Infrarroja por Transformada de Fourier (FTIR): los espectros FTIR se registraron mediante un espectrofotómetro Nicolet Protégé 460 en el rango 4000-225 cm^{-1} . Análisis Térmico: el Análisis Termogravimétrico (TGA) se realizó en atmósfera de aire en el rango de 25-800 $^{\circ}\text{C}$. Dicho análisis se llevó a cabo en equipos Shimadzu, TGA-51.

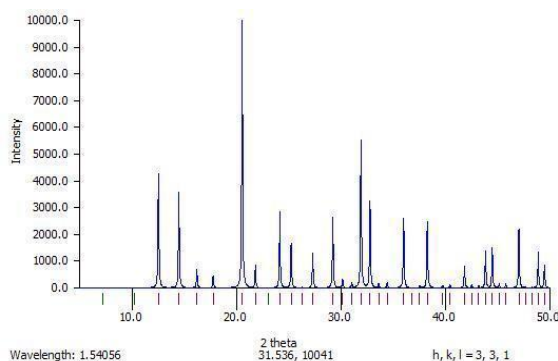


Figura 5. Patrón de DRX del patrón correspondiente a $[\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}]$ (extraído de Nyburg et al., 2000) que los alumnos emplearon para realizar la comparación.

Además, mediante el análisis termogravimétrico, se corroboró la estequiometría del compuesto por la pérdida de 12 moléculas de agua a los 100 $^{\circ}\text{C}$, y un amplio rango de estabilidad térmica de hasta, aproximadamente, 700 $^{\circ}\text{C}$ (Figura 6). Mediante espectroscopia infrarroja se observaron las bandas características de H_2O y de los grupos SO_4^{2-} .

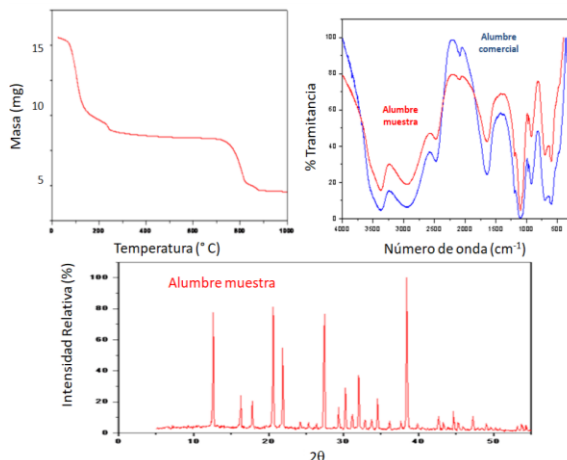


Figura 6. Arriba: Curva de TGA y espectro FTIR; Abajo: patrón de difracción del alumbre obtenido en esta experiencia de $[\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}]$.

Finalmente, se realizó un estudio comparativo del alumbre obtenido con las latas con alumbre comercial donde se evidenció una correlación entre ambas muestras (Figura 6). En las Tablas 2, 3 y 4, se resumen los valores experimentales de los modos vibracionales respecto de los valores teóricos que los estudiantes debieron investigar mediante una orientación bibliográfica (Nakamoto, 2009).

Tabla 2. Datos bibliográficos y prácticos de número de onda (ν) para ion SO_4^{2-} .

Ion SO_4^{2-}	ν_1	ν_2	ν_3	ν_4
Valores teóricos	983 cm^{-1}	450 cm^{-1}	1105 cm^{-1}	611 cm^{-1}
Valores experimentales	973,8 cm^{-1}	460 cm^{-1}	1130,1 cm^{-1}	611,33 cm^{-1}

Tabla 3. Datos bibliográficos y prácticos de número de onda (ν) para el grupo O-H.

H_2O (H-O)	ν_{H_2O}	δ_{H_2O}
Valor Teórico	3600-3100 cm^{-1}	1600-1670 cm^{-1}
Valor experimental	3373,79 cm^{-1}	1641,15 cm^{-1}

Tabla 4. Dato bibliográfico y teórico del número de onda (ν) para la unión Al-O.

Al-O	ν_{Al-O}
Valor teórico	695-715 cm^{-1}
Valor experimental	698,12 cm^{-1}

Palabras de los estudiantes

A continuación, se presentan respuestas de los estudiantes a las distintas preguntas del cuestionario.

Pregunta 1: *Teniendo en cuenta la definición de conductas sustentables de Corral (2001) y las categorías que la conforman, ¿Cuáles de estas conductas sustentables considera que intervinieron en cada una de las distintas etapas de la propuesta (recolección de los elementos; síntesis-caracterización; discusión de los resultados; lectura de bibliografía recomendada y elaboración del informe)?*

Estudiante 1: *“Considero las conductas pro-ecológicas y el comportamiento frugal ya que son dos conductas que enfocan al cuidado del ambiente físico y natural, en relación con el rendimiento de reciclado del alumbre y ahorro de consumo de energía”.*

Estudiante 2: *“La conducta pro-ecológica. La recolección de los elementos (latas de aluminio): Con la recolección de las latas de aluminio, se promovió una conducta pro-ambiental, con el fin de reutilizar residuos sólidos, mientras que en la elaboración del informe se propició a una conducta pro-ecológica y pro-ambiental, porque mediante la lectura de la bibliografía se reforzó la conciencia de promover el cuidado del medio ambiente”.*

Estudiante 3: *“Las conductas sustentables que considero que se pusieron en juego en las distintas etapas del trabajo fueron: Recolección de los elementos:*

la conducta pro-ecológica y el comportamiento frugal. Ya que se busca la protección del medio natural al reciclar residuos de aluminio, también se trata de evitar el consumo de recursos para crear un comportamiento eficiente. Síntesis-caracterización, discusión de los resultados y elaboración del informe: conducta altruista, porque se desarrollan acciones, se comparten las experiencias, resultados y conclusiones, con las que un individuo busca aumentar los beneficios de otro sin ningún tipo de interés."

Pregunta 2: a. *¿Considera el concepto de sustentabilidad en sus prácticas profesionales como Analista Químico, más allá de que el mismo no se encuentra presente de manera explícita en su formación universitaria?*

b. *¿De qué manera incorpora el mismo?*

c. *¿En qué acciones concretas se revela dicho concepto?*

Estudiante 1: *"Sí, considero el término, no dicho como tal, pero sí fue aplicado en las sugerencias designadas por la materia de proceso analítico total para concluir en las investigaciones con resultados acordes al término: sustentabilidad."*

Estudiante 2: *"Si, actualmente me desempeño como docente y trato de fomentar en mis alumnos una conducta pro-ambiental y frugal, mediante la presentación de casos ejemplificadores de conductas en San Luis, además de ponerlas en práctica tales como la elaboración de ecoladrillos para la construcción de muebles escolares, la reutilización de neumáticos para la elaboración de bancos para los establecimientos educativos."*

Estudiante 3: *"Si, considero el concepto de sustentabilidad en mis prácticas profesionales de Analista Químico, la manera que incorporo es desarrollar siempre acciones que afecten de la menor manera posible el medio ambiente, por ejemplo y una de las más comunes es el uso racional del agua, manejo y separación de residuos, uso racional de energía o combustibles."*

ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA IMPLEMENTACIÓN

Con respecto al análisis de la bibliografía, en el momento uno, los estudiantes lograron identificar cada una de las conductas sustentables, pero expresaron no haber estudiado las mismas anteriormente en su formación universitaria. En el segundo momento del estudio cualitativo, se pudo observar que los sujetos encuestados detectaron la presencia de conductas, fundamentalmente pro-ecológicas y frugales. No se observa en las respuestas la identificación de conductas pro-sociales (equitativas y altruistas). Se puede pensar que la falta de conductas pro-sociales se vincule, por un lado, a la insuficiente formación en educación sustentable (Ley 27621, Educación Ambiental Integral) que contemple los aspectos sociales del ambiente. Por otro lado, si se hace un análisis crítico sobre el cuestionario construido, se podría pensar que los aspectos sociales de la conducta sustentable no fueron incluidos en los contenidos del nuevo trabajo práctico, por lo tanto, tampoco fueron encontrados en los resultados. Sin embargo, uno de los estudiantes, relacionó la etapa de socialización de los resultados (tercer momento) a una conducta

altruista, por lo que esto evidencia que los aspectos sociales atraviesan de modo implícito la mirada de la sustentabilidad en lo concreto del trabajo.

Fruto de la socialización, propiamente dicha, entre docentes y estudiantes (tercer momento) se reflexionó sobre la importancia que tiene la presencia de estas conductas sustentables dentro de sus prácticas, en las diferentes etapas de su formación.

CONCLUSIONES

El trabajo interdisciplinario, que se nutrió del aporte de las diferentes miradas desde las ciencias humanas y las ciencias naturales, optimizó el desarrollo de una propuesta didáctica -que responde a los objetivos generales de la presente investigación- contribuye a la formación integral, a la construcción de aprendizajes significativos y al reconocimiento de conductas sustentables de los estudiantes de la carrera de Analista Químico de esta universidad.

Esta actividad de laboratorio, tan común para los estudiantes de la carrera, encarada desde otra perspectiva, más comprometida con el ambiente y con ellos mismos, favoreció la reflexión en el aula sobre la importancia del reconocimiento de las conductas sustentables en su formación profesional.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Profesora Esp. María Lidia Azar (Ex Directora Proyectos CNM- PIEQ- ALDEQ, UNSL-FQByF) y a la Lic. Mariana N. Vallejo Azar (Unidad de Estudios en Neurociencias y Sistemas complejos -CONICET-Hospital SAMIC El Cruce- UNAJ) por sus valiosos aportes y comentarios a la presente publicación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abraham, J. M., Azar, M. L. y Segovia, R. F. (1997). Aplicación de un sistema que facilite el aprendizaje cooperativo de las ciencias -particularmente química- y la tecnología vinculadas al desarrollo y el medio ambiente. *Química y Vida Diaria*, 8, 146-149.

Anastas P. y Eghbali, N. (2010). Green Chemistry: Principles and Practice. *Chemical Society Reviews*, 39, 301-312.

Atkins, P. (2006). *Química Inorgánica*. (4º edición) Mc Graw Hill.

Azar, M. L., Abraham, J. M. y Mainero, N. (2012). Consideraciones sobre la necesidad de gestionar los conocimientos científicos y tecnológicos obtenidos en el nivel superior para aportar a un desarrollo sostenible, compatible e incluyente: contexto de los proyectos educativos integrales (PEI). En: G. Pinto Cañon y M. Martín Sánchez. *Enseñanza y divulgación de química y la física*, 435-438. Madrid: Garceta.

Benoit Ríos, G. C. (2020). La formulación de preguntas como estrategia didáctica para motivar la reflexión en el aula. *Cuadernos de Investigación Educativa*, 11(2), 95-115. <https://doi.org/10.18861/cied.2020.11.2.2994>

- Corral Verdugo, V. (2001). *Comportamiento Proambiental. Una introducción al estudio de las conductas protectoras del ambiente*. (1º edición), España: Resma.
- Corral Verdugo, V. (2012). *Sustentabilidad y Psicología Positiva. Una visión optimista de las conductas proambientales y prosociales*. (1º edición), México: El Manual Moderno.
- Cotton, F. A. y Wilkinson, G. (2000). *Química Inorgánica Avanzada*. (1º edición), México: LIMUSA.
- Martino C. M., Verardo S. A. y Romanelli G. P (2014). Una propuesta de introducción de contenidos de química verde, en la currícula del nivel polimodal. *Educación en la Química*, 10(3).
- Naciones Unidas, (1987). Our Common Future. *Report of the World Commission on Environment and Development*. <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>
- Nakamoto, K. (2009). *Infrared and Raman Spectra of Inorganic and Coordination Compounds*. (6º edición). Wiley.
- Nyburg, S. C., Steed, J. y Aleksovskaja, S. y Petrushevski, V. M. (2000). Structure of the alums. I. On the sulfate group disorder in the alpha-alums. *Acta Crystallographica B*, 56, 204-209. <https://doi.org/10.1107/S0108768199014846>
- Oskamp, S. (2000). A Sustainable Future for Humanity? *American Psychologist*, 55, 496-508. <http://dx.doi.org/10.1037/0003-066X.55.5.496>
- Presidencia de la Nación Argentina (2021). Ley 27621 para la implementación de la educación ambiental integral en la República Argentina. <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/ley-27621-350594>
- Rodríguez, J. J. J. (2002). *La Ingeniería Ambiental: Entre el reto y la oportunidad*. (1º edición). Síntesis, Universidad Internacional de Andalucía.
- Sierra, A., Meléndez, L., Ramírez-Monroy, A. y Arroyo, M. (2014). La química verde y el desarrollo sustentable. *RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 5(9), 1-15. <https://www.ride.org.mx/index.php/RIDE/article/view/1>
- Triana-Hernández, B. M. (2014). The Chemistry Discipline for Environmental Training of Agronomist. *Revista Cubana de Química*, 26(3), 259-275. <https://cubanaquimica.uo.edu.cu/index.php/cq/article/view/286>
- Van Lange, P. A. M. (2000). Beyond self-interest: A set of propositions relevant to interpersonal orientations. En: M. Hewstone y W. Stroebe (Eds.), *European Review of Social Psychology* (Vol. 11, pp. 297-330). Londres: Wiley.