

IDENTIFICACIÓN DE LAS PROBLEMÁTICAS DEL APRENDIZAJE Y DESARROLLO DE PROPUESTAS DIDÁCTICAS INNOVADORAS EN CURSOS UNIVERSITARIOS DE QUÍMICA ORGÁNICA

*Identification of learning problems and development of innovative didactic proposals
in organic chemistry university courses*

- ❖ *Esteban, Gudiño*
- ❖ *Lucas, Dettorre*
- ❖ *María Belén, Sabaini*
- ❖ *Ana, Valino*

Universidad Nacional Arturo Jauretche

El presente trabajo aborda algunas de las problemáticas que los estudiantes pueden encontrar en un curso universitario de química orgánica. Se identificaron dificultades en el uso correcto de convenciones y simbología típica de la disciplina, con un sesgo entre el objetivo pedagógico del uso de flechas curvas en química orgánica y las estrategias que los estudiantes utilizan para aplicarlas en mecanismos de reacción y estructuras resonantes. También, se observó la complejidad de la manipulación de objetos con cierto grado de abstracción, como son las proyecciones utilizadas en la representación tridimensional de moléculas orgánicas, en particular los ciclohexanos. Estas dificultades permitieron generar espacios de discusión con docentes y estudiantes para mejorar la comprensión de estos conceptos. Asimismo, se analizó el uso de tecnologías de información y comunicación (TIC) en desarrollo de ciertas habilidades de comunicación en la disciplina.

Palabras claves: educación universitaria, didáctica, Química Orgánica

Abstract

This work explores into some of the problems that students in a university course of organic chemistry may encounter. Difficulties were identified in the correct use of

conventions and typical symbology of the discipline, with a gap between the pedagogical objectives of the use of curved arrows in organic chemistry and the strategies that students use to apply them in reaction mechanisms and resonant structures. The complexity of the manipulation of objects with a certain degree of abstraction was also observed, such as the projections used in the three-dimensional representation of organic molecules as cyclohexanes. These difficulties allowed generating spaces for discussion with teachers and students to improve understanding of these concepts. The use of information and communication technologies (ICTs) in developing certain communication skills in the discipline is also analyzed.

Keywords: higher education, didactic, Organic Chemistry

Introducción

Química Orgánica es una de las asignaturas más desafiantes de las carreras científico-tecnológicas vinculadas al campo de la química. Esta materia suele constituir parte de la formación básica en distintas carreras relacionadas a las Ciencias Naturales, las Ciencias Biomédicas y de la Salud y algunas ingenierías. Se trata de una disciplina que forma parte de las ciencias químicas –abocadas al estudio de la materia y sus transformaciones– y su objeto de estudio son los compuestos orgánicos o compuestos de carbono. En este sentido, la Química Orgánica busca introducir a los estudiantes en el estudio de las propiedades físicas y químicas (reactividad) de los compuestos orgánicos, y de las técnicas u operaciones unitarias aplicadas a su separación y purificación en el laboratorio.

Dadas las características propias del campo disciplinar en relación con la naturaleza, cantidad de contenidos novedosos que aborda y los objetivos específicos que se pretende que los estudiantes alcancen, esta materia suele resultar bastante problemática y abrumadora para el estudiantado: esto se asocia al hecho de que los estudiantes deben construir capacidades cognitivas y cognitivo-lingüísticas complejas. A diferencia de otras ramas de la química, en las que suele hacerse foco en el desarrollo de habilidades ligadas a la resolución de problemas en los cuales se requieren expresiones matemáticas y el desarrollo de cálculos numéricos (especialmente, en contenidos tales como soluciones, concentración, estequiometría, entre otros), en Química Orgánica, los estudiantes deben hacer uso de habilidades cognitivas novedosas relacionadas con la inteligencia espacial (capacidad de procesar información en tres dimensiones) y cognitivo-lingüísticas (que

requieren el desarrollo de lectoescritura en ciencias). Estas últimas incluyen la habilidad de argumentar y elaborar conclusiones propias, la justificación (oral y escrita) de diversos fenómenos propios de la disciplina, el manejo y codificación de una gran cantidad de lenguajes diferentes, la capacidad de hacer inferencias correctas acerca del valor relativo de diferentes propiedades físicas y químicas de una gran variedad de sustancias químicas y que, además, estas inferencias estén basadas en el análisis de los rasgos composición y estructura submicroscópica de las sustancias de interés.

A los obstáculos anteriores, podemos sumar otras dificultades que surgen a la hora de construir y aplicar modelos químicos y principios que permitan realizar predicciones acerca del desarrollo esperado en diferentes ambientes, esta es una de las capacidades más desafiantes. Si bien estas habilidades pueden ser desarrolladas por parte de los estudiantes, el tiempo que se le puede dedicar a su ejercitación es escaso, debido a la gran cantidad de contenidos disciplinares que deben ser impartidos en un cuatrimestre.

Tal como se hizo referencia previamente, la Química Orgánica constituye una disciplina que se mueve en un dominio particularmente espacial, lo cual requiere poner en juego ciertas habilidades que desempeñan un rol importante en el rendimiento del estudiante de esta materia (Pabuccu, 2017). La falta de un acuerdo consistente sobre cómo y cuándo usar una variedad de convenciones para visualizar una molécula orgánica en la clase, dificulta aún más el aprendizaje de estas y el desarrollo de la habilidad de proyectar representaciones bidimensionales. Las investigaciones sistemáticas son necesarias para determinar cómo esta práctica afecta el desarrollo de la competencia representacional y si cierto rasgo estructural presenta barreras para que los estudiantes entiendan esta habilidad de resolver problemas. A lo anterior debe sumarse que no solo el rasgo estructural y diagramático es importante, sino también la descripción verbal (Galagovsky, 2009).

Otro inconveniente es que, en la química, existe un nivel de representación submicroscópico (escala atómico-molecular) que no es accesible por percepción directa, razón por la cual la ciencia se ha encargado de elaborar modelos y conceptos asociados a ellos (Kozma y Russell, 1997). En este sentido, los modelos sirven para tender puentes cognitivos entre los niveles de representación submicroscópico y macroscópico (propiedades medibles, observables). La enseñanza y el aprendizaje de estos modelos se lleva a cabo en forma conjunta con las asignaturas previas (como Química I y II o Química General e Inorgánica, dependiendo de la carrera de la que se trate). Además, una gran

parte de la práctica científica en las clases de Química Orgánica toma lugar haciendo uso de representaciones pictóricas que poseen significados mucho más profundos. Por ejemplo, un pequeño cambio estructural en una estructura molecular puede alterar el mecanismo de una reacción química (Graulich, 2015). En este sentido, diversos estudios sugieren que debe invertirse tiempo para desarrollar actividades que permitan la construcción de modelos para la resolución de problemas y que debe promoverse un ambiente en el cual los mismos estudiantes se cuestionen de forma crítica la validez de sus propias representaciones estructurales (habilidades metacognitivas).

Cabe destacar que parte de este trabajo fue elaborado en el contexto de una pandemia, por lo que se decidió estudiar la incorporación de las tecnologías de información y comunicación (TIC) en los procesos educativos, aprovechando las potencialidades de los entornos virtuales de enseñanza y aprendizaje (EVEA). La mediación tecnológica de los procesos de enseñanza y aprendizaje se presenta como una manera de adecuar la formación académica a los nuevos tiempos, promoviendo la comunicación en el marco de la enseñanza presencial, a la vez que facilita que el estudiante se familiarice en la utilización de herramientas tecnológicas que constituyen un elemento central en la formación de profesionales del siglo XXI. Lo más relevante de la educación mediada por TIC es que permite que una gran cantidad de estudiantes puedan continuar sus estudios gracias a la formación en entornos digitales y a la incorporación de estrategias de enseñanza y aprendizaje que promuevan la democratización del acceso a la universidad, de esta forma se brinda a los estudiantes flexibilidad horaria, especialmente para que aquellos que, por razones de distancia o escasez de tiempo, se les dificulte la asistencia a las clases presenciales, promoviendo la permanencia y los procesos de “terminalidad educativa” (Villar, 2016).

En los resultados que se muestran a continuación, se describe la implementación de EVEA en la asignatura de grado Química Orgánica, para ampliar una propuesta de trabajos prácticos experimentales elaborada anteriormente (Viera, Ramirez, y Fleisner, 2017), cuyo objetivo principal era la promoción de competencias científico-tecnológicas deseables para futuros profesionales, tales como la organización y toma de decisiones, destrezas manuales, procedimientos y actitudes investigativas, la comprensión conceptual y gestión de la información. Dichas competencias serían adquiridas por los estudiantes gracias al diseño de un plan de trabajo, cuya finalidad es el aislamiento y purificación de un compuesto orgánico a partir de una fuente natural, valiéndose de todos los

conocimientos adquiridos a lo largo de la cursada de la materia y de los materiales disponibles.

No hay dudas de que la investigación educativa es un campo complejo en el que numerosas disciplinas buscan integrarse –como puede suceder con la psicología, la sociología, la pedagogía, entre otras– y, en ese proceso, se tensionan. Además, se congregan diversas posturas teórico-metodológicas que se proponen de acuerdo con el diseño del fenómeno educativo que se busca explicar o describir. Consideramos que, en general, los métodos cualitativos son más apropiados para el campo educativo, ya que sirven a objetivos esencialmente transformadores de la realidad, que es una de las premisas que deseamos concretar, por lo que el presente trabajo redundará en dichos métodos. En esta línea, y tomando en consideración que todos los investigadores de este proyecto, además, se desempeñan como docentes de asignaturas vinculadas a la Química Orgánica, se decidió implementar un modelo de investigación-acción. Es este modelo, el diseño y análisis de las propuestas didácticas desarrolladas por los docentes y las resoluciones de las actividades efectuadas por los estudiantes, se convierten en un insumo de la investigación educativa y retroalimentan la práctica docente al propiciar procesos de reflexión y revisión de dicha práctica.

En este trabajo, se describen los resultados de la investigación educativa en el campo de la Química Orgánica relacionados con la indagación de obstáculos en el aprendizaje de la disciplina y propuestas de transferencia al aula para la mejora de su enseñanza. Todo este análisis fue realizado entre los años en 2017 y 2020 en la asignatura Química Orgánica, perteneciente al tercer año del plan de estudios de la carrera de Bioquímica de la Universidad Nacional Arturo Jauretche (UNAJ) y la materia Química Orgánica I, que conforma el ciclo inicial de los planes de estudio para la Licenciatura en Biotecnología, la Licenciatura en Bioinformática y la Ingeniería en Alimentos del Departamento de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Quilmes (UNQ).

Metodología

A los fines del presente trabajo, la realidad que se pretendió identificar e interpretar es la presencia de obstáculos y de estrategias de aprendizaje que los estudiantes utilizan a la hora de abordar la asignatura Química Orgánica, y si estas estrategias favorecían la construcción del conocimiento disciplinar específico. Para ello, se emplearon diversos instrumentos, como el uso de cuestionarios, encuestas y actividades específicas propuestas

para evaluar ciertas habilidades cognitivas y espaciales. Dichos instrumentos fueron aplicados en cursos de Química Orgánica de la carrera de Bioquímica de la UNAJ y de Química Orgánica I de la UNQ. Se propuso una complementariedad metodológica sucesiva, de modo tal que los enfoques cualitativos iniciales permiten diagramar planteamientos o teorías que puedan ser sometidas a validación empírica con metodologías cuantitativas, o viceversa.

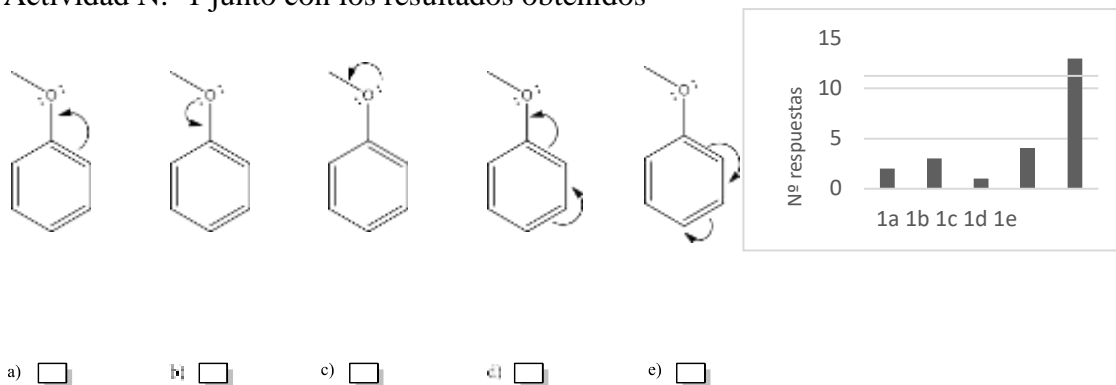
Resultados y discusión

El trabajo realizado en el ámbito de este proyecto de investigación, cumple satisfactoriamente con los objetivos generales planteados en el proyecto inicial. A continuación, se describen brevemente cuales fueron los principales resultados obtenidos. Como se mencionó previamente, la asignatura Química Orgánica utiliza gran cantidad de lenguajes simbólicos para analizar y desarrollar conocimientos que poseen connotaciones acerca de procesos macro y submicroscópicos. Esto exige a los estudiantes ser capaces de reconocer e inferir diversas propiedades físicas y químicas a partir del análisis de fórmulas estructurales. Uno de estos lenguajes simbólicos (propio de la disciplina) es el uso de flechas curvas para representar el movimiento de electrones, una estrategia que sirve a los estudiantes como herramienta para que sean capaces describir mecanismos de reacción y de comprender cómo ocurren las reacciones químicas orgánicas, al deconstruirlas en pasos e identificar especies reactivas y sus sitios de reacción. Además, se utilizan las flechas curvas para describir los movimientos de electrones en la resonancia y el modo en el que este da lugar a las distintas estructuras canónicas o formas resonantes.

Para evaluar la dificultad que los estudiantes poseían en la utilización de flechas curvas aplicada a mecanismos de reacción y resonancia, se elaboró una encuesta de opción múltiple con diversos movimientos de electrones representados por flechas curvas, en la que debían reconocer cuáles estaban correctamente representados. En la Figura 1, se muestra parte de las actividades propuestas, junto con los resultados obtenidos. Se observa que, sobre un total de 24 estudiantes, 13 escogieron la opción correcta, mientras que los restantes 11 repartieron sus respuestas en las demás opciones, las cuales son incorrectas. De estos resultados se puede inferir que existen deficiencias en la forma en que reconocen la hibridación de los átomos, conceptos básicos de la teoría de resonancia y la regla del octeto, utilizados para construir estas estructuras canónicas, cuya correcta interpretación les permitiría hacer inferencias adicionales sobre propiedades físicas o químicas.

Figura 1

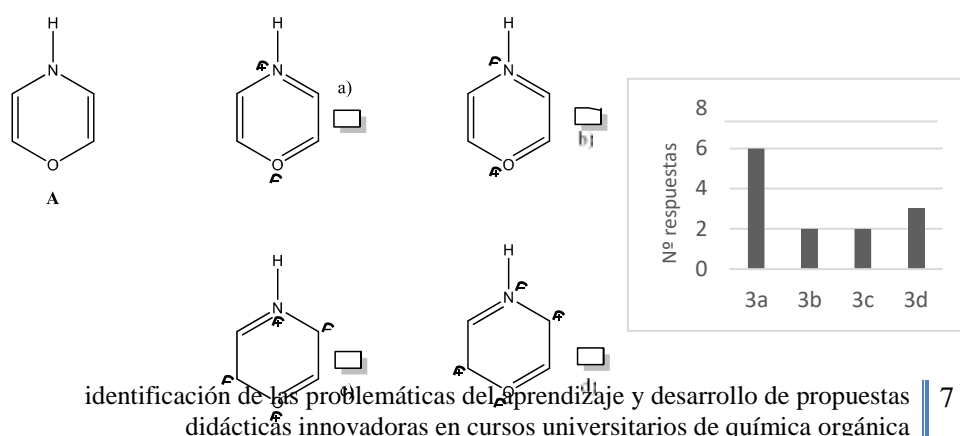
Actividad N.º 1 junto con los resultados obtenidos



En la Figura 2, se muestra una actividad posterior con la misma metodología de análisis, pero con la carencia de las flechas curvas, en la que se solicita a los estudiantes que seleccionen de entre cuatro opciones, la que corresponde a una estructura resonante de la estructura A. Para ello, deben plantear (mentalmente o en papel) los movimientos de electrones permitidos. En este caso, solo 2 de los 14 estudiantes que pudieron responderlo lo hicieron de forma satisfactoria, de esta manera queda en evidencia que reconocer el uso correcto de flechas curvas en una fórmula estructural es más sencillo que, a partir de las estructuras canónicas, plantear el movimiento de electrones que permitió generarlas. Se puede llegar a hipotetizar que, en estas situaciones, opera un aprendizaje memorístico de estas estructuras resonantes y una búsqueda de la respuesta correcta por comparación sin llegar a utilizar ninguno de los conceptos que se pretende que aprendan con dichas actividades.

Figura 2

Actividad N.º 3 y resultados obtenidos



Luego de efectuar actividades sucesivas en el mismo estudio, quedó claro que la presentación de numerosas opciones con distintas alternativas correctas de uso de flechas curvas significó una gran confusión y la aparición de gran cantidad de dudas de lo que aparentemente creían saber. Nuevamente, surge la hipótesis de que los estudiantes poseen un gran compendio memorístico de mecanismos de reacción y movimientos de electrones para generar estructuras resonantes, pero que no se apoyan en una base teórica, sino que surge de la repetición, suprimiendo todos los beneficios que pretende brindar el uso de este formalismo. Esto se evidencia cuando se solicita a los estudiantes que expliquen verbalmente (de manera oral o escrita) por qué tomaron cada una de sus decisiones. En casi la totalidad de los casos, presentan enormes problemas para explicar porque seleccionan una opción y descartan otras, dando cuenta de la dificultad para realizar conversiones entre múltiples lenguajes (verbal y no verbal o distintos tipos de lenguajes simbólicos). La totalidad de los resultados fueron presentados en III Jornadas de Enseñanza, Capacitación e Investigación en Ciencias Naturales y Matemática (Gudiño, Dettorre, Sabaini y Valino, 2018).

Otro de los tópicos que más obstáculos presenta en el aprendizaje de la Química Orgánica es la isomería espacial o estereoisomería. Esto se debe, en parte, a que los estudiantes deben construir habilidades específicas, conocidas como habilidades visoespaciales, relacionadas con la inteligencia espacial, fundamentales para comprender cómo se distribuyen o disponen los átomos o grupos de átomos en tres dimensiones. En este sentido, numerosos trabajos reconocen la dificultad que representa para los estudiantes el manejo de representaciones tridimensionales, incluso en el ámbito universitario. Con el fin de identificar y evaluar las dificultades específicas que los estudiantes de la carrera de Bioquímica de la Universidad Nacional Arturo Jauretche (UNAJ) presentan, se desarrolló una secuencia de actividades destinadas a indagar errores conceptuales comunes y obstáculos del aprendizaje asociados al estudio de la isomería conformacional y configuracional de ciclohexanos polisustituídos (Figura 3). La misma fue realizada de manera presencial por 33 estudiantes de una misma comisión.

Figura 3

Actividad propuesta y analizada

Dado el (1R,2S,5R)-2-isopropil-2-metilciclohexanol (conocido comúnmente como (-)-mentol), realice las siguientes actividades, justificando adecuadamente sus respuestas:

Actividad 1) Dibujar la **proyección de líneas, cuñas y guiones**.

Actividad 2) Analizar la **estabilidad conformacional** del compuesto.

Actividad 3) Determinar **si este compuesto es más o menos estable que el isómero (1R,2R,5R)**.

Actividad 4) Determinar si su **enantiómero**:

a. Es más o menos estable.

b. Es levógiro o dextrógiro.

Actividad 5) Dibujar la **proyección de Newman C1-C2 y C4-C5** para el conformero menos estable del (-)-mentol.

A partir del análisis de las respuestas de los estudiantes, fue posible identificar dificultades relacionadas con el uso de habilidades visoespaciales en el análisis y escritura de representaciones moleculares y también en el uso de diversos lenguajes específicos y sus convenciones para formular tales representaciones.

En este sentido, se evidenció la necesidad de explicitar las reglas utilizadas para decodificar e interpretar las representaciones y de emplear recursos que promuevan la percepción del carácter espacial de las estructuras. La totalidad de los resultados fueron presentados en XXXII Congreso Argentino de Química (Dettorre, Gudiño, Sabaini, y Valino, 2019).

Una colaboración con la Dra. Liliana Viera de la UNQ permitió seguir profundizando el estudio de las problemáticas de aprendizaje de la materia Química Orgánica, indagando acerca de las guías de seminarios de la asignatura. Lo que se observó en estas guías de estudio es que redundan en actividades tendientes a la memorización de ciertas estrategias y enunciados en los cuales el estudiante debe justificar su respuesta. El alto grado de dificultad que encuentran los estudiantes para desarrollar satisfactoriamente estas justificaciones tendría como un componente fundamental cuestiones asociadas al lenguaje. Por este motivo se trabajó en la elaboración de una propuesta superadora y se diseñó una guía de estudio para la unidad temática “Relación estructura-propiedades”. En ella se incluyeron 16 actividades que abordaban los contenidos conceptuales, pero con enunciados enfocados al reconocimiento y utilización de las diferentes habilidades cognitivo-lingüísticas, la utilización de diferentes lenguajes disciplinares y la conversión de uno a otro. Un análisis de las respuestas brindadas al aplicar esta nueva guía de actividades permitió identificar aquellas que significaron un mayor desafío para los estudiantes y, a partir de su reconocimiento, analizar las causas de la complejidad advertida por estos; como así también tratar de reconocer errores conceptuales en las respuestas brindadas. Este

análisis permitió concluir que las actividades que fueron consideradas como de resolución complicada incluían la elaboración de textos justificativos utilizando diversos lenguajes propios de la química orgánica (fórmulas, gráficos, ecuaciones, etc.). El estudio de las respuestas de los participantes pudo relevar las siguientes dificultades: inclusión de conceptos poco pertinentes para la justificación de acidez relativa, como la tensión estérica y la polarizabilidad de diferentes elementos, el uso de la descripción estructural más que de la explicación de una determinada propiedad química en base a indicios estructurales y, en algunos casos, poca correlación entre las inferencias realizadas y las predicciones propuestas. También se observaron deficiencias en conceptos básicos como hibridación del átomo de carbono y de heteroátomos que llevaron a conclusiones y respuestas incorrectas¹.

Un estudio posterior estuvo dirigido a determinar cuáles consignas fueron consideradas fáciles y muy fáciles por los estudiantes. En su mayoría fueron aquellas que solicitaban definiciones. Más allá de que las respuestas brindadas fueran satisfactorias en cuanto a su estructura, su relación con conceptos propios de la disciplina, como pueden ser los términos macroscópico o submicroscópico evidencian la falta de coincidencia entre lo que los estudiantes consideran una respuesta correcta y la visión de los docentes. Se infiere que, a pesar de que una actividad sea considerada fácil, no necesariamente asegura respuestas correctas, es decir, que la percepción del estudiante acerca de su propio desempeño en la elaboración de sus respuestas no se corresponde con lo que el docente puede llegar a considerar como una resolución adecuada².

Asimismo, continuando con el trabajo colaborativo con la Dra. Liliana Viera, fue posible elaborar y desarrollar propuestas de laboratorio tendientes a promover el desarrollo de competencias valoradas en carreras científico-tecnológicas tales como las de gestión de información, investigativas y de comunicación oral y escrita en el ámbito disciplinar específico (Dettorre, Viera, y Gudiño, 2019). Dichas competencias, que involucran habilidades tanto cognitivas como cognitivo-lingüísticas, pueden potenciarse y promoverse mediante el uso de estrategias y recursos TIC implementando entornos digitales, para ampliar y complementar los recursos disponibles para la enseñanza y aprendizaje en el aula física. En particular, se trabajó en la asignatura Química Orgánica I

¹ Todos estos resultados fueron presentados en XVIII REQ (Gudiño y Viera, 2018).

² Todos estos resultados fueron presentados en XVIII REQ (Gudiño y Viera, 2018).

del ciclo inicial de la Licenciatura en Biotecnología, la Licenciatura en Bioinformática y la Ingeniería en Alimentos de la UNQ, por lo que, dado la similitud de los contenidos con la asignatura de la carrera de Bioquímica de la UNAJ, permitiría que la propuesta pueda ser aplicada en nuestra institución. La propuesta buscó articular la programación de la enseñanza y el trabajo del estudiantado en EVEA con el desarrollo de propuestas de Trabajos Prácticos de Laboratorio (TPL). En esta línea, se explicitan algunas estrategias y recursos utilizados en las fases pre y postexperimentales para gestionar la información, planificar los TPL y comunicar resultados y conclusiones de las investigaciones empleando EVEA. La propuesta utiliza el modelo de “aula invertida” (*flipped classroom*, en inglés) con el objetivo principal de abordar los fundamentos teóricos de las técnicas experimentales que los estudiantes tomarán como herramientas para cumplir con los objetivos de aislamiento y separación de diferentes productos naturales asignados por los docentes a cada grupo de estudiante dando lugar a la confección del TPL. La principal ventaja de este tipo de metodologías es que están más centradas en los estudiantes, haciéndolos partícipes de su propio aprendizaje, además de que permiten asignarle mayor cantidad de tiempo en el aula a la discusión de las diferentes técnicas y a la resolución de actividades tendientes a mejorar la comprensión de dichas experiencias, ya que existe una dedicación extraclase por parte de los estudiantes al aprendizaje de los conceptos importantes de las técnicas de laboratorio.

La siguiente etapa es la elaboración del TPL en forma colaborativa mediada por el uso de Wikis, un recurso digital popular que consiste en una serie de páginas webs que pueden ser creadas y editadas por los estudiantes en forma conjunta, de manera asincrónica. Luego de esto, el trabajo es presentado en forma conjunta utilizando como soporte diapositivas elaboradas en Power Point o Prezi. La escritura y presentación oral del plan de trabajo pretenden promover en los estudiantes el desarrollo de competencias vinculadas con la gestión de la información, tales como la identificación de fuentes de información y la organización de datos, la sistematización de la información relevante, el compromiso con la emisión de opiniones fundamentadas y la utilización de esquemas para el análisis de situaciones complejas, entre otras, así como también competencias asociadas al desarrollo de actitudes sociales.

La introducción de recursos virtuales disponibles como Wikis, cuestionarios, foros, etc., y el uso de videos elaborados por los docentes en las clases invertidas, permite reemplazar horas de cursada presencial por nuevas propuestas didácticas, fomenta el trabajo

colaborativo establecido por entornos digitales y el desarrollo de materiales audiovisuales por parte del estudiantado. A estos beneficios, se suma el hecho de que la reducción de la carga horaria presencial posibilita a los estudiantes gestionar de manera más autónoma sus tiempos para aprender, se propicia una formación más centrada en el estudiante, con una participación activa en su propio aprendizaje y con la posibilidad de hacerlo con ayuda de sus pares, en un entorno colaborativo, con la guía del docente, y de esta manera promover aprendizajes significativos. También cabe destacar que el uso de TIC (particularmente en los tiempos actuales) aporta la asincronía en los eventos de enseñanza, aumentando la flexibilidad horaria y disminuyendo la deserción por la carga horaria excesiva que suele tener esta asignatura (Gudiño, Dettorre, y Viera, 2020).

Conclusiones

A partir de las distintas actividades propuestas a los estudiantes, es posible inferir numerosas conclusiones acerca de los métodos de aprendizaje que poseen del manejo integral de distintos lenguajes, como fórmulas y ecuaciones y, en algunos casos, lenguajes específicos de la asignatura, como son las flechas curvas, de las capacidades visoespaciales dada la naturaleza espacial de la materia, y la capacidad de llevar a cabo con éxito actividades que les permitían expresarse en forma oral y escrita utilizando la semántica particular de los textos científicos.

En cuanto a la utilización de las flechas curvas para expresar movimientos de electrones, los estudiantes, en su mayoría, no fueron capaces de reconocer distintas alternativas correctas en su uso, la elaboración de la actividad significó para ellos una reconsideración de lo que creían saber y de cómo era la forma más fructífera de utilizarlas. Por lo que se pudo observar, los estudiantes se enfrentaban previamente a este tipo de desafíos simplemente con un gran compendio memorístico de flechas curvas en mecanismos de reacción y movimientos de electrones para generar estructuras resonantes, pero que no se apoyaban en una base teórica, sino que surgía de la repetición de patrones, suprimiendo todos los beneficios que pretenden brindar el uso de este formalismo. En principio, la discusión de los resultados de esta actividad con los estudiantes es una forma de corregir vicios en su aprendizaje, que ayuda al desarrollo y afianzamiento de los conceptos teóricos que enmarcan el uso de estas flechas y la ejercitación de su uso para explicar

productos diferentes a los presentados en la mayoría de los libros, de manera de desarrollar las habilidades cognitivas superiores que se pretenden.

En el ámbito de las habilidades visoespaciales fue posible reconocer numerosos obstáculos relacionados no solo en el análisis y escritura de representaciones moleculares, sino también en el empleo de diversos lenguajes específicos y sus convenciones para formular tales representaciones. En este sentido, resulta fundamental que, durante la enseñanza, se expliciten las reglas utilizadas para decodificar e interpretar estas representaciones, a la vez de emplear recursos que promuevan la percepción del carácter espacial de las estructuras. Es necesario entrenar a los estudiantes en el uso de diferentes representaciones para una misma estructura molecular y hacer explícito cómo se convierte una representación en otra.

En cuanto al manejo escrito y oral del lenguaje propio de la disciplina se observó que las definiciones ayudan a los estudiantes a incorporar y desarrollar capacidades, como establecer semejanzas y diferencias, reconocer propiedades esenciales, categorizar y agrupar, que son el punto de partida para el desarrollo de otras capacidades más complejas, como justificar y argumentar dentro de los códigos textuales de la química. Debido a que estas capacidades básicas son incorporadas en la vida del estudiante hace tiempo, estos perciben a estas actividades como “fáciles”, especialmente por el poco uso que se hace de otra tipología de lenguaje. A pesar de lo anteriormente expuesto, y más allá de que las respuestas brindadas sean satisfactorias en cuanto a la elaboración de definiciones, su relación con otros conceptos más abstractos, propios de la disciplina, (como pueden ser el término macroscópico o submicroscópico) evidencian la aparición de un apartamiento mayor entre lo que ellos consideran una respuesta correcta y la visión de los docentes, en donde se pueden encontrar errores conceptuales que, en algunos casos, son graves e invisibles a la propia mirada de los estudiantes y, por ende, los imposibilita efectuar una apropiada autorregulación de su propio aprendizaje.

Producto de la situación particular que significó la pandemia, se propuso la introducción de recursos digitales disponibles en la plataforma Moodle, como Wikis, cuestionarios, foros, entre otros, y el uso de videos elaborados por los docentes, para reemplazar horas de cursada presencial por nuevas propuestas didácticas: como las clases invertidas, el trabajo colaborativo mediado por entornos digitales a través del uso de Wikis y el desarrollo de materiales audiovisuales por parte del estudiantado. El objetivo futuro es que esto ayude a que los estudiantes gestionen de manera más autónoma sus tiempos de

aprendizaje y que aprendan a hacerlo de forma más eficiente, con la posibilidad de interactuar con sus pares en un entorno colaborativo y con la guía del docente. Asimismo, el desarrollo de un modelo de enseñanza mediada por TIC, plantea aprovechar todos los beneficios potenciales que poseen estas tecnologías, principalmente, la asincronía, que fomenta este tipo de recursos y que repercute en una mayor flexibilidad horaria buscando siempre la disminución en la deserción o abandono de la asignatura por la carga horaria que significa llevar a término una carrera universitaria.

Referencias bibliográficas

- Dettorre, L., Gudiño, E., Sabaini, M. B. y Valino, A. (2019). Errores conceptuales y obstáculos en el aprendizaje de la isomería espacial de compuestos cíclicos en un curso universitario de química orgánica. *XXXII Congreso Argentino de Química*, (pp. 911-913). Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
https://drive.google.com/file/d/1nioyhxJdcv5oSRw_g7e_bUu2aau8f_W2/view
- Dettorre, L., Viera, L. y Gudiño, E. (2019). Promoción de competencias comunicativas en el laboratorio de Química Orgánica mediada por Entornos Virtuales de Enseñanza y Aprendizaje. *Cuarto Simposio Virtual de Enseñanza de las Ciencias Naturales*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
- Galagovsky, L. (2009). Enseñanza de la química: lenguajes expertos como obstáculos de aprendizaje. *Enseñanza de las Ciencias, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*, (pp. 425-429). Buenos Aires.
- Graulich, N. (2015). The tip of the iceberg in organic chemistry classes: how do students deal with the invisible? *Chemistry Education Research and Practice*, 16, pp. 9-21. Londres.
- Gudiño, E. y Viera, L. (2018). Identificación de dificultades en la elaboración de textos justificativos en Química Orgánica. *XVIII Reunión de Educadores en la Química. REQ*, (pp. 105-109). Córdoba.
https://www.exa.unrc.edu.ar/wpcontent/uploads/2018/08/Libro-de-resumenesXVIII-REQ_final-1.pdf
- Gudiño, E., Dettorre, L. y Viera, L. (2020). Química Orgánica en entornos virtuales de

- enseñanza y aprendizaje: una propuesta inclusiva para su articulación con el espacio de laboratorio. *VII Jornadas Nacionales y III Latinoamericanas de Ingreso y Permanencia en Carreras Científico-Tecnológicas*. Tucumán.
- Gudiño, E., Dettorre, L., Sabaini, M. B. y Valino, A. (2018). Identificación de dificultades en el uso de flechas curvas en química orgánica. *III Jornadas de Enseñanza, Capacitación e Investigación en Ciencias Naturales y Matemática (3JECICNAMA)*, (pp. 506-513). Bernal.
- https://drive.google.com/file/d/1yRKlfLI6HfaV_J23s7TI2CVQdIma3fY9/view
- Kozma, R. y Russell, J. (1997). Multimedia and understanding: Expert and novice responses to different representations of chemical phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 34, pp. 949-968. EE. UU.
- Pabuccu, A. Y. (2017). Beyond rote learning in organic chemistry: the infusion and impact of argumentation in tertiary education. *International Journal of Science Education*, pp. 1154-1172. Abingdon. Reino Unido.
- Viera, L. y Gudiño, E. (2019). Actividades enfocadas a la promoción de habilidades cognitivo-lingüísticas en un curso de Química Orgánica: visión de los estudiantes sobre el grado de dificultad. *X Congreso Iberoamericano de Educación Científica*, (pp. 482-487). Montevideo.
- https://drive.google.com/file/d/16yaMlbqJj8f8abCwLurYN_ilkqZiYNER/view
- Viera, L., Ramirez, S., & Fleisner, A. (2017). El laboratorio en Química Orgánica: una propuesta para la promoción de competencias científico-tecnológicas. *Educación Química*, 28(4), pp. 262-268. <https://doi.org/10.1016/j.eq.2017.04.002>
- Villar, A. (2016). *Bimodalidad: articulación y convergencia en la educación superior*. Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de Quilmes. Bernal.
- <https://ridaa.unq.edu.ar/bitstream/handle/20.500.11807/516/bimodalidad.pdf?sequence=1&isAllowed=y>