
La enseñanza de la Química Orgánica en las carreras del Profesorado y la Licenciatura en Ciencias Biológicas

Importance of the teaching of organic chemistry in the Teaching Profession and Licenciate in Biology

Ada V. Cazón¹, Victor D. Juárez¹ y Carmen C. Moreno².

¹Cátedra de Química Orgánica. ²Didáctica de las Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Salta. Av. Bolivia 5150. Salta- 4400. Email: cazon@unsa.edu.ar

Resumen

La enseñanza de la Química Orgánica ha despertado opiniones diversas respecto de sus contenidos y de las estrategias de enseñanza utilizadas por los docentes para favorecer la construcción de los mismos. Con el propósito de lograr la vinculación de los saberes propios de la Química Orgánica y los de la Biología, se implementaron clases teóricas, clases de resolución de problemas, trabajos prácticos de laboratorio obligatorios y un trabajo práctico final sobre temáticas de interés de los alumnos. Esta modalidad de cursado favoreció el rendimiento académico de los estudiantes reflejado en el aumento de retención. Es aconsejable para el desarrollo de las clases, una carga horaria cuatrimestral de al menos 7 horas semanales.

Palabras clave: transposición didáctica, enseñanza y aprendizaje, centros de interés de los estudiantes, química orgánica, contenidos estructurantes.

Abstract

The teaching of organic chemistry has awoken different opinions in relation to the contents and the teaching strategies used by the professors in order to favor the constructions of said contents. Theoretical classes, problem solving classes, compulsory laboratory work and a final practical task about a topic related to the students' interest were implemented in order to relate the knowledge of Organic Chemistry with the knowledge of Biology. This class modality favored the students' academic performance, which is shown in the increase of retention. Seven teaching hours a week every four months is suggested for the development of the classes.

Key words: didactic transposition, teaching and learning, students' interest centres, organic chemistry, structural contents.

Introducción

La Química Orgánica ha despertado opiniones diversas respecto de sus contenidos y de la metodología utilizada por los docentes para enseñarlos. La enseñanza de la Química Orgánica es un "problema de transposición didáctica" (Katz, 1996). En coincidencia con Lakatos, la química junto con la física constituye un núcleo firme, formado por un conjunto de teorías y leyes propias, que constituyen el "modelo disciplinar". Este modelo es la herramienta que las ciencias experimentales tienen para explicar los más diversos fenómenos que ocurren en la naturaleza. Estos serían los conceptos estructurantes a partir de los cuales se desarrollan las explicaciones biológicas (Rabino et al., 2002). Según Díaz et al. (2001) entre los aspectos que dificultan el aprendizaje de esta disciplina en las carreras de Biología en la Universidad, se

pueden citar entre otros: brusco incremento en el grado de complejidad de los contenidos conceptuales, escasa interrelación entre los mismos, nivel de exigencia formal de los saberes, influencia de los conocimientos previos que se ponen de manifiesto en la resolución de ejercicios de aplicación de conceptos vistos en la asignatura correlativa precedente, nivel de abstracción a que debe llegar el estudiante en la construcción de algunos conceptos básicos de la química (tales como, orbitales moleculares, predicción de reacciones y de propiedades físicas derivadas de las estructuras), escaso interés manifestado por el estudiante en las prácticas de laboratorio, percibidas como de escasa aplicabilidad y transferencia en su futura práctica profesional. A partir de las problemáticas detectadas, surgió la necesidad de plantear cam-

bios profundos en las estrategias de enseñanza a fin de revertir esta situación y propiciar el aprendizaje significativo de la Química Orgánica en los estudiantes universitarios.

En este sentido, los objetivos propuestos buscaron entre otros aspectos, que los estudiantes sean capaces de:

- Establecer relaciones sustantivas entre los diversos contenidos desarrollados en la asignatura, para ser puestos a prueba mediante la investigación y la experimentación práctica llevada a cabo en los trabajos de laboratorio.
- Construir una visión general de la Química Orgánica que permita integrarla a otros saberes de la currícula de ambas carreras como ser Química Biológica, Genética, Fisiología Vegetal, Ecología, Evolución, Biología Sanitaria y Fisiología Animal.
- Aplicar y transferir los conocimientos construidos a situaciones problemáticas relacionadas al campo de la Biología, mediante la elaboración e implementación de un trabajo de integración final sobre diferentes temáticas de su interés.

Metodología de trabajo

Se trabajó con alumnos de segundo año de las carreras de Licenciatura y Profesorado en Ciencias Biológicas (Facultad de Ciencias Naturales) de la Universidad Nacional de Salta, en el período correspondiente a los años 1998-

2003. La carga horaria semanal de la asignatura fue de 8 horas, distribuidas en 4 horas de clases teóricas y 4 horas de clases prácticas, estas últimas se desarrollaron semana de por medio alternando con clases prácticas de laboratorio y de resolución de problemas. Se seleccionaron como contenidos estructurantes de la Química Orgánica a los siguientes: configuración electrónica del átomo de carbono, enlaces químicos, grupos funcionales, propiedades físicas, químicas derivadas de la estructura y biomoléculas. Al mismo tiempo se establecieron relaciones con los núcleos temáticos centrales de la Biología mediante la utilización de diferentes ejemplos y la interpretación de una variada gama de situaciones problemáticas (Fig. 1).

Las clases se iniciaron con una revisión de conceptos que se consideran básicos para el aprendizaje de la asignatura, con el propósito de establecer correlaciones verticales de los contenidos del área de la Química. Con respecto a esto último, por ejemplo cuando se abordó el tratamiento de la problemática de los fosfolípidos se lo hizo en referencia al modelo de membranas biológicas que los estudiantes analizaron en asignaturas específicas del área de la Biología. Al estudiar e interpretar al grupo de los esteroides, se revisaron los grupos funcionales y se dedujeron las propiedades físicas y químicas de los mismos, con especial énfasis en sus funciones biológicas.

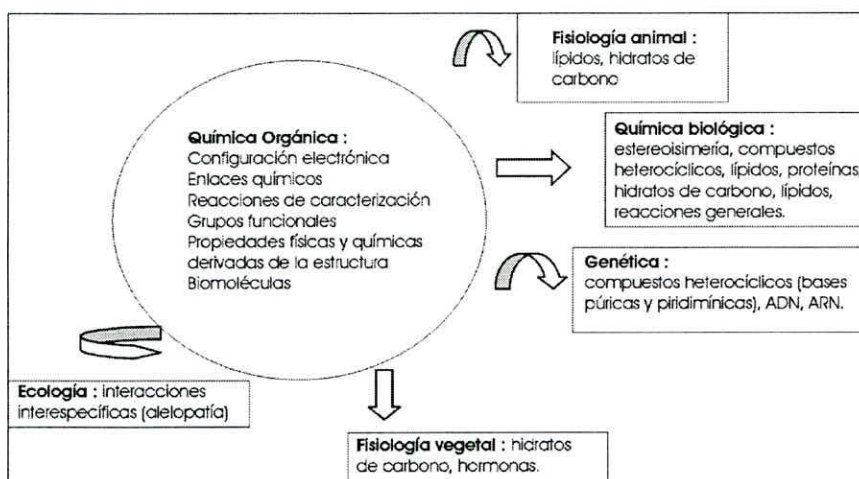


Figura 1. Modelo de interrelaciones disciplinar de la asignatura. Integración de contenidos de Química Orgánica con asignaturas correlativas posteriores de las carreras del Profesorado y Licenciatura en Ciencias Biológicas.

El análisis reflexivo de grupos funcionales como hidroxilo, carbonilo, carboxilo, amino, entre otros, en cuanto a su estructura y relación con propiedades físicas y químicas, permitieron el reconocimiento y función de los mismos en las biomoléculas. La correlación horizontal se realizó entre asignaturas del mismo año (Química Orgánica y Química Biológica) y la correlación vertical entre asignaturas sucesivas en el tiempo (Química Orgánica y Fisiología Animal y Vegetal, Química Orgánica y Genética). El abordaje de los distintos núcleos del

conocimiento se realizó en forma espiralada, con aumento gradual de complejidad mediante el desarrollo de clases teóricas y prácticas con resolución de ejercicios de aplicación (clases de problemas) y trabajos prácticos de laboratorio (Tabla 1). Las clases de problemas estuvieron destinadas a enfatizar la relevancia y articulación de los contenidos trabajados en las clases teóricas. Los ejercicios de aplicación utilizados, fueron seleccionados y secuenciados cuidadosamente para que el aprendizaje resultara significativo (Tabla 1).

Trabajo Práctico	Objetivos	Técnica a desarrollar	Reacciones de caracterización
Grupos Funcionales I: Hidrocarburos alifáticos saturados, no saturados y aromáticos.	Comparar propiedades físicas y químicas de los hidrocarburos.	- Ensayos de caracterización de grupos funcionales. - Ensayos de solubilidad. - Síntesis de acetileno (etino)	- Reacciones de n-hexano, ciclohexeno, etino y benceno con $\text{Br}_2(\text{CCl}_4)$ y KMnO_4 . - Reacción de transferencia de carga con yodo.
Grupos Funcionales II: Funciones oxigenadas y nitrogenadas.	Identificar grupos funcionales mediante reactivos de caracterización.	- Ensayos de caracterización de grupos funcionales. - Ensayos de acidez. - Ensayos de basicidad	- Clasificación de alcoholes con reactivo de Lucas. - Reacciones de fenoles con cloruro férrico. - Reacciones de grupo carbonilo con 2,4-dinitrofenilhidracina y reactivo de Tollens. - Reacciones de aminas con ácido nítrico. - Reacciones de aminoácidos con ninhidrina.
Extracción de colesterol	-Extracción de colesterol de yema de huevo y de cálculos biliares. -Reconocimiento de grupos funcionales presentes en el colesterol.	- Técnicas de extracción simple y continua. - Técnica de filtración por gravedad. -Técnicas de recristalización.	- Reconocimiento de los grupos funcionales presentes en el colesterol con Br_2/CCl_4 y reactivo de Lucas.
Extracción de aceites esenciales por destilación por arrastre con vapor de agua.	- Aislar aceites esenciales a partir de distintas fuentes naturales (anís, canela, clavo de olor y canela). - Verificar la presencia de grupos funcionales.	- Destilación por arrastre con vapor de agua.	- Reacción de grupos funcionales presentes en los compuestos presentes en el aceite esencial con reactivos utilizados en los prácticos anteriores.
Separación de los componentes de la leche.	- Separación de los lípidos (triglicéridos), proteínas (caseína y albúmina) e hidratos de carbonos (lactosa). - Realizar reacciones de caracterización de grupos funcionales.	- Filtración por gravedad y al vacío. - Precipitación de sustancias por diferencias de solubilidad. - Técnica de evaporación sobre manto calefactor. - Técnica de hidrólisis de grasa. - Técnica de recristalización	- Reconocimiento de ácidos grasos insaturados por reacciones con Br_2/CCl_4 y KMnO_4 . - Detección de azúcares por Prueba de Molisch, Seliwanoff y formación de osazona. -Reconocimiento de proteínas mediante reacción de xantoproteica y de Biuret.
Cromatografía	- Conocer y aplicar distintas técnicas cromatográficas. - Valorar su aplicación en la separación de sustancias y en la extracción de sustancias de fuentes naturales.	- Cromatografía en capa fina de azúcares, colesterol y pigmentos naturales de hojas de acelga. -Cromatografía en columna de pigmentos de hojas de acelga.	- Revelados de placas cromatográficas mediante reacciones colorimétricas.

Tabla 1: Trabajos Prácticos de Laboratorios obligatorios desarrollados por los estudiantes durante el cursado de la asignatura Química Orgánica.

Los grupos de trabajo se formaron con dos estudiantes cada uno. Antes de dar inicio a los trabajos prácticos, ya sean de laboratorio o resolución de problemas, los estudiantes debieron resolver un breve cuestionario referido a situaciones problemáticas planteadas en las clases teóricas. Por tal motivo, los trabajos prácticos fueron planificados en coordinación con los temas teóricos de la semana. Durante el desarrollo de las clases prácticas se implementaron mesas de discusión y debate que permitieron a los estudiantes establecer correlaciones más concretas entre los aspectos teóricos y el desarrollo experimental. La no aprobación del cuestionario inicial de cada trabajo práctico impedía al alumno el desarrollo del mismo con la consiguiente inasistencia.

La regularización de la asignatura se logró con el 80% de los trabajos prácticos realizados y 60% como mínimo en los exámenes parciales. Mientras que la promoción se alcanzó con un 70% como mínimo en los exámenes parciales, 100% de asistencia a los trabajos prácticos y un coloquio final integrador.

Con el propósito de contar con una medida del rendimiento académico de los estudiantes a partir de las estrategias de enseñanza implementadas por la cátedra, se realizó un análisis cuantitativo de los estudiantes que regularizaron, abandonaron, quedaron libres y los que promocionaron la asignatura durante el período comprendido entre los años 1998 hasta 2003. Los exámenes parciales se basaron en el planteamiento de diversas situaciones problemáticas y la elaboración de respuestas que involucraron tanto la argumentación como la escritura de una reacción general, estructura de las moléculas involucradas, nomenclatura y justificación de la misma.

La metodología para la elaboración y posterior implementación del trabajo práctico final, consistió en la selección de la temática, búsqueda de bibliografía específica y elaboración de una propuesta de trabajo que debía incluir: título, objetivos, materiales y métodos, conclusiones y bibliografía. Las mismas fueron evaluadas por los docentes de la cátedra, a fin de analizar su

viabilidad en cuanto a los materiales a utilizar y el tiempo de ejecución. Una vez finalizada la instancia de implementación y desarrollo de la propuesta, los estudiantes elaboraron un informe final y comunicaron los resultados los que fueron compartidos con el grupo-clase, con el propósito de favorecer el intercambio de ideas y la discusión.

Resultados

Las temáticas de interés desarrolladas por los estudiantes en los trabajos prácticos finales se muestran en el Tabla 2. En los mismos, se evidenció el uso de técnicas de laboratorio desarrolladas durante las clases prácticas de laboratorio de Química Orgánica y de otras asignaturas cursadas que permitieron el aislamiento de productos naturales usando técnicas sencillas de laboratorio (extracción, destilación, cromatografía, etc.) y reacciones colorimétricas de reconocimiento de grupos funcionales. Del análisis de los 157 (ciento cincuenta y siete) trabajos finales de laboratorios, realizados entre los años 1998 a 2003, se observaron diferencias en cuanto a los intereses de los estudiantes, al momento de seleccionar la temática a ser desarrollada y posteriormente implementada. A fin de sistematizarlos, se los ordenó en tres grandes grupos: metabolitos de origen vegetal, metabolitos de origen animal y otros (Tabla 2).

El 47 % de los trabajos finales corresponden a extracción y caracterización de metabolitos de origen vegetal, de los cuales la extracción e identificación de alcaloides a partir de hojas de té fue el que se realizó con mayor frecuencia (19 Trabajos Prácticos electivos). El 23 % de los trabajos corresponden a extracción de metabolitos de origen animal. La extracción e identificación de colesterol a partir de yema de huevo fue el que se realizó con mayor frecuencia (7 Trabajos Prácticos electivos). El 30 % de los trabajos finales estuvo orientado a la síntesis de compuestos orgánicos, 13 trabajos prácticos electivos, siendo la síntesis e identificación del ácido acetilsalicílico seleccionado con mayor frecuencia.

Metabolitos de origen vegetal	Metabolitos de origen animal	Otros
Extracción y caracterización de alcaloides en café y té.	Extracción de L-cistina a partir de queratina del cabello.	Obtención de etanol por destilación fraccionada a partir de vino, cerveza y sidra.
Reconocimiento de nicotina en hojas de tabaco	Extracción e identificación de los componentes de la leche materna y de vaca	Determinación de grasas en galletas, tortillas y dulce de leche
Separación cromatográfica y espectro de absorción de carotenos a partir de pulpa de tomate	Extracción de urea, estriol y androsterona a partir de orina humana	Determinación de proteínas y extracto etéreo en alimento balanceado de peces
Cromatografía ascendente: Separación de antocianinas de flores y frutos	Identificación de glucosa en orina de diabéticos	Síntesis de ácido acetil salicílico
Extracción e identificación de almidón de papa, harina y arroz	Extracción de hemina a partir de sangre de ternero	Obtención de furfural a partir de salvado
Extracción de aceites esenciales a partir de: romero, menta, cáscaras de citrus.	Identificación de biomoléculas en carne vacuna y de pescado	Derivado de celulosa: acetato de celulosa
Presencia de emulsina en almendras	Extracción de glucógeno a partir de hígado vacuno	Determinación de diastasa en miel
Extracción de hesperidina a partir de cáscaras de naranjas verdes	Extracción de quitina a partir de caparazones de caracoles	Elaboración de jabón a partir de grasa animal
Obtención de vitamina C a partir de pimientos	Extracción e identificación de colesterol a partir de cálculo biliar y de yema de huevo	Aislamiento de colorantes a partir de caramelos: determinación por TLC

Tabla 2: Muestra algunos temas de trabajos prácticos finales elegidos por los estudiantes en función de su interés.

Asimismo, los resultados alcanzados por los estudiantes en los exámenes parciales, permitieron visualizar el grado de aprendizaje significativo logrado, lo que se puso de

manifiesto por el aumento de alumnos que regularizaron y promocionaron la asignatura (Tabla 3).

Año	Carreras	Regulares	Abandonaron	Libres	Promoción	Total de alumnos
1998	Prof. Cs. Biol.	44.4 %	18.5 %	37.1 %	-	27
	Lic. Cs. Biol.	48.5 %	15.1 %	36.4 %	-	33
1999	Prof. Cs. Biol.	31.7 %	14.6 %	53.6 %	2.4 %	41
	Lic. Cs. Biol.	38.6 %	11.4 %	50 %	4.5 %	44
2000	Prof. Cs. Biol.	37.7 %	22.6 %	39.6 %	7.5 %	53
	Lic. Cs. Biol.	51.8 %	14.2 %	34 %	7.1 %	56
2001	Prof. Cs. Biol.	59.1 %	11.4 %	29.5 %	4.5 %	44
	Lic. Cs. Biol.	56.2 %	16.6 %	27.1 %	8.3 %	48
2002	Prof. Cs. Biol.	52.4 %	9.5 %	38.1 %	9.5 %	42
	Lic. Cs. Biol.	52.5 %	7.5 %	40 %	20 %	40
2003	Prof. Cs. Biol.	51.2 %	19.5 %	29.3 %	4.9 %	41
	Lic. Cs. Biol.	62.8 %	6.9 %	30.2 %	4.6 %	43

Tabla 3: Porcentaje de alumnos que regularizaron, abandonaron, libres y que promocionaron la Asignatura Química Orgánica durante los años 1998 hasta 2003 en las Carreras del Profesorado y Licenciatura en Ciencias Biológicas.

Discusión y Conclusión

La integración de los saberes curriculares de la asignatura se realizó mediante el desarrollo de las prácticas de laboratorio y las clases de resolución de problemas. Una de las principales dificultades detectadas en los exámenes parciales fue la escasa interpretación de las consignas propuestas, que impedía el desarrollo de algunos ejercicios. La libre elección de la te-

mática de los trabajos finales de laboratorio, su planificación, ejecución y posterior comunicación, permitió evaluar el grado de abstracción y aplicación de los conocimientos construidos y la integración de los mismos con el resto de las asignaturas de la currícula de las carreras. Esta estrategia permitió reforzar en los estudiantes, la motivación hacia el aprendizaje de los contenidos centrales de la Química Orgánica, des-

pertando el interés hacia estos temas de singular incidencia en su formación básica.

La mayor parte de las propuestas (47%) estuvieron orientadas hacia la extracción de metabolitos secundarios de tejidos vegetales. Esta marcada tendencia puede deberse al hecho que la cátedra realiza investigaciones sobre la extracción y bioactividad de metabolitos secundarios de vegetales con actividad alelopática. Las prácticas de laboratorio obligatorias fueron de gran utilidad al momento de favorecer la comunicación de la información, la integración de saberes, la manipulación de materiales y la identificación de modelos explicativos entre otros.

Los intereses de los alumnos estuvieron centrados en la acción, en el diálogo, en la confrontación de ideas, en la búsqueda de información de diferentes fuentes, en el trabajo en equipo, en la experimentación, en la reflexión conjunta y en la búsqueda de nuevos interrogantes. Todo esto permitió la evolución de sus ideas, tanto en complejidad como en diversidad conceptual, procedimental y actitudinal.

Cabe destacar que al finalizar el cursado de esta asignatura, los estudiantes estuvieron en condiciones de identificar los grupos funcionales en las estructuras de los metabolitos secundarios y deducir las propiedades físicas y químicas. Lo que permitió interpretar e integrar los diferentes ciclos metabólicos, especialmente en Química Biológica (correlativa posterior).

Esta propuesta de trabajo, favoreció el enfoque integrado respecto a las temáticas de interés de

los estudiantes, sin pretender yuxtaponer enfoques, sino integrar las miradas particulares de las distintas disciplinas sobre una temática en estudio. Al mismo tiempo, se generó en los estudiantes actitudes de inquietud, curiosidad, gusto por conocer y un grado de abstracción creciente.

Los resultados obtenidos al regularizar y promocionar la asignatura, mostraron las conveniencias de abordar los contenidos de Química Orgánica mediante el uso de estrategias innovadoras, como las presentadas, para la enseñanza de la ciencia. Sin embargo, es pertinente aclarar que los trabajos prácticos finales son posibles de implementar si se cuenta con una carga horaria de al menos 7 horas semanales, caso contrario los trabajos prácticos finales podrían ser incluidos en el desarrollo de otras actividades optativas (talleres, prácticas de campo y/o laboratorio, etc.) contempladas en la currícula de las carreras.

En un todo de acuerdo con L. Fumagalli (1993) la integración didáctica entre la Química y Biología, como una forma de enseñanza y aprendizaje, es fundamental ya que al integrar las miradas particulares de cada disciplina estableciendo nexos conceptuales entre las mismas, se contribuye a que los alumnos se apropien de un modo más amplio y profundo de los objetos de conocimiento, esta es una de las alternativas que da solución a problemas de fragmentación y atomización de conocimientos. La integración disciplinar será válida si favorece la interrelación de conceptos, metodologías y del conocimiento de cada una de ellas.

Bibliografía

- Díaz, R.; Valdés, C.; Hernández, S.; Vega, A.; Fajardo, B. y Pedrosa, A. 2001. Valoración del nivel de conocimiento y habilidades con que ingresan los estudiantes a la carrera de medicina. *Revista Cubana de Educación Media y Superior*, vol. 15(2), pp. 172-79.
- Fumagalli, L. 1993. *El desafío de enseñar Ciencias Naturales*. Ed. Troquel. Buenos Aires. Argentina.
- Katz, M. 1996. Teaching Organic Chemistry via Student-Directed learning. *Journal of Chemical Education*, vol 5, pp. 73.
- Rabino, M.; García, M.; Moro, L.; Minnaard, V. 2002. Una propuesta para secuenciar contenidos en Ciencias Naturales desde una perspectiva Lakatosiana. *Revista Iberoamericana de Educación*.