



ESPECIALIZACIÓN EN DOCENCIA UNIVERSITARIA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

Propuesta de Innovación Educativa

Taller de Práctica Experimental para Química Orgánica II (BFBA):
una propuesta innovadora para mejorar la enseñanza en el
laboratorio.

Agustín Ponzinibbio

Director: Pablo Peruzzo

-2022-

Índice

1	Resumen	3
2	Contextualización y justificación de la relevancia de la innovación que se propone	4
2.1	Introducción	4
2.2	Descripción curricular	5
2.3	Problemáticas detectadas	6
2.4	Encuesta a los alumnos y docentes	7
2.5	Antecedentes de innovación relacionados	9
3	Objetivos del TFI	11
3.1	Objetivo general	11
3.2	Objetivos específicos	11
4	Perspectivas teóricas	12
4.1	La innovación pedagógica	12
4.2	Didáctica de las ciencias y métodos de enseñanza basados en experimentación	14
4.3	Diseño de nuevo programa de la asignatura	16
5	Descripción general de la propuesta de innovación educativa	18
5.1	Planificación de la tarea	18
5.2	Conceptos teóricos sobre prácticas experimentales	19
5.3	Diagnóstico inicial	21
5.4	Taller de trabajo experimental	25
5.5	Evaluación de la propuesta de innovación	50
6	Reflexiones finales	53
7	Bibliografía	56
7.1	Citas	56
7.2	Lecturas complementarias	59
8	Índice total	60
9	Anexos	62
9.1	Asignaturas de la División	62
9.2	Entrevista a los no docentes	81
9.3	Comentarios de la encuesta a los docentes	82
9.4	Comentarios de la encuesta a los alumnos	84
9.5	Programa vigente de Química Orgánica II	85
9.6	Descripción detallada del "Taller de Síntesis"	93
9.7	Descripción detallada del "Taller de Aislamiento"	100
9.8	Bibliografía específica del apartado 5	105

1 Resumen

La asignatura Química Orgánica II se dicta en la Facultad de Ciencias Exactas para las carreras de Lic. en Bioquímica, Farmacia, Lic. en Biotecnología y Biología Molecular y Lic. en Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Es una materia del quinto cuatrimestre; se encuentra luego de un ciclo de formación de dos años, siendo una de las materias básicas más importantes para estas carreras, ya que sus contenidos se centran en el estudio de las estructuras y la reactividad de las moléculas bioorgánicas. A pesar de ser una asignatura de suma importancia, debido principalmente a sus contenidos, sus trabajos prácticos de laboratorio presentan algunas deficiencias. Estos problemas se relacionan con su organización teórica, conceptual, didáctica y también, con su puesta en práctica. En este sentido, el presente Trabajo Final Integrador realiza un diagnóstico de la situación y lleva a cabo una propuesta de innovación con un formato de "Taller de Práctica Experimental". Este taller se propone como la unidad de reemplazo, en el programa de la asignatura, de las actuales prácticas de laboratorio. Se busca generar una propuesta superadora mediante la incorporación de un espacio de práctica, trabajo individual y reflexión; pretendiendo aportar a la formación profesional en consistencia con el perfil de egresado propio de las carreras que incluyen a la asignatura.

2 Contextualización y justificación de la relevancia de la innovación que se propone

El presente trabajo de innovación propone abordar diversas temáticas relacionadas con los trabajos experimentales en química orgánica realizados en los cursos de grado que se dictan regularmente para las carreras de la Facultad de Ciencias Exactas. Los trabajos prácticos realizados en el laboratorio constituyen una parte central de la formación profesional. Estas prácticas están descritas en los programas de la mayoría de las asignaturas que dicta la División Química Orgánica. Si bien estos trabajos experimentales se han diseñado con un fin específico y explícito en los programas el desarrollo de estos es deficiente en varios aspectos. En este apartado se describe y analiza el contexto problemático. Se incluyen encuestas y entrevistas a los docentes, no docentes y alumnos de la asignatura.

2.1 Introducción

Si bien hay espacios activos de debate, en la práctica no se han generado, en los últimos años, cambios significativos en las tareas docentes que permitan instalar una nueva organización académica de la asignatura. En términos reales estas diferencias no han generado propuestas concretas de cambio. Tampoco llevan a la elaboración de material u otros insumos conceptuales para avanzar en la solución de las problemáticas que sí son expuestas por el plantel docente, en reuniones de cátedra y otras instancias, y eventualmente por los alumnos en las encuestas que se realizan periódicamente.

Una propuesta de innovación que pretenda generar un progreso en las prácticas educativas relacionadas con los trabajos experimentales será bienvenida por la comunidad, docentes, alumnos y no docentes, dado que la práctica experimental en la Facultad de Ciencias Exactas es muy valorada, incluyendo el trabajo individual, la experimentación con equipamiento y metodologías de uso profesional moderno y actualizado. En Química Orgánica existe un déficit real en estas prácticas que este trabajo de innovación pretende abordar generando propuestas concretas para su solución.

De acuerdo con Litwin (2008), este tipo de proyectos incluyen conceptos de creación, promoción del cambio y, por último, mejora. Se busca desarrollar una propuesta que promueva un cambio, conduciendo a una mejora sustancial en las prácticas docentes y finalmente en el aprendizaje de los alumnos.

Esta propuesta de innovación involucra el diseño de un taller de práctica experimental en el marco de la asignatura Química Orgánica II. Este taller cubre las horas estipuladas, dedicadas a los trabajos prácticos, en los planes de estudio de las distintas carreras. El mismo se elaborará bajo la premisa de ser un espacio de práctica, trabajo individual y reflexión sobre las prácticas experimentales, las metodologías de trabajo en Química Orgánica y la teoría que las sustenta. Pretende aportar de forma directa, a través de los temas y prácticas seleccionados, a la formación profesional en consistencia con el perfil de egresado propio de la carrera. También abordará, como una primera aproximación, el desarrollo experimental como práctica pre profesional.

En conclusión, este Trabajo Final Integrador de la carrera de Especialización en Docencia Universitaria propone desarrollar una innovación pedagógica que pretende intervenir en las prácticas experimentales desarrolladas en la asignatura Química Orgánica II para las carreras de Farmacia, Bioquímica, Biotecnología y Alimentos de la Facultad de Ciencias Exactas. Este proyecto consiste en la elaboración y propuesta de puesta en práctica de un Taller de Práctica Experimental en Química Orgánica.

2.2 Descripción curricular

La División Química Orgánica es la encargada académica de dictar las asignaturas relacionadas con la disciplina que le da nombre para las carreras que se dictan en la Facultad de Ciencias Exactas y otras, como la Facultad de Ingeniería para las carreras de Ingeniería Química e Ingeniería de Materiales, y la de Humanidades y Ciencias de la Educación para el Profesorado de Química. Las carreras que cuentan con asignaturas de Química Orgánica dentro de la Facultad de Ciencias Exactas son: Licenciatura en Bioquímica, Farmacia, Licenciatura en Biotecnología y Biología Molecular, Licenciatura en Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Licenciatura en Física Médica, Licenciatura en Óptica Ocular y Optometría, Licenciatura en Química, Licenciatura en Química y Tecnología Ambiental, Tecnicatura Universitaria en Alimentos y Tecnicatura Universitaria en Química. En particular en este trabajo se abordará la problemática

asociada a los trabajos experimentales de las cuatro carreras descritas precedentemente. Estas cuatro carreras poseen dos asignaturas de Química Orgánica en su plan, denominadas Química Orgánica I y Química Orgánica II. La primera asignatura es básica, con estrategias didácticas particulares y poco tiempo dedicado a la experimentación en el laboratorio. Por lo tanto, la propuesta de innovación pedagógica que aquí se propone se centrará en las problemáticas propias de la asignatura Química Orgánica II para las carreras, que de ahora en más denominaremos en forma abreviada como Farmacia, Bioquímica, Biotecnología y Alimentos.

Esta asignatura se dicta en el tercer año, quinto cuatrimestre, y cuenta con un tiempo de dictado de ocho horas semanales que incluyen clases teóricas, resolución de problemas y trabajos experimentales. Cursan regularmente entre ciento cincuenta y doscientos alumnos distribuidos en cinco o seis comisiones, de aproximadamente treinta alumnos por comisión. El plantel docente involucrado está conformado por un profesor, un jefe de trabajos prácticos y dos ayudantes. En los últimos cinco años me he desempeñado como profesor y actualmente coordinador en esta materia. Los temas, contenidos y prácticas que se tratan en la asignatura son centrales para la formación profesional. La Química Orgánica es, dentro de las distintas ramas de la química, la más importante para las carreras en cuestión ya que sienta las bases moleculares para el estudio de la mayoría de los procesos bioquímicos. En Química Orgánica II se estudia, en particular, la estructura, síntesis, reactividad de moléculas bioorgánicas, que incluyen productos naturales, compuestos sintéticos bioactivos y las principales biomoléculas orgánicas de relevancia en la bioquímica y biología molecular, farmacología, toxicología y bromatología. La modalidad de cursada actual incluye: una clase teórica expositiva tradicional de dos horas, un espacio de resolución y discusión de problemas que lleva también dos horas de desarrollo y finalmente una instancia de trabajo experimental de tres horas. Estas tres clases suelen dictarse en dos días distintos generando dos bloques de clases, uno de cinco horas y otro de tres horas semanalmente.

2.3 Problemáticas detectadas

A lo largo de los años recorridos como docente de esta asignatura he participado en diversas problematizaciones de las prácticas experimentales en numerosas

oportunidades. En general se las considera incompletas, indefinidas respecto al resto de las actividades, siendo en algunos casos simplificadas y poco actualizadas. Los principales problemas que pueden identificarse se enumeran y describen a continuación.

Desconexiones conceptuales entre la teoría y la práctica experimental: Los trabajos prácticos presentan desvinculaciones con las prácticas profesionales y el perfil de egresado expresado en el plan de estudio. También, existe mayor disponibilidad de material teórico complementario para el estudio previo a la realización de la práctica. En cuanto a la selección de temas y metodologías a realizar presenta escasa fundamentación desactualizada en función del programa de la asignatura.

Deficiencias en la programación práctica experimental: Los experimentos se realizan en forma grupal y con escasa participación individual. En muchas ocasiones existe una cancelación de etapas o prácticas específicas por falta de tiempo, insumos o acceso a equipamiento. También a veces se detecta una falta de discusión de lo experimentado y elaboración de conclusiones adecuadas. Por último, podemos mencionar que en ocasiones existen fallas en la elaboración de un informe real de la práctica realizada.

Falta de motivación y desarrollo de la práctica de experimentación: Existe una notoria falta de motivación de los alumnos para el trabajo experimental siendo realizados, en ocasiones con poca rigurosidad técnica y sin el uso de equipamiento específico. Se observan exigencias mínimas en cuanto al cumplimiento de las tareas a realizar, los resultados a obtener y las conclusiones a elaborar. A su vez en lo que refiere a normas de trabajo y seguridad en el laboratorio las mismas no cumplen con los estándares equiparables a la actividad profesional. La evaluación de lo realizado queda en general reducida a lo mínimo.

2.4 Encuesta a los alumnos y docentes

Como parte de una primera etapa de diagnóstico se realizó una encuesta a los alumnos y docentes durante el desarrollo de la cursada de la asignatura Química Orgánica II. En esta encuesta se indagaron diversos temas todos relacionados con las prácticas experimentales que se desarrollan en el curso. En la sección anexos se presentan y comentan los resultados obtenidos. En la encuesta se diseñó una sección

de libre expresión donde los alumnos podían comentar su parecer sobre los temas expuestos. A continuación, transcribimos algunos extractos de lo recibido que dan cuenta de las problemáticas presentes en el curso.

- *“...mucho tiempo libre y pocas cosas para hacer en relación al número de integrantes...”*
- *“Sería mejor hacer grupos más reducidos, así cada uno puede realizar más tareas y así aprender más dada la falta de prácticas que tuvimos los pasados dos años...”*
- *“...en mi opinión lo recomendable sería realizar grupos reducidos para que cada uno de los integrantes pueda hacer cada paso experimental por su cuenta...”*
- *“...lo único que me gustaría es que se diera más material de lectura de los procedimientos usados o alguna clase extra para discutir las cuestiones más importantes...”*
- *“...estaría bueno que haya una instancia de debate sobre el tp...”*
- *“...la facultad debería estar más atenta a la falta de material, porque termina implicando que no podamos terminar de comprender y aprender varios de los pasos por no poder realizarlos o realizarlos a medias...”*

De la misma manera los docentes expresaron.

- *“He notado que cada año el desgano de los estudiantes es mayor...”*
- *“Creo que desde el equipo docente habría que revisar y cambiar algunas prácticas...”*
- *“Lo veo como un punto desfavorable, generando expectativa en los alumnos y dejando una imagen incompleta de lo que conlleva una práctica global de laboratorio...”*
- *“Creo que la gran limitante es la falta de recursos de materiales...”*
- *“La falta de material implica grupos grandes de trabajo (6 personas en promedio o más) que llevan a una escasa manipulación de los elementos de laboratorio por parte de los estudiantes...”*
- *“...el criterio de trabajo en un laboratorio si resulta importante desarrollarlo y fomentarlo...”*
- *“Se nota que hay esfuerzo por parte de todo el equipo docente de las cátedras para que funcionen los TP, pero con esfuerzo solamente no se tapan las carencias mencionadas anteriormente.”*
- *“Encuentro desactualizadas las formas de búsqueda bibliográficas...”*

- *“Las prácticas propuestas están en concordancia con los aspectos teóricos abordados en la materia, pero sin duda serían más atractivos si se notara más la relación de estos con la carrera profesional.”*
- *“Quiero remarcar que es necesario mejorar las condiciones generales del laboratorio*
- *“Respecto a la organización de los tps creo que una breve charla de ayudantes y jtp, previo al trabajo práctico, sería enriquecedor.”*

2.5 Antecedentes de innovación relacionados

En la Facultad de Ciencias Exactas docentes de otras áreas han abordado temáticas similares. Se propusieron proyectos de intervención para mejorar distintas problemáticas siempre asociadas al desarrollo de trabajos experimentales y su optimización como práctica educativa. Vamos a describir las tres principales, son trabajos realizados por docentes de la Facultad en el marco del trabajo final integrador de la Especialización en Docencia Universitaria y publicados y difundidos por el Servicio de Difusión de la Creación Intelectual (SeDiCI) ¹ el repositorio institucional de la Universidad Nacional de La Plata, creado para albergar, preservar y dar visibilidad a las producciones de las Unidades Académicas de la Universidad.

2.5.1 Extensión y docencia

Sampaolesi (2019) propone incorporar experiencias realizadas en el marco de proyectos de extensión a las prácticas experimentales de laboratorio como herramienta didáctica que acerca a los alumnos a prácticas profesionales. La innovación se planea para ser integrada a un nuevo curso de la enseñanza de temáticas propias de las asignaturas Introducción a la Química y Química General. Este curso se denomina Estrategias Alternativas para la Enseñanza de la Química (CEAEQ). La propuesta se centra en renovar aspectos pedagógicos y metodológicos principalmente en relación con los vínculos con la práctica profesional futura. Se contextualizan conceptos y se trabaja sobre problemas concretos de la comunidad en el laboratorio. Se diseñó un trabajo práctico de laboratorio que vincula, en sus prácticas, las experiencias extensionistas del “Taller de Aguas”, (Vetere, 2018) con los temas propios de la asignatura.

¹ Se puede acceder al repositorio a través de su página: <http://sedici.unlp.edu.ar>

2.5.2 Investigación y docencia

Para materias del área de biotecnología, Prieto (2019) desarrolla una innovación educativa incorporando resolución de problemas, trabajos grupales y tareas de investigación para fomentar la motivación en clase. Se proponen actividades que pretenden desarrollar un mayor nivel de participación colectiva, involucramiento y compromiso con la experiencia de aprendizaje. En particular se reformulan las clases realizando un dictado teórico-práctico para integrar y resignificar los conocimientos. Se plantean actividades de trabajo grupal y tareas de investigación sobre situaciones problemáticas concretas reales. Respecto a las actividades de laboratorio los alumnos serán los encargados de realizar una diagramación completa de las actividades, siendo partícipes de todas las etapas, desde el diseño, preparación y acondicionamiento del material hasta la ejecución práctica y la interpretación y discusión de los resultados.

2.5.3 Prácticas de laboratorio

También en el área biotecnología, Lamberti (2019) plantea cambios en la organización de las cátedras y en particular de los trabajos prácticos de laboratorio para propiciar un mayor interés y compromiso de los alumnos con el aprendizaje. Desarrolla una propuesta pedagógica innovadora para las asignaturas Biotecnología I, II e Ingeniería Metabólica. Esta propuesta consiste en la implementación de “proyectos” de seis semanas de duración y en grupos reducidos de estudiantes. Estos “proyectos” se centrarán en el diseño experimental de diversas cuestiones centrales a la biotecnología y serán guiados y acompañados por los docentes de la asignatura. Finalizarán con una entrega y puesta en común de la propuesta y posterior evaluación integral de lo actuado.

3 Objetivos del TFI

En esta sección presentamos los objetivos generales y específicos que definen este trabajo final integrador.

3.1 Objetivo general

Diseñar una propuesta pedagógica novedosa sobre los trabajos prácticos en la asignatura Química Orgánica II, a través de un Taller de Práctica Experimental que posibilite la realización de un trabajo de laboratorio de excelencia y relevancia en la futura práctica profesional; moderno, individual y reflexivo generando aprendizajes significativos sobre la Química Orgánica.

3.2 Objetivos específicos

Diseñar un instrumento de relevamiento y diagnóstico sobre las prácticas experimentales y sus problemáticas en la asignatura que incluya la valoración de estas por parte de docentes y alumnos y permita recoger sus percepciones sobre la necesidad de un cambio en las mismas.

Redefinir los contenidos de trabajos prácticos del programa y su organización para generar un espacio de práctica que aporte una mejora significativa en la calidad de la enseñanza a través de la experimentación en el laboratorio.

Diseñar una metodología de enseñanza que promueva la valoración del trabajo experimental en Química Orgánica tanto como herramienta de aprendizaje significativo de los conceptos teóricos de la asignatura como para la reflexión crítica de toda práctica de laboratorio, actividad central en el trabajo futuro profesional.

Planificar un Taller de Práctica Experimental detallado en sus actividades y fundamentos teóricos con la premisa de ser un espacio de práctica de excelencia, trabajo individual y reflexión; pretendiendo aportar a la formación profesional en consistencia con el perfil de egresado propio de la carrera.

4 Perspectivas teóricas

Para el desarrollo del presente trabajo abordamos tres tópicos principales fundados en marcos teóricos particulares. Se realiza una descripción de estas perspectivas teóricas a partir del estudio de la bibliografía específica y se establecen los vínculos con la temática propia del proyecto de innovación aquí planteado.

4.1 La innovación pedagógica

El tema principal de este trabajo es el desarrollo de una innovación pedagógica. Un cambio en las actuales prácticas educativas en una asignatura de grado, Química Orgánica II. La propuesta tiene su origen en una serie de problemáticas específicas detectadas por docentes y alumnos. Es así como se pretende generar nuevas prácticas docentes que promueva la resolución de lo problemático e interrumpa la repetición de lo establecido ya como tradicional. Las prácticas experimentales en Química Orgánica han adquirido una tradición que las constituye con formas particulares. Estos modos de trabajo establecidos no generan los resultados previstos: una práctica educativa con aportes significativos en el aprendizaje de diversos conceptos teóricos y metodologías de trabajo experimental. Por el contrario, la tradición establecida se presenta como una actividad pobre y sin sustento pedagógico. Es así como un proyecto de innovación se vuelve necesario generando disrupción y reflexión en la práctica docente.

La experiencia innovadora es siempre una relación dinámica entre teoría y práctica, más allá de la simple secuencia de aplicación a la que esta última parece destinada en la rutina curricular o áulica. De allí que, en oposición a la repetición, identifiquemos a la innovación, en términos de Heller (1987), con la *praxis inventiva*: aquella que incluye la producción de algo nuevo en el que aprende, a través de la resolución intencional de un problema, que puede ser tanto de índole práctica como puramente teórica. Lucarelli (2003).

La necesidad de plantear una innovación reconoce la existencia de diferentes problemáticas y tensiones que pueden manifestarse en distintos planos. Lucarelli describe estos planos relacionándolos con el *ámbito* donde se producen los cambios y la *naturaleza* propia de la innovación. Según la autora es importante realizarse las

preguntas que ayuden a definir claramente *cómo y desde donde definir* las tensiones y problemas que el proceso de innovación busca abarcar e intervenir. Podemos desarrollar algunas de ellas en función del marco conceptual propuesto. A continuación, las presentamos:

¿Cuál es el *ámbito* educativo donde se representan los problemas? ¿Cómo se describen sus niveles de organización institucional? ¿Cuál es el grado de extensión de los cambios propuestos? ¿Hasta qué niveles llegan o afectan las intervenciones? ¿Implican cambios en la gestión institucional (macroexperiencias)? ¿Cómo se relacionan con la alteración del statu quo cotidiano en la práctica del profesor (microexperiencias)?

¿La *naturaleza* de la innovación permite la continuidad funcional de las prácticas? ¿Genera una ruptura que afecta las relaciones didácticas en su conjunto? ¿Quién genera la innovación? ¿Puede ser impuesta al docente por un agente externo (gestión)? ¿Debe gestarse desde su inicio con el protagonismo de los actores directos?

Estas son preguntas que deben realizarse al generar el diseño de un proyecto de intervención; permiten establecer las bases y enmarcar las acciones propuestas en su contexto. En el caso planteado en el presente trabajo la intervención se da en el *ámbito* de una cátedra que pertenece a un esquema académico que describimos a continuación:

Cátedra-> Química Orgánica II
Área-> Química Orgánica Básica
División-> Química Orgánica
Departamento-> Química
Facultad-> Ciencias Exactas

El cambio propuesto en la práctica de laboratorio si bien se plantea como propio de la cátedra puede extenderse a otras asignaturas del área e incluso de la división. Esto se ve facilitado por la alta rotación de docentes dentro de la división con lo que las estrategias de intervención que plantean innovaciones que son evaluadas como exitosas suelen replicarse por parte de los docentes adaptándolas a las distintas modalidades de clase que se desarrollan en las diferentes asignaturas. La *naturaleza* de la intervención plantea cierta ruptura con lo habitual, con las prácticas de la enseñanza experimental; por tal motivo debe gestarse desde su inicio por el profesor de la cátedra y ser discutido y adaptado por los auxiliares y el personal no docente. Esta propuesta no requiere la intervención de la gestión académica de la facultad,

aunque sería provechoso contar con el asesoramiento en la evaluación del proyecto por parte del *Espacio pedagógico*.² Este apoyo permitiría encuadrar adecuadamente este proyecto en las problemáticas propias de la Facultad referidas a las prácticas docentes en la educación superior y sus relaciones con los procesos de enseñanza aprendizaje. Las innovaciones que incluyen cambios en diversas estrategias didácticas se encuentran estrechamente vinculadas con los actores involucrados. Edelstein (2014) describe estos vínculos y enfatiza en el rol de los individuos y sus iniciativas, como la característica fundamental en la eficacia de la didáctica, pero, paradójicamente esto también es su propio límite. Al decir de la autora "...trabajar incansablemente para poner en práctica dispositivos que favorezcan la construcción de saberes, aceptando al mismo tiempo que no sabemos realmente ni cómo ni por qué cada uno lo consigue o no lo consigue." Es así como el diseño del Taller se vincula directamente con las prácticas docentes universitaria, al pretender generar una innovación exitosa los vínculos entre la programación curricular y las prácticas deben contemplarse y estudiarse y ser tenidas en cuenta al momento del diseño de la intervención.

Una innovación debe siempre generar una ruptura con el estilo didáctico unidireccional que caracteriza a la clase tradicional. En este sentido los trabajos experimentales permiten una amplia variedad de posibilidades de ser trabajados de modo que entiendan al estudiante como un sujeto activo en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Es así como la didáctica de las ciencias se convierte en el segundo tópico de este marco teórico.

4.2 Didáctica de las ciencias y métodos de enseñanza basados en experimentación

Es un aspecto central en la enseñanza de las ciencias la realización de prácticas de experimentación en el laboratorio. En particular para las carreras que requieren una formación en Química Orgánica estos trabajos prácticos de laboratorio son

² Grupo de trabajo dependiente de la Secretaría Académica cuya misión es acompañar a los miembros de la comunidad educativa a incorporar procesos de reflexión, desarrollar una mirada crítica sobre su ámbito de acción y proponer nuevos horizontes sobre lo que es posible transformar. Uno de sus objetivos principales es colaborar en el diseño e implementación de proyectos de transformación que impacten positivamente sobre los procesos de enseñanza y aprendizaje.

esenciales. La Química Orgánica es una disciplina con una fuerte impronta experimental, se desarrolla a partir de una estrecha vinculación entre conceptos teóricos y análisis de datos experimentales. Por otro lado, la práctica de la disciplina requiere de un trabajo en el laboratorio obligatorio en prácticamente todas sus múltiples dimensiones. Es así como las prácticas experimentales no solo sirven como herramientas didácticas de aprendizaje de conceptos teóricos sino también constituyen en sí mismas un cuerpo de metodologías a aprender.

Investigaciones realizadas en las últimas décadas acerca de la didáctica en general y en el campo de la enseñanza de las Ciencias Exactas en particular, sugieren atender a una serie de aspectos al momento de diseñar y planificar las propuestas de cátedra que incluirán no solo la selección de contenidos, sino también las estrategias didácticas a implementar en el aula para llevarlos a cabo, acordes a los objetivos planteados. Ramírez (2017).

El trabajo experimental en un formato de taller permite organizar a partir de tareas específicas individuales construir un trabajo en equipo. Estas dinámicas colaborativas permiten el aprendizaje entre pares enriqueciendo las dinámicas de enseñanza. Algunas de las características más significativas en estas prácticas colaborativas son reseñadas por Zañartu (2003) y se listan a continuación:

- Interactividad: el trabajo con interacción entre pares favorece el intercambio de diferentes puntos de vista y opiniones.
- Sincronía: se genera al intentar mantener un objetivo en común y una forma de abordar el problema compartida entre todos en busca de una construcción colectiva durante la experiencia práctica.
- Negociación: necesaria en el trabajo colectivo, los acuerdos son indispensables en las prácticas experimentales donde es necesaria la resolución de problemas, ideas o tareas, por parte de los alumnos.

Estas prácticas colaborativas, saber trabajar en equipo, se convierte en una competencia profesional. La idea de iniciar una práctica pre profesional propuesta en el taller coincide con lo enunciado por Morales Vallejo (2008) en cuanto que es durante la estadía en la universidad que se debe valorar y practicar esta competencia.

Estas cuestiones didácticas propias de las ciencias exactas serán incluidas en el desarrollo del proyecto de innovación propuesto. En particular este proyecto será incluido en el programa de la asignatura, se renovará el documento incluyendo el taller experimental. Consideramos esencial iniciar la construcción de un nuevo

programa y la perspectiva teórica para realizarlo la comentamos en el siguiente apartado.

4.3 Diseño de nuevo programa de la asignatura

La innovación pedagógica planteada en este trabajo implica su futura inclusión en el programa de la asignatura. Es así como este programa requiere una actualización para incorporar el Taller de Práctica Experimental como reemplazo de los trabajos prácticos que actualmente se realizan. Este cambio en el programa de la asignatura no es una simple readecuación de prácticas, sino que pretende generar cambios en las prácticas docentes y en el uso que se le da a este material por parte de los alumnos. Se pretende renovar el programa haciéndolo un instrumento de acción que facilite el quehacer docente y a los alumnos la organización de sus actividades durante la cursada. Citando a Feldman (2012): “La idea de programación está ligada con las dimensiones instrumentales de la tarea de enseñar, forma parte del intento sistemático por resolver problemas relativos a la enseñanza y aprendizaje.”

La implementación del Taller de Práctica Experimental se convierte en una forma de programar las actividades de laboratorio dentro de la asignatura. Esta programación requiere un estudio y elaboración cuidadosa para que contribuya con las finalidades establecidas de la enseñanza experimental de la Química Orgánica. Debe contemplar las restricciones de espacio, temporales, y de recursos humanos y económicos, ayudando, la programación, a optimizarlos. Por último, una anticipada y cuidada estructuración operativa de las actividades incluidas en el programa es esencial para administrar eficientemente la inherente complejidad, debido a la multiplicidad de factores intervinientes, del acto educativo.

Hay tres razones que apoyan la importancia de programar. La primera razón es que la enseñanza es una actividad intencional y siempre tiene finalidades. La segunda razón, es que siempre se opera en situación de restricción. Por empezar restricciones de tiempo. La última razón para programar es que la enseñanza siempre opera en ambientes complejos por la cantidad de factores intervinientes y por el ritmo en el cual esos factores concurren. Feldman (2012)

Definimos al programa de estudio (Barco, 1992) como un documento curricular que organiza, secuencia y distribuye los contenidos. En él se debe proporcionar los

fundamentos adecuados para la organización propuesta. También debe incluir las formas de evaluación y acreditación dispuestas para el cursado de la asignatura y la bibliografía, general y específica, apropiada al desarrollo temático. Por último, suele acompañarse con un cronograma detallado de actividades incluyendo fechas de evaluación.

Palamidessi y Gvirtz (1998) expresan que existen “cuatro rasgos comunes que se encuentran en todo programa de enseñanza: propósito, representación, anticipación y carácter de prueba o intento”. En función de lo antedicho se elaboran las siguientes características generales, que se listan a continuación, referidas a los programas.

Un Programa tiene el propósito de resolver algún problema. El problema puede ser fijado por el profesor o puede venir definido institucionalmente. El problema que estructura un Programa es su núcleo fundamental.

Todo Programa implica una representación. Cuando se programa se obtiene una representación de un cierto estado futuro de cosas.

Todo Programa implica una anticipación de la acción.

Todo Programa es un intento, no una realidad constituida. Siempre implica algún nivel de incertidumbre.

La necesidad de un programa de estudio que sirva de eje de los contenidos en la formación de los alumnos no implica un código imperativo que deje sin margen de acción al profesor. Éste debe ser formulado de una forma abierta, flexible y revisable que sirva de guía tanto a los alumnos como a los profesores, de los objetivos de enseñanza como de los contenidos que se exigen. Es así como pensamos diseñar el nuevo programa incluyendo el taller propuesto como un ítem de innovación que requiere ser evaluado y revisado en el futuro buscando una mejora real en la enseñanza.

5 Descripción general de la propuesta de innovación educativa

Los procesos de cambio en busca de una mejora en la enseñanza se dan de manera particular. No alcanza con las buenas intenciones y el entusiasmo docente ni con las discusiones de cátedra. El diseño de una propuesta de innovación educativa es el camino que se debe seguir para poder diagnosticar adecuadamente y resolver diversas problemáticas.

5.1 Planificación de la tarea

Este Trabajo Final Integrador propone el diseño, y la posterior inserción en el programa de la asignatura, de una nueva modalidad para realizar los trabajos prácticos de laboratorio bajo el formato de un Taller de Práctica Experimental. Este diseño incluye el desarrollo y la descripción completa de los principales ítems usualmente tenidos en cuenta en todo proyecto de innovación (Barraza Macías, 2013). Estos títulos se describen a continuación:

- Naturaleza del proyecto
- Origen y fundamentación
- Objetivos y metas
- Localización física e institucional
- Actividades y tareas que realizar: metodologías
- Recursos humanos, materiales y financieros

El proyecto se planifica en etapas. A continuación, las describimos con detalle junto con las estrategias metodológicas que se plantean para cumplir con los objetivos propuestos. Las tareas y acciones que permitirán llevar a cabo este plan son:

1- Indagación sobre las opiniones de los estudiantes acerca de los trabajos experimentales. Para recopilar esta información se realizó una encuesta diagnóstica mediante el sitio de cátedras virtuales al último grupo que cursó la asignatura. Esta encuesta busca obtener información precisa sobre la valoración de los alumnos acerca de los trabajos prácticos realizados en cuanto a: rigor técnico, relación con la práctica profesional, didáctica y organización general y sus relaciones con la enseñanza de la disciplina.

2- *Encuesta de opinión con los docentes sobre las experiencias personales en relación con la clase de laboratorio.* Se realizó una encuesta con el grupo docente, profesores y auxiliares, para responder y problematizar en conjunto una serie de preguntas que permitan recoger las percepciones docentes sobre el tema en cuestión.³

3- *Análisis de la información diagnóstica.* Se analizará toda la información obtenida y en función de ella, la experiencia personal como coordinador de la asignatura y las consideraciones teóricas expuestas, se clasificará y redactará un apartado donde se describirán las problemáticas encontradas. Cada problemática será analizada en función de la bibliografía anteriormente referida y reescrita en términos generales para luego, en la próxima etapa, ser puesta en contexto para el diseño de la innovación.

4- *Elaboración del "Taller de Trabajo Experimental".* A partir del estudio de las problemáticas planteadas y su abordaje desde perspectivas teóricas se elaborará el taller de forma detallada incluyendo toda la información referida a: fundamentación, objetivos, metodologías y cronograma de actividades y recursos.

5.2 Conceptos teóricos sobre prácticas experimentales

Los trabajos prácticos de laboratorio en Química Orgánica son esenciales y las prácticas que en ellos se realizan constituyen una buena parte de los contenidos de la asignatura. Existen dos líneas de diseño de estas prácticas denominadas en general como de "verificación" y de "investigación".⁴ En la elaboración del taller propuesto se tomarán estas ideas y trabajos publicados como insumo principal para la construcción de las diversas actividades programadas. Si bien parte del trabajo propuesto consiste en ampliar y actualizar esta información para conocer el estado del arte actual del tema, podemos mencionar como referencia primaria los trabajos publicados por Mohrig (2003, 2004). En particular se planea trabajar en la categoría "investigación" y con las tres propuestas descritas en el apartado 5.2.1 en distintas etapas del trayecto formativo.

³ Las etapas denominadas 1) y 2) fueron descritas en la sección 2.4 que incluyen, además, un apartado con la opinión del personal técnico nodocente.

⁴ Los términos en inglés utilizados son "verification approach" e "inquiry-driven".

Se realizó una búsqueda bibliográfica (ver anexo 9.8) sobre temas relacionados a las discusiones de la enseñanza y aprendizaje en el laboratorio de química orgánica. Si bien es un campo muy específico de estudio, hay varios trabajos publicados en donde diferentes enfoques se describen a partir de propuestas que involucran experimentos de síntesis orgánica. Como mencionamos anteriormente, se diferencian dos tipos de clases, las que se denominan de verificación y de investigación. Los enfoques denominados de “verificación” consisten en que el alumno reproduce una técnica descriptiva con todos los detalles y verifica que al realizar el experimento indicado obtiene el valor esperado. La segunda categoría es más actual y se está implementando en los laboratorios de enseñanza de la química orgánica cada vez más. Este modelo de enseñanza permite a los estudiantes participar en el proceso científico. En este sentido, tienen la oportunidad de pensar creativamente y tomar decisiones durante el desarrollo de los experimentos mientras van elaborando conclusiones de los resultados observables.

5.2.1 Tres metodologías para las prácticas experimentales

Dentro de la categoría adoptada en esta propuesta, la de la clase centrada en las experiencias educativas denominadas de “investigación”, se pueden definir claramente tres enfoques diferentes, metodologías de enseñanza, diferentes para abordar un trabajo experimental en química orgánica. Si bien son denominadas de diversas maneras por los diferentes autores, se pueden compilar y categorizar. A continuación, se redactan de acuerdo con un análisis y sintaxis propia.

- a) Prácticas experimentales de investigación guiada.
- b) Prácticas experimentales prediseñadas.
- c) Prácticas experimentales de investigación con final abierto.

Las prácticas experimentales de investigación guiada a) pueden tener o no una descripción detallada de la técnica experimental a desarrollar, sin embargo, siempre contemplan y plantean preguntas típicas de la investigación que los estudiantes logran responder a través del análisis de los resultados que van obteniendo. En las prácticas experimentales b) y c) los estudiantes deben diseñar sus propios procesos y luego, obviamente, llevarlos a cabo. Las prácticas prediseñadas b) se utilizan mucho en el contexto de la síntesis orgánica, donde los estudiantes adaptan procedimientos clásicos y generales para preparar un compuesto específico o llevar a cabo un tipo particular de reacción. Las prácticas con final abierto c) son experiencias educativas

más complejas. En ellas el estudiante, con supervisión docente, utiliza información bibliográfica diversa para encontrar modelos experimentales que puede y debe adaptar para cumplir con el objetivo propuesto.

Dada la modalidad de enseñanza propuesta en este proyecto de innovación se pueden llevar a cabo trabajos experimentales siguiendo cualquiera de las tres formas anteriormente descritas. Las tres propuestas permiten, con matices, introducir a los alumnos en dos de las más importantes partes de la experimentación química, el diseño de experimentos y el análisis de los resultados observables. Estas dos cuestiones comprometen, en el proceso de enseñanza y aprendizaje, a docentes y alumnos a pensar, discutir y analizar en cómo se lleva a cabo la ciencia experimental.

5.3 Diagnóstico inicial

Como inicio de la propuesta de innovación presentamos un completo diagnóstico de situación. En base a las encuestas y entrevistas realizadas y el análisis de la documentación académica y curricular actual elaboramos las principales líneas de acción que definen los ejes centrales del Taller de Trabajo Experimental.

5.3.1 Encuestas y entrevistas

Como se describió detalladamente en el apartado “Encuesta a los alumnos y docentes” la problemática planteada está bien caracterizada tanto por los alumnos como los docentes que cursan y dictan la materia. El análisis de los resultados indica claramente que los objetivos de este trabajo, el incluir un *Taller de Trabajo Experimental* en el programa del curso, es una respuesta de innovación educativa necesaria para mejorar el estado actual de situación.

A partir de la lectura crítica de los resultados obtenidos podemos categorizar las problemáticas asociadas a los trabajos prácticos de laboratorio en diversos ítems que a continuación exponemos.

- En términos generales la mirada docente es siempre más crítica en todos los aspectos que la percepción de los alumnos sobre los trabajos prácticos de laboratorio.

- Las prácticas de laboratorio generan expectativas positivas y entusiasmo en los alumnos.
- La visión positiva se mantiene luego de realizar los trabajos prácticos experimentales, sin embargo, los docentes creen que los alumnos bajan su entusiasmo inicial.
- Los experimentos realizados son considerados modernos y de excelencia por parte de los alumnos, pero no por los docentes quienes son más críticos de las experiencias que implementan.
- Existe una amplia coincidencia en que el número de alumnos por grupo de trabajo es excesivo.
- Se percibe una falta de recursos materiales tanto por parte de los docentes como de los alumnos.
- La falta de recursos la relacionan directamente con una deficiencia en la práctica experimental.
- Se manifiestan explícitamente en la cancelación de etapas de trabajo planificadas por falta de recursos y organización.
- La evaluación por parte de los alumnos del desempeño docente es en general positiva y las deficiencias en el desarrollo de los trabajos prácticos se atribuyen a cuestiones ajenas al plantel docente como falta de recursos.
- Los docentes tienen una autopercepción muy positiva de su trabajo, sin embargo, una gran mayoría manifiesta no haber participado en el diseño y organización de trabajos prácticos.
- La discusión y evaluación de la práctica experimental es analizada críticamente por parte de los docentes, se manifiesta la necesidad de generar espacios y herramientas para mejorarla.
- Existe una plena coincidencia en la necesidad de diseñar y ejecutar experiencias de laboratorio con relación directa a la práctica profesional.

5.3.2 Trabajos prácticos actuales

En la asignatura en estudio, Química Orgánica II, se llevan a cabo una serie de experimentos de laboratorio incluidos en el programa de la asignatura. Los trabajos prácticos usualmente realizados en la actualidad son:

1era parte

TP1: Síntesis, aislamiento y purificación de benzoato de metilo

TP2: Síntesis, aislamiento de acetanilida

TP3: Purificación y caracterización de acetanilida

TP4: Caracterización de carbohidratos

TP5: Caracterización de aminoácidos, péptidos y proteínas

2da parte

TP6: Aislamiento y purificación de trimiristina

TP7: Obtención, aislamiento y purificación de ácido mirístico

TP8: Aislamiento de limoneno

TP9: Purificación y caracterización de limoneno

TP10: Aislamiento y purificación de cafeína

Las prácticas expuestas pueden considerarse como clásicas en la química orgánica. Son experiencias conocidas y descritas en la literatura. La mayoría de ellas adaptadas hace más de treinta años y puestas en práctica desde entonces en nuestra Facultad.

Como puede observarse se pueden clasificar las experiencias en dos tipos de prácticas. Los trabajos prácticos de la primera parte corresponden a técnicas comunes de síntesis orgánica, que incluyen la síntesis, el aislamiento y la purificación. Los experimentos de la segunda parte son procesos de aislamiento de productos naturales, su posterior purificación e identificación.

5.3.3 Organización actual

El programa de la materia indica la existencia de ocho unidades que se reparten dos partes. Cada una de estas partes es evaluada con un parcial y su respectivo recuperatorio. Estas evaluaciones son clásicas y constan aproximadamente de un 60% de su contenido referido a cuestiones teóricas y vistas en las clases de seminario y un 40% de preguntas sobre las prácticas experimentales realizadas. En cada parte de la materia se realizan cinco trabajos prácticos de laboratorio en cinco clases como se enumeraron en el apartado anterior. Estos se llevan a cabo en clases de tres horas, destinando en total treinta horas a experiencias experimentales en el laboratorio.

5.3.4 Problemas particulares

A partir de la experiencia personal y luego de entrevistar a los docentes de la asignatura pudimos detectar una serie de problemas técnicos particulares. Estos

problemas se suman como casos particulares a las problemáticas generales detectadas en las encuestas realizadas a docentes y alumnos y discutidas en los apartados 2.4 y 5.3.1.

Por falta de tiempo, mala organización en ocasiones se cancelan operaciones necesarias y diseñadas originalmente en la práctica. A continuación, enumeramos, luego de categorizarlas, acciones que no se realizan y son fundamentales para lograr una buena experiencia educativa.

Síntesis aislamiento y purificación de benzoato de metilo.

- Cromatografía en capa fina de los reactivos, sus patrones y productos involucrados en la síntesis de benzoato de metilo.
- Revelado con distintos agentes selectivos de ácidos carboxílicos, I_2 y $H_2SO_4/MeOH$ de la cromatografía anteriormente mencionada.
- Destilación a presión reducida del benzoato de metilo para purificarlo.

Síntesis, aislamiento y purificación de acetanilida.

- Medidas de punto de fusión mezcla y del patrón de la sustancia a obtener.

Aislamiento y caracterización de aminoácidos y proteínas.

- Reacciones xantoprotéica con un aminoácido adecuado (+) e inadecuado (-).
- Reacción con acetato de plomo de proteínas de la clara de huevo.
- Cromatografías de mezclas de aminoácidos y su revelado específico.

Aislamiento y caracterización de carbohidratos.

- Hidrólisis enzimática del almidón y caracterización del hidrolizado.
- Caracterización de azúcares reductores mediante el reactivo de Tollens.

Aislamiento, purificación y caracterización de trimiristina

- Medidas de punto de fusión mezcla y de patrones de la trimiristina y ácido mirístico.
- Cálculos de porcentaje en el producto natural de la trimiristina y rendimiento R% del ácido mirístico.

Aislamiento, purificación y caracterización de limoneno

- Purificación del limoneno por destilación fraccionada a presión reducida.
- Reacción de caracterización del limoneno por halogenación.
- Cromatografías en capa fina del producto aislado y purificado en conjunto con patrones. Distintas formas de revelado.

Aislamiento, purificación y caracterización de cafeína

- Purificación del producto extraído mediante sublimación.
- Análisis de la pureza de la cafeína por medida de punto de fusión y cromatografía en capa fina.

En términos generales podemos clasificar estos inconvenientes en cuatro operaciones y cálculos distintos:

- Seguimiento y controles mediante técnicas sencillas de visualización (CCD, punto de fusión)
- Caracterización mediante reacciones específicas.
- Procesos de purificación.
- Pesadas y controles finales y cálculo de rendimientos, conversiones y selectividades.

Es importante remarcar que esta falta de realización de acciones experimentales se debe a fallas de organización y no de recursos económicos, materiales o humanos. Estas deficiencias suelen considerarse menores en la práctica cotidiana por los docentes, sin embargo, la acumulación de ellas termina presentando un problema didáctico, detectado como mencionamos por los docentes y los estudiantes.

5.4 Taller de trabajo experimental

Presentamos a continuación el proyecto completo, con una descripción detallada de todas sus partes y todo el material y guía de implementación para ponerlo a disposición de los docentes de la asignatura y, en un sentido más amplio, de la comunidad universitaria como material de referencia. En la sección anexos se encuentran las descripciones técnicas y los procedimientos experimentales de ambos talleres.

5.4.1 Generalidades

El presente proyecto de innovación se plantea en forma general a través de una serie de tópicos propios de esta clase de propuestas. En primera instancia realizamos una descripción genérica que se complementa con lo desarrollado en otras secciones y luego, en los siguientes apartados, describimos con detalle y de manera más práctica y técnica toda la propuesta.

Naturaleza del proyecto

Se diseñó de manera original un Taller de Trabajo Experimental que cumple el propósito de contener todas las prácticas de laboratorio previstas en el programa de la asignatura Química Orgánica II de las carreras de Bioquímica, Farmacia, Biotecnología y Alimentos. En el taller se realizan una serie de actividades educativas experimentales en el laboratorio y otras, complementarias, no experimentales relacionadas.

Origen y fundamentación

De acuerdo con la experiencia de los docentes adquirida en más de diez años de práctica profesional y con un diagnóstico detallado realizado que incluyó encuestas a alumnos, docentes y entrevistas al personal no docente se detectaron situaciones problemáticas y varias cuestiones referidas a la enseñanza de las ciencias experimentales para mejorar. Es así como surge este proyecto que se fundamenta en estudios sobre la enseñanza de la química orgánica experimental publicados en los últimos años.⁵ Todos ellos proponiendo una visión que incluye un trabajo más riguroso y activo de docentes y alumnos enfocado en aprendizajes relacionados a la investigación.

Objetivos y metas

Los objetivos particulares de este proyecto se describen como:

Redefinir los contenidos de trabajos prácticos del programa y su organización para generar un espacio de práctica que aporte una mejora significativa en la calidad de la enseñanza a través de la experimentación en el laboratorio.

⁵ Como mencionamos anteriormente se han publicado varios trabajos al respecto que se encuentran descriptos en el Anexo 9.8.

Diseñar una metodología de enseñanza que promueva la valoración del trabajo experimental en Química Orgánica tanto como herramienta de aprendizaje significativo de los conceptos teóricos de la asignatura como para la reflexión crítica de toda práctica de laboratorio, actividad central en el trabajo futuro profesional.

Formular un taller con la premisa de ser un espacio de práctica de excelencia, trabajo individual y reflexión; pretendiendo aportar a la formación profesional en consistencia con el perfil de egresado propio de la carrera.

Localización física e institucional

La propuesta está especialmente diseñada para ser incluida en el programa de la asignatura Química Orgánica II perteneciente a las carreras de Farmacia, las Licenciaturas en Bioquímica, Biotecnología y Biología Molecular y Ciencia Tecnología de los Alimentos. Estas carreras se dictan en la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de La Plata. La asignatura en cuestión es parte de las materias que dicta la División Química Orgánica del Departamento de Química de dicha Facultad. Las clases son impartidas en el Laboratorio de Química Orgánica Básica de la Facultad.

Actividades y tareas: metodologías

Se describe una organización completa de las actividades que comprende el taller, incluyendo su cronograma de actividades, métodos experimentales y sus fundamentos, materiales y equipamiento de laboratorio, reactivos químicos y de uso común en el laboratorio y productos naturales a utilizar. También se desglosan las actividades y tareas a realizar por parte de los alumnos, docentes y personal nodocente.

Recursos humanos, materiales y financieros

Se proponen y describen los recursos necesarios para llevar a cabo con éxito el taller de acuerdo con un número de alumnos determinado. Este número en la práctica es variable y se puede acomodar el taller a cualquier situación siempre dentro de límites razonables con relación a los recursos disponibles históricamente en la Facultad.

5.4.2 Tópicos centrales de los talleres

El taller propuesto consta de dos partes definidas claramente. La primera es una experiencia de síntesis orgánica y la segunda una práctica de laboratorio de extracción de productos naturales. Si bien ambas partes comparten la misma teoría de las prácticas experimentales en química orgánica cada una tiene su particularidad. En este apartado vamos a describir los tópicos centrales del taller en dos secciones correspondientes a cada parte que de ahora en más denominaremos “Taller de síntesis” y “Taller de extracción”.

5.4.2.1 Taller de síntesis

El primer taller lo denominamos “Taller de síntesis”. Consiste en una serie de experimentos de laboratorio en temas de síntesis orgánica. La síntesis orgánica es un tema primordial dentro de la Química Orgánica. Es la herramienta de preparación de moléculas orgánicas mediante metodologías específicas. Se puede definir como el conjunto de teorías y técnicas de construcción de moléculas, formación y transformación de enlaces y grupos funcionales. Para el desarrollo de este taller se pueden distinguir distintas etapas de trabajo que describimos a continuación.

Búsqueda bibliográfica

La búsqueda bibliográfica es un aspecto central en este taller. Mediante ella se toma conocimiento de los aspectos teóricos a desarrollar en el laboratorio. En general se realizan dos búsquedas distintas que permiten a) conocer con detalle las técnicas y metodologías de laboratorio necesarias para llevar a cabo las reacciones y b) los métodos, las reacciones involucradas en la preparación de la molécula objetivo. Cada una de estas búsquedas se realizan de manera particular y con la literatura apropiada.

Desde una perspectiva didáctica no solo se aprende a realizarlas, tarea imprescindible del trabajo de laboratorio,⁶ sino que la información obtenida permite realizar discusiones enriquecedoras. Existen distintas opciones para llevar a cabo un mismo objetivo de síntesis. Desde metodologías que emplean condiciones o equipamientos

⁶ Este aspecto es central en todas las disciplinas, es así como para la práctica profesional en investigación y desarrollo tanto en la academia como en el sector industrial requiere de conocimientos y destreza en estas actividades de uso y manejo de información científica y técnica.

diferentes a rutas sintéticas de construcción a través de diversos caminos. En este sentido al existir diferentes opciones el elegir y diseñar el propio camino se constituye en un elemento muy interesante de enseñanza. Al poder confrontar opciones estas pueden discutirse en distintos términos. A continuación, enumeramos preguntas que llevan a reflexiones y debates sumamente enriquecedores y pueden emplearse en clase.

¿Cuál es el nivel de “confianza experimental” de la literatura revisada? ¿Cuáles son las categorías establecidas y cómo pueden verificarse en cuanto a la “confianza experimental”? ¿Qué parámetros pueden utilizarse para comparar técnicas de síntesis distintas de un mismo producto? ¿Cuáles de estos parámetros son más relevantes en el contexto local y particular de clase?

Planificación de la síntesis

Esta etapa de trabajo es muy importante ya que se toma un real conocimiento de toda la actividad a realizar. En la práctica es usual no estimar correctamente los tiempos de reacción y de los procesos involucrados; la preparación y armado de equipamiento y el control y purificación de reactivos. Todo esto debe ser planificado para no generar imprevistos que resulten en el no cumplimiento de las metas por falta de tiempo o por fallas en las operaciones. Esta tarea de planificación tiene estrecha relación con la investigación. Se utiliza información recabada en la búsqueda bibliográfica para armar una propuesta de trabajo, de alguna manera es la construcción metodológica de una experimentación de investigación. Las preguntas que formulamos para trabajar esta etapa son:

¿Cuáles son los tiempos estimados para las operaciones de trabajo usuales, pesada, filtrado, agregados, etc.? ¿Cómo alteraría la planificación original un inconveniente técnico? ¿Qué estrategias puede implementar para prevenirlo o subsanarlo? ¿Cuáles son las etapas esenciales que no pueden ser interrumpidas? ¿Cómo organiza las actividades en función de los recursos humanos y materiales disponibles?

Purificación de reactivos

Esta etapa de trabajo no debe ser menospreciada, es usualmente una fuente de inconvenientes y malos resultados finales. Existen una serie de técnicas estándar en química orgánica, bien descritas en la literatura específica, que deben emplearse, en primera instancia, para corroborar de manera sencilla la pureza de los reactivos y

eventualmente para purificarlos. El control de calidad de los materiales de partida se aplica a todos los reactivos, solventes y catalizadores empleados.⁷ También dentro de esta etapa es necesario incluir un chequeo previo del equipamiento a utilizar, verificando el correcto funcionamiento de este. Sobre esta parte del trabajo se puede reflexionar y discutir entre docentes y alumnos a partir de las siguientes preguntas orientativas.

¿Cuál es la literatura específica para conocer técnicas de purificación? ¿Cuáles son las impurezas comunes presentes en los reactivos? ¿Cómo se conocen las condiciones apropiadas de almacenamiento de los reactivos? ¿Qué influencia tiene el medio, temperatura, humedad, luz solar, sobre la pureza de los compuestos a emplear? ¿Qué estándar de pureza es realmente necesario para cada reactivo y solvente de acuerdo con la síntesis planeada?

Síntesis, aislamiento y purificación

La síntesis, aislamiento y purificación se constituyen en la tríada central del proceso de síntesis orgánica. Durante estas tres etapas se requiere destreza técnica, capacidad de observación y análisis crítico de los procesos en desarrollo. Además, es fundamental tener especial consideración en las cuestiones de seguridad e higiene de manera general y específica considerando los reactivos y equipos en uso. Si bien usualmente se siguen protocolos de trabajo en ocasiones es necesario cambiarlos o adaptarlos a situaciones particulares, esta actividad requiere de una buena base teórica sobre las técnicas a emplear y un conocimiento en detalle de los reactivos y materiales en uso. Durante estas tres etapas de trabajo se pueden formular las siguientes preguntas para la enseñanza de los temas relacionados.

¿Cómo se controlan las condiciones de reacción, temperatura, tiempo, cantidades, etc.? ¿Cómo se ensambla y controla la operatividad plena de los reactores? ¿Conoce los riesgos asociados a la manipulación de reactivos y solventes? ¿Cómo se agregan al reactor las sustancias para que la reacción sea óptima? ¿Qué cambios puede observar durante la reacción química: coloración, solubilidades, pH, temperatura? ¿Puede relacionar estos cambios con cuestiones teóricas? ¿Pueden estos cambios guiarlo en

⁷ Si bien es una parte más técnica del proceso de síntesis orgánica, esta es de suma importancia ya que conocer al detalle las actividades de control de calidad es de suma importancia para el desarrollo profesional en el sector industrial que emplea productos químicos como la industria farmacéutica, agroquímica y biotecnológica. Industrias donde los egresados de las carreras en cuestión tienen inserción laboral.

el seguimiento del proceso? ¿Cómo debe rotular correctamente los desechos o subproductos de reacción? ¿Dónde y cómo se disponen, tratan o descartan? ¿Qué precauciones debe tener en el aislamiento cuando hay materiales peligrosos involucrados? ¿Qué información previa debe tener respecto al estado de agregación y la solubilidad de las sustancias para llevar a cabo un correcto aislamiento por extracciones o lavados? ¿Cuáles son los fundamentos teóricos del proceso de purificación que va a emplear? ¿Es la muestra apta para este proceso? ¿Cómo puede verificarlo?

Identificación de los productos y cálculos finales

La etapa final de toda síntesis orgánica es la caracterización del producto obtenido mediante sus propiedades físicas, así como la corroboración de la identidad mediante diversos métodos espectroscópicos. La elucidación inequívoca de la estructura es un proceso fundamental que verifica fehacientemente el objetivo principal de preparar una molécula orgánica determinada. Esta etapa permite verificar el éxito de las operaciones realizadas y cuantificarlo mediante diversas métricas y compararlas con datos teóricos. Existe una graduación de éxito basada en la comparación del rendimiento, la selectividad, conversión y pureza que permite establecer discusiones globales sobre lo realizado. Estas discusiones pueden ser orientadas mediante las siguientes preguntas.

¿Cuál es la bibliografía específica donde se encuentran los datos de propiedades fisicoquímicas sobre los productos obtenidos? ¿Cómo se miden adecuadamente estas propiedades? ¿Qué discrepancias existen entre los datos obtenidos y los referenciados en la literatura? ¿Qué variaciones numéricas se consideran aceptables para las distintas propiedades de caracterización? ¿Cómo puede estimar teóricamente valores de referencia cuando no están descritos en la literatura? ¿Qué condiciones debe cumplir una muestra para ser analizada por los métodos espectroscópicos usuales? ¿Cómo se preparan las muestras para su análisis espectroscópico? ¿Cómo se analizan los resultados obtenidos? ¿Qué programas se utilizan para tal fin? ¿Cuáles son los parámetros de identidad requeridos para confirmar una estructura de manera inequívoca? ¿Cuáles son los requisitos experimentales establecidos de pureza e identidad que puede extraer de los datos espectroscópicos?

Informe escrito

Durante el desarrollo de las tareas experimentales se generan instancias de reflexión, debate y elaboración de conclusiones. Este proceso finaliza con la redacción de un informe final escrito. En ese informe se plasman todos los procesos realizados con detalle, incluyendo observaciones experimentales y dificultades o accidentes ocurridos.⁸ También se debe incluir la descripción del material y equipamiento utilizado, así como la calidad y origen de los reactivos y solventes. Es decir, no es solo una transcripción de un método de síntesis, sino que es una redacción completa de lo acaecido. Se deben presentar los cálculos de rendimiento, selectividad, pureza y otros parámetros según corresponda, y analizar y reportar minuciosamente toda la información extraída de los espectros realizados. Por último, se presentan conclusiones reales de todo el proceso comparando lo obtenido con las referencias de literatura y eventualmente esbozando hipótesis de las diferencias encontradas. El informe incluye un proceso de evaluación con correcciones de los docentes que pueden abordar discusiones alrededor de las siguientes cuestiones.

¿Cuáles son las formas narrativas académicamente aceptadas para la reacción de este tipo de escritos? ¿Cómo se escriben adecuadamente las reacciones, los mecanismos y fórmulas químicas? ¿Cómo se reportan los datos de propiedades fisicoquímicas y los obtenidos de los espectros? ¿Qué observaciones experimentales debe incluir? ¿Cómo se describen los cambios de estado, coloración, solubilidad o pH? ¿Cuál es la información relevante de los reactivos, solventes y catalizadores que se deben extraer del proveedor? ¿Qué datos compara y discute en una síntesis orgánica entre lo establecido en la literatura y lo obtenido experimentalmente? ¿Qué teorías puede abordar para redactar hipótesis sobre lo observado?

5.4.2.2 Taller de extracción

El segundo taller propuesto consiste en el aislamiento, purificación e identificación de un producto natural a partir de su matriz de origen. Estas experiencias permiten adentrarse de manera plena en la química orgánica de las biomoléculas. Son experiencias sumamente enriquecedoras y didácticas, tiene un gran valor pedagógico

⁸ La redacción de informe escrito de las operaciones realizadas es una práctica un poco en desuso en nuestra Facultad, sin embargo, constituye un aspecto central en el quehacer profesional. El registro de lo hecho es en varias profesiones una cuestión obligatoria y con características de legalidad particular que hacen al ejercicio responsable de la profesión.

el uso de materiales naturales ya sean vegetales o animales para obtener compuestos orgánicos puros y plausibles de análisis espectroscópico y caracterizaciones mediante diversas propiedades fisicoquímicas y reacciones químicas. Hay tres de las categorías de análisis expresadas anteriormente (5.4.2.1) que se repiten en este taller, ellas son: búsqueda bibliográfica, identificación de los productos e informe escrito. A continuación, describimos las tres restantes, diferentes, y propias de este trabajo.

Planificación de la extracción

Esta etapa de trabajo es importante y necesaria ya que la organización del proceso a realizar permite organizar tiempos, prever inconvenientes y estar atento a todas las cuestiones operacionales y de seguridad propias del trabajo a realizar. A diferencia del taller descrito anteriormente el proceso de extracción de un producto natural tiene etapas, materiales y equipamiento particular y en cierta medida no tan común, ni de uso corriente, en el laboratorio de química orgánica. Por este motivo la planificación es un aspecto destacado. Se puede reflexionar sobre esta etapa a través de las siguientes preguntas.

¿Cuál es la literatura específica para conocer técnicas de extracción de productos naturales? ¿Cuáles son las técnicas y equipos usuales y alternativos que se emplean? ¿Cuáles son las condiciones óptimas del material extractor para lograr una buena eficiencia de trabajo? ¿Qué influencia tiene el medio, temperatura, humedad, luz solar, sobre la estabilidad del producto a extraer? ¿Qué cuidados particulares debe considerar al manipular material biológico? ¿Cómo puede seguir o visualizar correctamente los procesos de extracción?

Preparación de muestra natural

Un paso importante, y en ocasiones subvalorado, en la extracción de un producto natural, es la preparación de la muestra. Los compuestos se encuentran en matrices complejas, vegetales o animales, y es necesario un acondicionamiento previo al proceso de extracción. Usualmente se secan y mueles las partes donde existe una mayor concentración del producto a extraer. Es decir, hay que realizar una disección de material previo al secado y molienda. Esta operación puede resultar dificultosa o requerir un tiempo considerable de trabajo. Es interesante, en este paso, analizar la posibilidad de realizar pequeñas investigaciones en donde el alumno pueda ir modificando las variables y analizando los resultados obtenidos. Se puede desarrollar una investigación guiada, por ejemplo, cambiando las variables de los procesos de

molienda y haciendo un correlato de estos con los rendimientos de extracción del producto objetivo obtenido.

¿En qué parte se encuentra en mayor concentración el producto a extraer? ¿Cómo lo puede separar del resto? ¿Qué concentración estimada del compuesto está presente en su fuente natural? ¿Cuánto material debe procesar para poder extraer la cantidad necesaria de producto final? ¿Cómo debe realizar el secado y molienda para no alterar la sustancia de interés?

Aislamiento y purificación

El aislamiento del producto de su matriz natural puede llevarse a cabo mediante diversas técnicas. La comparación de diferentes metodologías es enriquecedora desde un punto de vista didáctico. Cada una tiene sus ventajas y desventajas. Un análisis completo del proceso lleva a conclusiones que se adentran en la química bioorgánica de una manera detallada. El control del proceso de aislamiento es también un aspecto importante que considerar, generalmente se trata de procesos unitarios que se repiten hasta lograr el objetivo. También el seguimiento analítico en las etapas es central ya que la composición de una molécula en su matriz natural es un dato de relevancia de diversas disciplinas desde la química orgánica de productos naturales hasta la farmacobótica y la química medicinal. Durante el transcurso de estas experiencias de laboratorio podemos trabajar alrededor de las siguientes cuestiones.

¿Cuáles son las alternativas al equipamiento y métodos empleados para el aislamiento? ¿Qué otros solventes pueden utilizarse para hacer extracciones? ¿Qué ventajas y desventajas presentan? ¿Cómo debe actuar frente a un accidente al usar el equipamiento estipulado? ¿Qué observaciones experimentales puede realizar para obtener datos en tiempo real? ¿Cómo puede identificar, procesar y disponer finalmente los residuos? ¿Tienen valor los residuos? ¿Pueden reciclarse y obtener utilidad a partir de ellos? ¿Qué condiciones fisicoquímicas tiene la muestra luego de aislarse para poder ser purificada? ¿Son los métodos de purificación aptos para la muestra objetivo? ¿Puede esta degradarse? ¿Qué condiciones de almacenamiento deben contemplarse?

5.4.2.3 *Temas de trabajo docente*

El proyecto propuesto tiene múltiples fuentes teóricas y prácticas para el trabajo docente como describimos de manera general y parcialmente en la sección 5.4.2. La formación de los alumnos en el tema central que es la síntesis orgánica de derivados de carbohidratos es el objetivo principal pero no el único. También se puede trabajar en los siguientes temas.

Buscadores

La información bibliográfica sobre los temas de síntesis orgánica puede buscarse empleando diferentes recursos. El más usado actualmente es la Biblioteca Electrónica del Ministerio de Ciencia y Tecnología e Innovación.⁹ La cantidad de recursos que presenta es importante, principalmente se tiene acceso a más de treinta mil revistas científicas de primer nivel. Para buscar con precisión y rigor en ellas se utilizan buscadores. Los más utilizados en química orgánica, y a los cuales actualmente tiene acceso el sistema universitario, son Scopus y Reaxys. El uso de ellos se transforma en una herramienta fundamental para acceder a literatura científica y tecnológica. La enseñanza de su uso a los alumnos de grado es una oportunidad para acercarlos a contenidos actuales de las prácticas que realizan y a una herramienta de acceso digital que probablemente utilicen en sus prácticas profesionales.

Literatura

La literatura específica de síntesis orgánica es múltiple y variada en cuanto a su calidad de relatos y fiabilidad experimental. Las técnicas encontradas deben ser reproducibles, esto es una premisa fundamental en la aplicación de metodologías publicadas. Un análisis crítico de la literatura genera en los alumnos una idea de la diversa calidad de las publicaciones. Se encuentran desde descripciones muy detalladas e incluso chequeadas experimentalmente como la colección Organic

⁹ La Biblioteca Electrónica de Ciencia y Tecnología de la República Argentina funciona en el marco de la Subsecretaría de Coordinación Institucional, que depende de la Secretaría de Articulación Científico-Tecnológica dentro del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. Fue creada en diciembre de 2002 por la Resolución E 253 / 2002, como resultado del Acuerdo Bilateral con Brasil y en concordancia con la Ley 25467 - Ciencia, Tecnología e Innovación y reorganizada en 2008 a través de la Resolución E 454 / 2008. Su objetivo es brindar acceso, a través de Internet, a publicaciones científicas y técnicas, bases de datos referenciales y demás información bibliográfica nacional e internacional de interés para la comunidad científica.

Syntheses¹⁰ hasta publicaciones de bajo impacto con descripciones de prácticas de laboratorio mínimas.

Análisis de opciones sintéticas

Las reacciones descritas en el taller se han estudiado con detalle en los últimos años. Fruto de varias investigaciones se encuentran descritos en la literatura diversos métodos que emplean condiciones de reacción distintas, incluyendo solventes, catalizadores, temperatura, etc. Luego de una búsqueda bibliográfica aparecerán distintas opciones, es una oportunidad para los docentes de introducir las claves de un análisis realista de los procesos químicos. Este análisis debe incluir costos de reactivos, disponibilidad local, toxicidad, condiciones de almacenamiento, tiempos de trabajo, gasto de agua y energía, equipamientos, etc. Este estudio es fundamental en la futura profesión de los alumnos ya que, independientemente de la carrera elegida y el rubro al que se dediquen, siempre se encontrarán con decisiones a tomar que requieren un análisis previo global.

Grupos protectores

Como mencionamos anteriormente el uso de grupos protectores es una metodología utilizada en síntesis orgánica ampliamente. En la secuencia planteada hay que utilizar grupos protectores, presentar a los alumnos las ideas centrales de la estrategia es una oportunidad de introducirlos en la temática. Es importante mostrar la gran variedad de opciones existentes y que estos permiten manejar variables claves en síntesis orgánica como lo son la regioselectividad, la solubilidad y las transformaciones de grupos funcionales.

Anómeros, cinética, termodinámica y catálisis

En las reacciones involucradas denominadas **A** y **B** se pueden producir cambios en la configuración anomérica. Estos cambios están gobernados por diversos efectos,

¹⁰ Desde 1921, *Organic Syntheses* ha brinda a la comunidad química procedimientos detallados, confiables y cuidadosamente verificados para la síntesis de compuestos orgánicos. Algunos procedimientos describen métodos prácticos para la preparación de compuestos específicos de interés, mientras que otros procedimientos ilustran métodos sintéticos importantes con utilidad general. Cada procedimiento está escrito con mucho más detalle en comparación con los procedimientos experimentales típicos, y cada reacción con sus datos de caracterización se ha repetido varias veces y se ha "comprobado" cuidadosamente la reproducibilidad en el laboratorio por un miembro de la Junta de Editores.

cinéticos, termodinámicos, electrónicos y relaciones con los catalizadores y condiciones de reacción. (Boltje, 2016) Es así como se pueden elaborar hipótesis teóricas para predecir la configuración obtenida. Esto puede trabajarse teóricamente con los alumnos para ampliar sus conocimientos de la fisicoquímica orgánica. También entran en juego cuestiones de estereoisomería, concepto básico, pero de trascendencia central en las estructuras de biomoléculas complejas.

Química verde

La química verde es una temática de reciente interés y desarrollo en la comunidad. La búsqueda de procesos que sean sostenibles y de bajo impacto ambiental se ha constituido en un tema de sumo interés mundial. En el área de la educación cada vez más se introducen estos conceptos en las prácticas de laboratorio. (Serrano, 2013) en el taller propuesto se pueden reemplazar reactivos y fundamentalmente catalizadores para hacer más “verde” el proceso. Por ejemplo, la reacción **A** puede llevarse a cabo con iodo molecular como catalizador, obteniendo el anómero alfa selectivamente, en condiciones más amigables con el medio. (Schatz, 2001)

Cromatografía en capa delgada y reveladores selectivos

El seguimiento de las reacciones puede llevarse a cabo con una metodología simple, económica y rápida como la cromatografía en capa delgada (CCD). Si bien esta técnica es bien conocida y ya empleada por los alumnos en otros cursos de grado. Dada las características de los compuestos involucrados se pueden emplear distintos reveladores para visualizar los reactivos y productos e ir controlando el avance de la reacción.¹¹ Se pueden emplear desde reveladores destructivos apropiados para **1** como el ácido sulfúrico en metanol, luz UV 254 nm para el glicósido con la aglicona aromática y el fenol, y una solución de *p*-anisaldehído para la detección de los compuestos **2** y **3**.

Espectroscopía de resonancia magnética nuclear (RMN)

¹¹ Existen numerosos reveladores selectivos para distintos grupos funcionales y familias de compuestos orgánicos tanto sintéticos como naturales. Hay numerosos desarrollos que permiten realizar estos análisis de una forma muy minuciosa alcanzando un grado analítico cuantitativo en ocasiones. Literatura valiosa al respecto se puede encontrar en: Jork, H., Funk, W., Fischer, W., Wimmer, H., & Burns, D. T. (1990). *Thin-layer chromatography. Reagents and detection methods. Physical and chemical detection methods: fundamentals, reagents* I. Volume 1a: VCH, Weinheim, 1990. xv+ 464 pp.

La identificación de los productos obtenidos se puede realizar a través de espectroscopía de RMN de ^1H y ^{13}C . Los alumnos tienen conocimientos básicos de estas técnicas, pero no realizan una práctica realista al respecto. (Laurella, 2017) En este caso pueden analizarse los productos **2** y **3** a través de sus espectros. Es una chance concreta de enseñar el uso de programas de software libre disponibles.¹² Además en este caso pueden visualizarse los anómeros y en el caso de obtener mezclas es posible de cuantificarlas fácilmente a través del análisis de las señales correspondientes a los protones anoméricos. También pueden asignarse las configuraciones absolutas mediante el cálculo de las constantes de acoplamiento escalares y sus relaciones con el ángulo diedro. Es un momento propicio para introducir el análisis de espectros gCOSY y gHSQC ya que en la química de los carbohidratos facilitan el análisis inequívoco estructural.

Industria Farmoquímica

La síntesis orgánica se lleva a cabo a mayor escala, industrial, para la obtención de compuestos orgánicos de interés comercial. Existen numerosas industrias químicas en el país que se dedican a ello; por ejemplo, la dedicada a la síntesis de principios activos de medicamentos. Según la Cámara Argentina de Productores Farmoquímicos (CAPDROFAR)¹³ se sintetizan unas 100 moléculas de uso farmacéutico en la actualidad. Una búsqueda y análisis de la industria nacional en estos temas permite al alumno interesarse en la futura práctica profesional y genera motivación para el estudio de la síntesis orgánica.

Seguridad e higiene

En este taller se manipulan sustancias orgánicas que requieren cuidado especial al ser utilizadas y almacenadas. Es ideal realizar prácticas que permitan a los alumnos conocer estos detalles, saber buscar la información al respecto y analizarla críticamente para tener conciencia profesional del uso de sustancias químicas que implican un riesgo para las personas y los materiales. También un análisis de costos permite tener acabado conocimiento y conciencia de las pérdidas económicas que pueden implicar una manipulación errónea de los reactivos.

¹² Personal del Departamento de Química de la Universidad de Manitoba en Canadá desarrolló el programa SpinWorks. Un programa sencillo y de fácil uso para analizar espectros tanto 1D como 2D y de varios núcleos. Se puede descargar gratuitamente desde: <ftp://davinci.chem.umanitoba.ca/pub/marat/SpinWorks/>

¹³ En el sitio web de la Cámara se encuentra valiosa información: <http://capdrofar.com.ar/>

5.4.2.4 *Temas de trabajo docente*

Mediante esta práctica de laboratorio no solo se llevan a cabo experiencias con las técnicas usuales de la química orgánica experimental, sino que también se pueden abordar y buscar relaciones con otras disciplinas como la fisicoquímica, la farmacobotánica, la química verde y una aproximación a las prácticas preprofesionales. Presentamos una serie de ideas orientativas para el trabajo docente.

Farmacología y farmacobotánica

El tema de trabajo permite adentrarse en conceptos relacionados a la bioactividad de productos naturales. Muchos de los productos naturales tienen efectos sobre la salud y han sido utilizados históricamente como medicina casera. Es así como el aislamiento e identificación estructural de las moléculas permite entender de manera científica prácticas de la medicina social ancestral. Se puede realizar una búsqueda en la literatura específica¹⁴ sobre las propiedades bioactivas de los productos naturales. Además, al ser una práctica cuantitativa se tiene noción de las concentraciones presentes por unidad vegetal.

Fisicoquímica

Las técnicas de extracción tienen una base teórica fisicoquímica que se estudia en otras asignaturas de las carreras de grado. En esta práctica es interesante analizar el proceso de obtención de fluidos supercríticos desde esta perspectiva. Estudiando los diagramas de fases, las relaciones entre presión, temperatura y estado de agregación. Asimismo, las propiedades fisicoquímicas particulares del $scCO_2$, que lo convierten en un excelente solvente de extracción, pueden analizarse desde esta perspectiva.

Química verde

En esta práctica experimental se realizan varias extracciones con distintas técnicas y en distintas condiciones. Es una oportunidad muy interesante para poder comparar resultados. En los últimos años los resultados se analizan no solo teniendo en cuenta los parámetros clásicos de la química orgánica, sino que también se introducen

¹⁴ El índice Merck es un compilado enciclopédico de sustancias con más de 10.000 accesos tiene información precisa de numerosos fármacos, biomoléculas y sustancias químicas en general Se puede acceder en línea: <https://www.rsc.org/merck-index>.

nuevos conceptos relacionados a la denominada química verde. Para poder cuantificar lo “verde” de un proceso se han desarrollado distintas métricas que analizan variables de impacto ambiental, toxicológicas, económicas, energéticas, etc. Los cálculos son relativamente sencillos de hacer y los resultados promueven la discusión desde nuevas perspectivas. (Sheldon, 2018)

Reacciones de caracterización y visualización

Las biomoléculas aisladas tienen grupos funcionales característicos, éter, alqueno, cetona y grupos aromáticos y alifáticos en sus estructuras. Esta diversidad estructural puede visualizarse de manera sencilla mediante reacciones de caracterización visualmente. De esta manera se realiza una primera aproximación a las estructuras previa al análisis espectroscópico. Pueden realizarse análisis por cromatografía en capa delgada ¹¹ o bien llevarse a cabo reacciones en pequeña escala, como la adición de bromo molecular.

Prácticas preprofesionales

El trabajo con productos naturales, su aislamiento, purificación e identificación, es una práctica usual en el desempeño profesional de Farmacéuticos, Bioquímicos y Tecnólogos de Alimentos. En el campo industrial y en particular secciones de investigación y desarrollo de empresas farmacéuticas, agroquímicas y biotecnológicas se llevan a cabo técnicas relacionadas con las vistas en el taller propuesto. Es así como pueden buscarse ejemplos reales en industrias y compararse con lo desarrollado en clase. Por ejemplo, la obtención de aceites esenciales de origen vegetal de manera industrial puede relacionarse con las técnicas realizadas, un aspecto muy importante es lograr visualizar y entender los fenómenos fisicoquímicos en distintas escalas. Comparar el equipamiento empleado en escala laboratorio con el de la producción lleva a complejizar y discutir positivamente para una mejor comprensión de los temas.

Seguridad e higiene

Durante la realización de esta práctica se llevan a cabo operaciones que requieren cuidados específicos en relación con la seguridad e higiene. Una reflexión interesante para realizar en conjunto con los alumnos es lograr comprender e identificar todos los momentos de atención y cuidado en las tareas a desarrollar y en particular, comprender que se están llevando a cabo en una escala de laboratorio. Dimensionar

los peligros y cuidados que exige la escala industrial ayuda a comprender que este es un aspecto esencial en la enseñanza de grado. Se pueden realizar discusiones sobre los volúmenes de solventes utilizados en la industria para una extracción, cuantificar la energía necesaria para calentar y enfriar estos volúmenes, analizar los costos de los materiales utilizados, etc.

5.4.3 Evaluación de la práctica experimental

Como parte del proyecto de innovación planteado no solo se formularon nuevamente los contenidos y prácticas de los trabajos prácticos de laboratorio de la asignatura, sino que también se propone una nueva forma de evaluación de estos.

Usualmente la evaluación de los trabajos prácticos, como se describió anteriormente en las etapas de diagnóstico, era pobre y “teórica” durante los exámenes parciales. Es decir, no existe una evaluación propia del proceso experimental realizado, sino que se evalúan las teorías experimentales generales de la química orgánica. El uso de rúbricas o matrices de valoración como metodología de evaluación parecen ser instrumentos de evaluación más adecuados para la propuesta pedagógica planteada aquí.

Las rúbricas se definen como descriptores cualitativos que permiten analizar con detalle la naturaleza del desempeño de los alumnos. Esta clase de evaluaciones logran una apreciación más justa e integral ya que se ajusta a criterios concretos y graduados y son ideales para evaluar desempeños que forman una competencia. (Blanco, 2007)

Existen diversos tipos y usos de rúbricas. En esta propuesta se utiliza una rúbrica holística. La rúbrica holística, comprensiva o global tiene en cuenta el trabajo del estudiante como una totalidad. Se emplean criterios ya establecidos e informados en relación con un proceso o producto y no hay una evaluación por partes o parcial de las etapas que puedan describirse en el proceso. (López García, 2007)

Esta clase de rúbricas se plantean como ideales para las prácticas de creación, donde no existe una única respuesta; por el contrario, se vuelve imperioso estudiar las habilidades y destrezas de los alumnos durante el proceso de creación.

Se diseñaron dos rúbricas una específica para los trabajos prácticos de laboratorio y otra para la evaluación global final. Para este diseño se tomó como base el trabajo

realizado por Lafuente (2020) donde se plantea una situación de evaluación de un trabajo experimental en química orgánica.

A continuación, presentamos las rúbricas diseñadas.¹⁵

¹⁵ Se muestra la descripción completa para el *Taller de síntesis*, la rúbrica analítica con calificación del *Taller de aislamiento* tiene la misma organización cambiando únicamente los ítems distintos.

5.4.3.1 Rúbrica analítica con calificación

Indicadores	Niveles de logro			
	Muy bien	Bien	Regular	Insuficiente
Búsqueda bibliográfica	Hay iniciativa, conoce los buscadores, va más allá de lo establecido	Conocimientos sólidos, usa bien los motores de búsqueda	Conocimiento básico: desconoce buscadores	Comete errores, no sabe buscar, falta iniciativa
Planificación de la síntesis	Describe todos los detalles experimentales, es organizada y precisa	Realiza una correcta planificación incluyendo todos los pasos experimentales, faltan detalles	La descripción es correcta, aunque no con la profundidad esperada en cuanto a lo organizacional y técnico experimental	La tarea no es adecuada, hay fallas teóricas o experimentales graves
Purificación de reactivos	Lleva a cabo todos los procedimientos con éxito replicando la bibliografía	Logra purificar todos los reactivos, tiene inconvenientes menores	Purifica todos los reactivos, aunque ciertas dificultades operativas se demuestran	No logra llevar a cabo la purificación de todos los reactivos. En al menos algún caso no cumple los objetivos
Síntesis, aislamiento y purificación	Logra realizar los tres pasos de acuerdo con lo planeado sin dificultades y obteniendo resultados apropiados	Realiza correctamente todos los pasos, obtiene los productos con parámetros similares a los bibliográficos	Logra llevar a cabo los tres pasos, sin embargo, demuestra errores que conducen a bajos rendimientos o repetición de procesos	Tiene dificultades que se traducen en la imposibilidad de concretar los tres pasos de la síntesis orgánica
Identificación de los productos	Puede utilizar las herramientas de análisis espectroscópico e interpreta y describe de manera inequívoca la estructura	Logra elucidar las estructuras, manifiesta ciertas dificultades que puede resolver	Necesita ayuda docente en demasía para lograr finalmente elucidar las estructuras. No maneja con solvencia los dato.	Aún con ayuda docente no logra elucidar correctamente las estructuras propuestas
Informe escrito	Elabora un escrito de calidad científica y académica de excelencia	El escrito es correcto tiene correcciones menores a realizar	Su informe es correcto pero pobre en cuanto a descripciones e información vertida	Elabora un material con errores en el cual se manifiesta la falta de aprendizaje teórico y/o experimental

5.4.3.2 Rúbrica holística final

Niveles de logro (nota final)	Criterios o indicadores
Muy bien (10-8)	Logra con éxito cumplir con todos los objetivos esperados. Lleva a cabo la búsqueda bibliográfica y planificación de las síntesis con mucha precisión alcanzando niveles de excelencia. Su trabajo experimental es muy bueno en todos los procesos llevados a cabo desde el acondicionamiento de reactivos hasta la purificación final de los productos. Logra utilizar todas las herramientas espectroscópicas, interpretar sin dudas los resultados y llega a conclusiones pertinentes. Todo lo anteriormente descrito lo plasma con calidad en el informe escrito y en los coloquios.
Bien (7-6)	Lleva a cabo todas las tareas propuestas y logra con algunos tropiezos cumplir con los objetivos propuestos. Las etapas iniciales de búsqueda y planificación las conduce con éxito, aunque necesita ayuda docente para corregir ciertos aspectos que pueden conducir a fallas posteriores experimentales. Se desenvuelve bien en el laboratorio y maneja las técnicas adecuadamente, sin embargo, necesita supervisión y corrección de ciertos detalles. Sus informes escritos son correctos, aunque pueden mejorarse y su presentación oral deja ciertos tópicos incompletos o no descritos con la profundidad necesaria.
Regular (4-5)	Cumple con los objetivos de manera justa. No manifiesta ni teórica ni experimentalmente habilidades sobresalientes, sin embargo, logra planificar y llevar a cabo los experimentos con éxito. Para ello necesita ayuda e intervención docente en reiteradas oportunidades. La interpretación de datos espectroscópicos finaliza con éxito solo gracias a la colaboración docente directa y explícita. Sus producciones escritas y orales son correctas, sin embargo, en algunas ocasiones falla en conceptos teóricos básicos.
Insuficiente (desaprobado)	No cumple con los objetivos propuestos. Comete errores conceptuales teóricos que lo llevan a fallar en lo experimental. Sus habilidades técnicas experimentales no son suficientes como para poder cumplir adecuadamente con la síntesis orgánica de los productos propuestos. Sus informes y presentaciones orales presentan errores no admisibles para el nivel académico mínimo exigido.

5.4.4 Etapas propuestas para la implementación

La implementación de la propuesta de innovación se llevará a cabo en distintas etapas. Estas etapas se diseñan para lograr éxito en el cumplimiento de los objetivos, de manera general las clasificamos en tres: previa, de presentación y ajustes; desarrollo, primera experiencia; evaluación, discusión y correcciones.

Previa, de presentación y ajustes

En esta etapa vamos a presentar el proyecto a los docentes de la asignatura. Se tomará un tiempo de lectura y evaluación de los talleres y luego se organizará una jornada de discusión que incluya la elaboración de un informe de factibilidad. A partir de lo elaborado en la jornada de discusión se realizarán los ajustes pertinentes en el documento de trabajo y su cronograma de acción. Se llevarán a cabo todas las experiencias experimentales por parte de los docentes para probar las prácticas y chequear los resultados probables. Una vez finalizada esta prueba se dará difusión de los talleres al personal docente para organizar su implementación práctica en la cursada a iniciar.

Desarrollo, primera experiencia

Dado que la asignatura en estudio posee varias comisiones de cursada en simultáneo la primera experiencia de implementación se llevará a cabo en solamente una de ellas. Se la tomará como prueba piloto. El profesor responsable, junto al equipo docente completo, realizará un seguimiento detallado de lo implementado y elaborará un informe. Durante el desarrollo de los talleres se pondrá especial atención por parte de los docentes a todos los detalles e imprevistos que puedan surgir. De ser posible se designará un auxiliar docente para cumplir tareas de seguimiento y control de las prácticas experimentales.

Evaluación, discusión y correcciones

Por último, se realizará una evaluación integral de todo lo actuado con el objetivo de realizar correcciones a la propuesta original. Este proyecto se planea para ser introducido de manera definitiva, en todas las comisiones de trabajo, luego de la prueba piloto. La evaluación es un tema central en estos proyectos de innovación para que puedan cumplir con los objetivos para los cuales fueron diseñados y a lo

largo del tiempo ir perfeccionándose y cambiando, adaptándose a las particularidades académicas futuras. Más detalles sobre el plan de evaluación del proyecto se describen en la sección 5.5.

5.4.5 Organización y cronograma de actividades

Los dos talleres se programan para ser realizados uno en cada parte de la asignatura previo a las evaluaciones parciales. Para cumplir con los objetivos propuestos se requiere de una nueva organización de las actividades del programa. Esta nueva organización promueve y genera el trabajo bajo la modalidad de investigación guiada, una práctica experimental intensa individual y más espacio para la reflexión y el debate de lo realizado.

Presentación de todo el material didáctico

Todo el material didáctico referido a los talleres de trabajo experimental estará disponible desde el inicio de la cursada. Los alumnos serán informados de ello y se hará mención durante las clases de teoría y seminario a cuestiones experimentales. Los docentes van a promover la lectura y estudio del material a lo largo de la cursada.

Introducción a la práctica experimental

Antes de cada clase de los talleres se hará una breve clase con los conceptos claves a tratar en el día. Incluyendo desde relaciones teóricas hasta aspectos de seguridad e higiene específicos de la práctica a realizar. Estas introducciones serán de no más de quince minutos y se computan dentro de las cuatro horas totales por día de taller.

Búsqueda de información

Previo a la realización de cada taller se realizará una actividad de búsqueda de información sobre los tópicos específicos. Los alumnos deberán preparar una breve monografía que incluya, en la medida de lo posible, al menos dos alternativas de trabajo, en cada nivel operacional propio de las experiencias diseñadas. Por ejemplo, deben plantear alternativas sobre vías sintéticas, catalizadores, solventes, métodos de extracción etc.

Planificación de la práctica

De acuerdo con la información presentada en la monografía en conjunto con los docentes se planificará la tarea experimental. En la medida de lo posible se buscará que los alumnos puedan llevar a cabo alternativas, metodológicas o de reactivos.

Trabajo experimental

Los experimentos se realizarán en cuatro horas por jornada de a dos alumnos. Se destinarán un total de cinco jornadas para cada taller contabilizando un total de cuarenta horas de trabajos prácticos en total. Es importante mencionar que dentro de este tiempo se incluye lo expuesto en "Introducción al trabajo experimental" y "Análisis de los resultados".

Análisis de los resultados

La discusión y análisis de los resultados se llevará a cabo en cada jornada de trabajo experimental. Si bien durante el transcurso de esta los docentes y alumnos conversan y discuten sobre lo observado formalmente, se implementa al final de la clase un tiempo de análisis grupal. Se estima en media hora diaria.

Redacción de informe

Finalizado cada taller se debe elaborar un informe escrito detallado que incluye: breve reseña de lo realizado, observaciones experimentales, cálculos de rendimientos y selectividades, datos espectroscópicos y bibliografía. El informe se entrega y corrige formando parte de la evaluación.

5.4.5.1 Cronograma de actividades

Presentamos aquí una tabla con el cronograma de actividades para los alumnos, donde se describen las actividades que deben ir realizando durante el trayecto de la cursada. Estas actividades se desarrollan en un tiempo de práctica de veinte horas para cada taller. De esta manera se aumenta en diez horas el trabajo experimental de laboratorio.¹⁶

¹⁶ Este aumento de horas en las prácticas de laboratorio no implica la reducción de horas de teoría o seminario establecidas. Son horas que se suman a la cursada reacomodando el

Cronograma genérico:

Jornadas	Actividad	Tiempo (horas)
Previas	Lectura del material de trabajo y estudio de tutoriales.	3
	Búsqueda de información y reporte de lo encontrado.	3
1	Devolución del reporte de búsqueda y organización general.	0,5
	Charla introductoria sobre el trabajo experimental del día	0,5
	Trabajo experimental I	2,5
	Discusión de los resultados	0,5
2, 3 y 4	Charla introductoria sobre el trabajo experimental del día	0,25
	Trabajo experimental II, III y IV	3,5
	Discusión de los resultados	0,25
5	Charla introductoria sobre el trabajo experimental del día	0,25
	Trabajo experimental V	3
	Discusión de los resultados	0,75
Posteriores	Redacción de informe	6
	Devolución y muestra de informes	1

5.4.6 Recursos

La implementación práctica de los talleres tiene que ser estudiada y organizada previamente en cuanto a la disponibilidad de recursos humanos, materiales y financieros para poder llevarse a cabo. En este sentido la organización actual de la División Química Orgánica facilita esta tarea.

Se cuenta con un plantel de docentes, profesores, jefes de trabajos prácticos y ayudantes numeroso que se reparten las tareas docentes de una decena de asignaturas. Es así como pueden destinarse más o menos docentes a las asignaturas en función de la particularidad del cuatrimestre. Por ejemplo, se varían la cantidad de docentes por comisión de acuerdo con el número de alumnos inscriptos, la modalidad de trabajo más o menos teórica o experimental, etc. Es así como se puede

cronograma general de la asignatura, en particular con las fechas de inicio y finalización del curso y los tiempos destinados a las cinco evaluaciones parciales.

contar con algún docente extra a lo planificado habitualmente de modo de poder tener un seguimiento en profundidad de la innovación. En las prácticas de laboratorio se cuenta también con la inestimable ayuda del personal nodocente técnico. Realiza tareas de preparación del material y, luego del trabajo práctico acondiciona el laboratorio. Tiene un manejo del laboratorio que incluye cuestiones seguridad e higiene, mantenimiento de los equipos y manejo de reactivos y solventes.

Por otro lado, en cuanto a los recursos financieros la organización es similar; se cuenta con un presupuesto global para todas las actividades que se va repartiendo de acuerdo con las necesidades particulares. En este sentido se solicitará un refuerzo económico especial para la compra inicial de los reactivos y materiales que no se encuentren en stock.

En cuanto a los recursos materiales el actual laboratorio de química orgánica cuenta con el material de vidrio y equipamiento necesario para llevar a cabo la propuesta. En particular, si es probable que requiera una reorganización de la disponibilidad de este, al ser utilizado intensivamente durante ciertas semanas y en trabajos de a dos alumnos. Por otro lado, el equipamiento para análisis espectroscópico de las muestras sintetizadas o aisladas no está disponible en el laboratorio, sin embargo, se cuenta con convenios con otras instituciones para el uso de equipamiento y se accede habitualmente a él. La logística de uso y entrega de resultados debe adaptarse a la secuencia didáctica diseñada.

5.4.7 Resultados esperados

Mediante la implementación de este proyecto se pretende cumplir con los objetivos propuestos de trabajo. Esperamos generar un espacio de práctica experimental que logre articular eficientemente aspectos teóricos y prácticos. En particular podemos listar una serie de premisas que esperamos puedan lograrse y convertirse en una mejora notoria en la enseñanza de la química orgánica para los alumnos de las carreras de Bioquímica, Farmacia, Biotecnología y Alimentos. Pretendemos y esperamos lograr:

- Trabajo experimental con una didáctica basada en la investigación
- Prácticas experimentales completas de acuerdo con su diseño original.
- Trabajo individual experimental intenso.

- Espacios de reflexión y discusión sobre la observación experimental y sus relaciones teóricas.
- Prácticas formativas y vinculadas con el quehacer profesional.
- Experiencias que se relacionan con temáticas de interés, incluyendo tópicos de otras disciplinas.
- Un sistema de evaluación que permita adentrarse en el desarrollo de las capacidades del alumno en cuanto a lo experimental.

A través del cumplimiento de estas metas de trabajo se espera que los alumnos tengan mayor motivación para el trabajo experimental y logren ir visualizando sus futuras tareas profesionales. En su conjunto todas las actividades planificadas intentan mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje.

5.5 Evaluación de la propuesta de innovación

Como en todo proyecto de innovación se planea incluir de manera explícita un proceso de evaluación con el objetivo de ir perfeccionándolo con el transcurso del tiempo. La evaluación se plantea con diferentes aportes: de los docentes, los alumnos e institucionales. En los siguientes apartados los describimos con detalle.

5.5.1 Aportes docentes

El cuerpo docente revisará el material preparado al inicio del cuatrimestre. Se planean incorporar al menos dos reuniones de discusión por cuatrimestre. En estas reuniones se tratarán los temas abordados en este trabajo de innovación. A continuación, presentamos una serie de preguntas que pueden servir como ordenadores del debate.

¿Cómo los docentes han recibido la propuesta? ¿Qué críticas constructivas y aportes pueden realizar? ¿Se sienten incluidos en el debate? ¿Se consideran partícipes de la innovación planteada? ¿Creen estar capacitados para poder llevar a cabo los cambios propuestos? ¿Se necesitan instancias de debate y capacitación de los docentes auxiliares para poder llevar a cabo la propuesta satisfactoriamente?

¿Qué cuestiones concretas facilitan o entorpecen el desarrollo de la propuesta de innovación? ¿Se contó con los recursos materiales, económicos y humanos para

poder llevar a cabo con éxito los cambios propuestos? ¿Se ha implementado en su totalidad, de acuerdo con lo originalmente planeado, desde lo formal, teórico, hasta lo práctico?

Se prevé que los docentes de la asignatura realicen una evaluación del producto, es decir de los logros alcanzados por la innovación propuesta. En una discusión y elaboración de un informe escrito se responderá a las siguientes preguntas:

¿Se han alcanzado los objetivos propuestos tras la implementación del proyecto de innovación? ¿Se pueden describir los cambios observados? ¿Cómo calificarían el grado de éxito alcanzado? ¿Puede la propuesta de innovación dar inicio al debate sobre otros proyectos de mejora académica? ¿Podrían describirse, problematizarse otras cuestiones trascendentes para la práctica docente relacionadas con este proyecto?

5.5.2 Aportes de los alumnos

Finalizada la implementación de la propuesta de innovación inserta en el nuevo programa se evaluará desde la perspectiva de los alumnos el cambio realizado. Para ello se realizará una encuesta al respecto que abordará los siguientes temas:

¿Cómo fue la recepción de los alumnos del nuevo material? ¿Qué observaciones desde lo formal, teórico y práctico pueden realizar? ¿Cuál es la percepción de los alumnos sobre los aspectos organizacionales de los trabajos prácticos de laboratorio y en general del curso? ¿Y sobre las prácticas docentes llevadas a cabo? ¿Cómo considera el tiempo empleado y el trabajo hecho en torno a lo teórico, lo experimental y de discusión de resultados? ¿Consideran las evaluaciones, en sus aspectos metodológicos y organizacionales, adecuadas?

5.5.3 Aportes institucionales

La propuesta será evaluada por el Espacio Pedagógico de la Facultad, previa a su implementación. Se solicitará un análisis crítico de la propuesta y se planea organizar reuniones de debate y mejora de la propuesta. Una vez discutida y consensuada la propuesta se procederá a su implementación práctica.

Es importante destacar que, además, contará con la evaluación institucional del Departamento de Química y la Secretaría Académica y todas las comisiones e

instancias formalmente involucradas propias de un proceso de cambio de programa de asignatura. Todas las observaciones realizadas desde lo institucional serán tenidas en cuenta y se llevarán a cabo los cambios necesarios.

6 Reflexiones finales

La actividad docente es un trabajo que implica un constante estudio y reflexión. Los ámbitos de debate docente son necesarios. En este trabajo se presenta un diagnóstico sobre las prácticas experimentales de los alumnos de la asignatura Química Orgánica II. En ese diagnóstico se busca la voz de todos los actores, docentes, no docentes y alumnos. Mediante encuestas, entrevistas y recuperando ideas provenientes de la propia experiencia logramos presentar un escrito con un estado de situación actual preciso. A partir de él elaboramos una serie de tópicos problemáticos. Los describimos con detalle y analizamos. Con el diagnóstico realizado y el análisis de datos y elaboración de la descripción de los problemas detectados nos planteamos objetivos de trabajo con el fin de desarrollar una innovación pedagógica. Esta intervención busca dar respuesta a una serie de problemáticas en las prácticas experimentales. La elaboración de un "Taller de Práctica Experimental" intenta ser un aporte a la cátedra y, en general a la comunidad docente, para lograr mejoras sustantivas y plausibles de ser implementadas.

Se trabajó desde distintas perspectivas para el diseño del taller. Desde una técnica propia de las metodologías experimentales en química orgánica hasta propuestas de trabajo docente para cada etapa de trabajo de laboratorio. Es así como elaboramos un documento completo que incluye:

- Descripción teórica de formas de trabajo en el laboratorio de química orgánica, como lo es la *investigación guiada*.
- Análisis detallado de los tópicos centrales que se ponen de manifiesto durante la práctica experimental.
- Descripción técnica de todas las metodologías involucradas en el desarrollo experimental.
- Temas de trabajo docente, con preguntas que llevan a reflexiones críticas de los temas teóricos y prácticos de la química orgánica de biomoléculas.
- Diseño de una evaluación mediante rúbricas para realizarse durante el transcurso del taller.
- Detalle de las etapas para lograr una implementación exitosa del proyecto de innovación.
- Organización y cronograma de actividades completo que incluye todo lo que deben realizar los alumnos de la asignatura.

- Evaluación de la propuesta de innovación por parte de los docentes, alumnos y otros miembros de la institución.

Durante la elaboración del trabajo final fueron surgiendo temas de trabajo futuro. Temáticas de mucho interés que deben estudiarse y pueden generar nuevos trabajos de innovación o investigación referidos a las prácticas experimentales en química orgánica. Algunos de ellos los describimos a continuación en formato de preguntas.

- ¿Qué conceptos relacionados a la motivación académica se pueden relacionar con la práctica experimental? ¿Cómo se pueden pensar y diseñar los trabajos de laboratorio en función de los distintos componentes de la motivación académica?
- ¿Cómo es el financiamiento de la actividad educativa experimental? ¿Cuáles son las fuentes de financiamiento directas e indirectas? ¿Cómo se usan estos recursos en un contexto económico complejo? ¿Cómo se puede optimizar la disponibilidad de recursos materiales?
- ¿Cómo se desarrolla en la actualidad la evaluación de la práctica experimental? ¿Qué modalidades de evaluación alternativas se pueden aplicar a un trabajo experimental de laboratorio? ¿Cómo se pueden implementar a las distintas asignaturas del área?
- ¿Qué formación docente relacionada directamente con lo experimental poseen los profesores del área? ¿Qué oferta académica existe al respecto? ¿Qué consideraciones particulares debería tener un curso para docentes específico de química orgánica experimental?
- ¿Cuáles son las relaciones entre la institución y los docentes referidas a las instancias de innovación? ¿Cómo se promueven institucionalmente cambios y mejoras en las prácticas en el laboratorio? ¿Qué incentivos y motivaciones poseen los docentes para mejorar sus tareas?
- ¿Cuál es la relevancia motivacional y didáctica de la implementación de prácticas con vinculación directa del quehacer profesional? ¿Se puede adaptar el concepto de práctica preprofesional a las unidades didácticas de una asignatura del tramo medio de la carrera?

De esta manera el trabajo aporta una innovación concreta, disparador de reflexiones y discusiones. El quehacer docente necesita interpelarse periódicamente para generar innovaciones y mejorar los procesos de enseñanza y

aprendizaje. Las prácticas propuestas aquí presentan desafíos para todos los actores involucrados, docentes, alumnos y no docentes. Creemos que abrir estas discusiones e implementar nuevas prácticas es un camino positivo de mejora. Si bien cambia el esquema actual y, esto lleva a ciertas resistencias naturales, es una propuesta diseñada de forma completa y de fácil implementación.

7 Bibliografía

7.1 Citas

Barco de Surghi, S. (1992): *Los programas: presencias ausentes*. La Habana. Cuba: Mimeo.

Barraza Macías A. (2013). *¿Cómo elaborar proyectos de innovación educativa?* Durango, México: Universidad Pedagógica de Durango.

Bartnik, M., y Facey, P. C. (2017). *Glycosides*. In *Pharmacognosy* (pp. 101-161). Academic Press.

Blanco, A. "Las rúbricas: un instrumento útil para la evaluación de competencias" En L. Prieto (coord.). *La enseñanza universitaria centrada en el aprendizaje*. Barcelona. Octaedro, 2007.

Bodsgard, B. R., Lien, N. R., y Waulters, Q. T. (2016). *Liquid CO2 extraction and NMR characterization of anethole from fennel seed: A general chemistry laboratory*. *Journal of Chemical Education*, 93(2), 397-400.

Boltje, T. J., Liu, L., y Boons, G. J. (2016). *Controlling anomeric selectivity, reactivity, and regioselectivity in glycosylations using protecting groups*. *Glycochemical Synthesis: Strategies and Applications*, 97.

Brito-Arias, M. (2022). *Glycosides, Synthesis and Characterization*. In *Synthesis and Characterization of Glycosides* (pp. 1-100). Springer, Cham.

Claramunt Vallespí, R. M., Farrán Morales, M. A., Lopez García, C., Pérez Torralba, y M., Santa María Gutierrez, D. (2013). *Química bioorgánica y productos naturales*. Madrid: Editorial UNED.

Del Valle, J. M. (2015). *Extraction of natural compounds using supercritical CO2: Going from the laboratory to the industrial application*. *The Journal of Supercritical Fluids*, 96, 180-199.

Díaz Barriga, Á. (1999). *Docente y Programa. Lo institucional y lo didáctico*. Buenos Aires, Argentina: Aique.

- Edelstein, G. (2014). *Una interpelación necesaria: enseñanza y condiciones del trabajo docente en la universidad*. Política Universitaria año 1 nro 1.
- Feldman, D. (2012). *Una mirada sobre las relaciones entre didáctica y enseñanza*. Diálogos Pedagógicos, 10(20), 183-198.
- Furniss, B. S. (1989). *Vogel's textbook of practical organic chemistry*. Pearson Education.
- Gvirtz, S. y Palamidessi, M. (1998). *El ABC de la Tarea Docente: Currículum y Enseñanza*. Buenos Aires, Argentina: Grupo Editor Aique.
- Heller, A. (1987). *Sociología de la vida cotidiana*. Barcelona, España: Península.
- Horst Kunz (2002). *Emil Fischer – Unequaled Classicist, Master of Organic Chemistry Research, and Inspired Trailblazer of Biological Chemistry*. Angewandte Chemie International Edition. 41 (23): 4439-4451.
- Koviach-Côté, J., y Pirinelli, A. L. (2018). *Incorporating Carbohydrates into Laboratory Curricula*. Chemical reviews, 118(17), 7986-8004.
- Lafuente, L. (2020). *Nuevo Programa como innovación curricular para mejorar la enseñanza de las prácticas experimentales en Química Orgánica Avanzada*. TFI, Especialización en Docencia Universitaria. UNLP
- Lamberti, Y. (2019). *Diseño de una propuesta pedagógica innovadora en el espacio de la formación práctica de las materias del Área Biotecnología de la carrera de Licenciatura en Biotecnología y Biología Molecular*. TFI, Especialización en Docencia Universitaria. UNLP. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/76416>
- Laurella, S. L. (2017). *Resonancia magnética nuclear: Una herramienta para la elucidación de estructuras moleculares*. La Plata, Argentina: Edulp. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/62803>
- Lee, Y. S., Rho, E. S., Min, Y. K., Kim, B. T., y Kim, K. H. (2001). *Practical β -stereoselective O-glycosylation of phenols with penta-O-acetyl- β -D-glucopyranose*. Journal of carbohydrate chemistry, 20(6), 503-506.
- Litwin, E. (2008). El oficio del docente y la evaluación, en: El oficio de Enseñar. Condiciones y contextos. Buenos Aires, Argentina: Paidós.

López García, J. "Matriz de Valoración" [EDUTEKA, Portal Educativo] Recuperado de <http://www.eduteka.org/MatrizValoracion.php3>. 2007.

Lucarelli, E. (2003). *Las prácticas innovadoras universitarias en el mejoramiento de la calidad de la educación*. III Coloquio Internacional sobre Gestión Universitaria en América del Sur. Buenos Aires, Argentina.

McKenzie, L. C., Thompson, J. E., Sullivan, R., & Hutchison, J. E. (2004). *Green chemical processing in the teaching laboratory: a convenient liquid CO₂ extraction of natural products*. *Green chemistry*, 6(8), 355-358.

Morales Vallejo, P. (2008). Nuevos roles de profesores y alumnos, nuevas formas de enseñar y de aprender. En Prieto Navarro, L. (coord.). *La enseñanza centrada en el aprendizaje: estrategias útiles para el profesorado*. Barcelona, España: Octaedro.

Mohrig, J. R. (2004) *The problema with organic chemistry labs*. *Journal of Chemical Education*, 81, 1083–1084.

Mohrig, J. R.; Hammond, C. N.; Schatz, P. F.; Morrill, T. C. (2003) *Modern Projects and Experiments in Organic Chemistry, 2nd ed.*; New York, US: W. H. Freeman.

Parfitt, K. (1999). *Martindale—the complete drug reference*. London: Pharmaceutical Press, p 1579

Prieto, C. I. (2019). *Propuesta innovadora de articulación e integración de las experiencias de formación práctica en la asignatura Biotecnología II*. TFI, Especialización en Docencia Universitaria. UNLP. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/108466>

Raghavan, S. (2006). *Handbook of Spices, Seasonings, and Flavorings*. CRC Press

Ramírez, S. M., y Mancini, V. A. (2017). *Reflexiones acerca de algunas consideraciones para el diseño de propuestas didácticas en ciencias exactas y naturales en el nivel universitario*. *Trayectorias Universitarias*, 3 (5), 11-20.

Ren, B., Wang, M., Liu, J., Ge, J., Zhang, X., y Dong, H. (2015). *Zemplén transesterification: a name reaction that has misled us for 90 years*. *Green Chemistry*, 17(3), 1390-1394.

Ringuelet, J. A., y Viña, S. Z. (2013). *Productos naturales vegetales*. La Plata, Argentina: Edulp. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/27885>

Sampaolesi, S. (2019). *Los trabajos prácticos y la integralidad en la enseñanza de la Química: propuesta de innovación educativa en el marco del Curso con Estrategias Alternativas para la Enseñanza de la Química (CEAEQ)*. TFI, Especialización en Docencia Universitaria. UNLP. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/112386>

Schatz, P. F. (2001). *An Improved Preparation of α [alpha]-d-(+)-Glucopyranose Pentaacetate*. *Journal of Chemical Education*, 78(10), 1378.

Serrano, M. D. C. D., y Ruvalcaba, R. M. (2013). *Química verde: Un tema de presente y futuro para la educación de la química*. *Educación química*, 24, 94-95.

Sheldon, R. A. (2018). *Metrics of green chemistry and sustainability: past, present, and future*. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 6(1), 32-48.

Vetere, V. (2018). *Taller de potabilidad de aguas subterráneas*. Proyecto de Extensión de la Facultad de Ciencias Exactas. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/91476>

Wuts, P. G., y Greene, T. W. (2006). *Greene's protective groups in organic synthesis*. John Wiley & Sons.

Zañartu, L. M. (2003). *Aprendizaje colaborativo: una nueva forma de diálogo interpersonal y en red*. *Revista Digital de Educación y Nuevas Tecnologías*. Contexto Educativo. Nueva Alejandría.

7.2 Lecturas complementarias

Adúriz-Bravo, A. y Galagovsky L.R. (2001). *Modelos científicos y modelos didácticos en la enseñanza de las ciencias naturales*. *Enseñanza de las ciencias*, 19 (2), 231-242.

Angulo Rasco, F. (1994). Innovación, Cambio y Reforma: Algunas ideas para analizar lo que está ocurriendo. En: Angulo Rasco, J. y Blanco, N. (Coords.) *Teoría y Desarrollo del Currículum*. (pp. 357-367). Málaga: Aljibe

Massarini, A. y Schnek, A. (2015). *Ciencia entre todxs. Tecnociencia en contexto social. Una propuesta de enseñanza*. Buenos Aires, Argentina: Paidós.

8 Índice total

1	Resumen	3
2	Contextualización y justificación de la relevancia de la innovación que se propone	4
2.1	Introducción	4
2.2	Descripción curricular	5
2.3	Problemáticas detectadas	6
2.4	Encuesta a los alumnos y docentes	7
2.5	Antecedentes de innovación relacionados	9
2.5.1	Extensión y docencia	9
2.5.2	Investigación y docencia.....	10
2.5.3	Prácticas de laboratorio	10
3	Objetivos del TFI.....	11
3.1	Objetivo general.....	11
3.2	Objetivos específicos.....	11
4	Perspectivas teóricas.....	12
4.1	La innovación pedagógica	12
4.2	Didáctica de las ciencias y métodos de enseñanza basados en experimentación	14
4.3	Diseño de nuevo programa de la asignatura	16
5	Descripción general de la propuesta de innovación educativa.....	18
5.1	Planificación de la tarea.....	18
5.2	Conceptos teóricos sobre prácticas experimentales.....	19
5.2.1	Tres metodologías para las prácticas experimentales.....	20
5.3	Diagnóstico inicial.....	21
5.3.1	Encuestas y entrevistas	21
5.3.2	Trabajos prácticos actuales.....	22
5.3.3	Organización actual	23
5.3.4	Problemas particulares	23
5.4	Taller de trabajo experimental	25
5.4.1	Generalidades.....	26
5.4.2	Tópicos centrales de los talleres	28
5.4.2.1	Taller de síntesis.....	28
5.4.2.2	Taller de extracción.....	32
5.4.2.3	Temas de trabajo docente	35
5.4.2.4	Temas de trabajo docente	39
5.4.3	Evaluación de la práctica experimental.....	41
5.4.3.1	Rúbrica analítica con calificación	43
5.4.3.2	Rúbrica holística final.....	44
5.4.4	Etapas propuestas para la implementación.....	45
5.4.5	Organización y cronograma de actividades	46
5.4.5.1	Cronograma de actividades.....	47
5.4.6	Recursos	48
5.4.7	Resultados esperados	49

5.5	Evaluación de la propuesta de innovación	50
5.5.1	Aportes docentes	50
5.5.2	Aportes de los alumnos.....	51
5.5.3	Aportes institucionales	51
6	Reflexiones finales	53
7	Bibliografía	56
7.1	Citas	56
7.2	Lecturas complementarias.....	59
8	Índice total	60
9	Anexos.....	62
9.1	Asignaturas de la División	62
9.1.1	Encuesta a los docentes	62
9.1.1.1	Motivación y expectativas	63
9.1.1.2	El trabajo en el laboratorio	64
9.1.1.3	Desempeño y prácticas docentes	70
9.1.2	Encuesta a los alumnos	73
9.1.2.1	Motivación estudiantil	73
9.1.2.2	La práctica experimental.....	75
9.2	Entrevista a los no docentes	81
9.3	Comentarios de la encuesta a los docentes	82
9.4	Comentarios de la encuesta a los alumnos	84
9.5	Programa vigente de Química Orgánica II	85
9.6	Descripción detallada del “Taller de Síntesis”	93
9.6.1	Introducción	93
9.6.2	Esquema general de reacciones	94
9.6.3	Condiciones de reacción y sus implicancias	95
9.7	Descripción detallada del “Taller de Aislamiento”	100
9.7.1	Introducción	100
9.7.2	Estructuras de productos naturales	101
9.7.3	Técnicas de aislamiento	102
9.8	Bibliografía específica del apartado 5.....	105

9 Anexos

9.1 Asignaturas de la División

Área química orgánica básica

Química II (Física Médica)

Química Orgánica I (CiBEx)

Química Orgánica I (Óptica)

Química Orgánica I (Ingeniería Química)

Química Orgánica I (ingeniería en Materiales)

Química Orgánica II (Biotecnología, Farmacia, Bioquímica, Alimentos)

Química Orgánica II (Ambiental)

Química Orgánica II (Química)

Química Orgánica II (Óptica)

Química Orgánica II (Ingeniería Química)

Química Orgánica III (Química)

Determinación de Estructuras por Métodos Espectroscópicos

Área química orgánica superior

Trabajos Experimentales en Química Orgánica I

Trabajos Experimentales en Química Orgánica II

Trabajos Experimentales en Química Orgánica III

Análisis Orgánico

Mecanismos de reacción en Química Orgánica

Síntesis Orgánica I

Síntesis Orgánica II

Química Orgánica de Productos Naturales

9.1.1 Encuesta a los docentes

La organización docente de la División Química Orgánica, a la cual pertenece la asignatura en estudio, tiene como particularidad una distribución docente que se renueva periódicamente. Los cargos docentes se concursan por áreas, denominadas: área química orgánica básica y área química orgánica superior; dentro de cada área

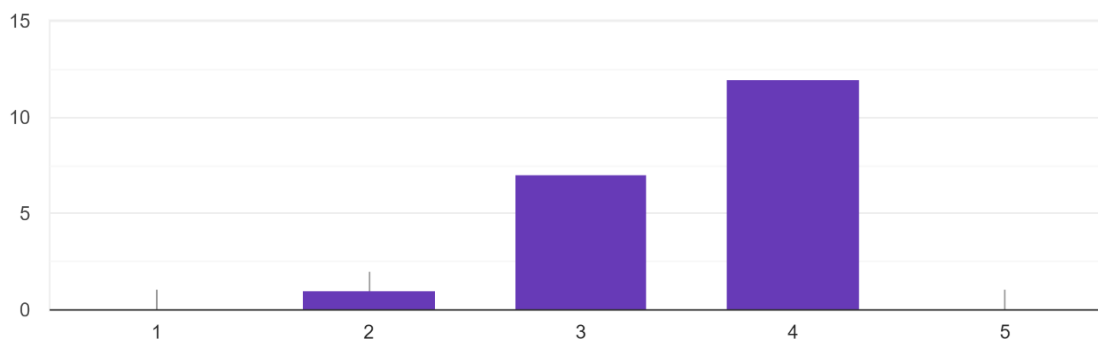
hay una decena de asignaturas.¹⁷ Por tanto los docentes dictan clases en grupos de materias. Debido a esta rotación se encuestaron 20 auxiliares docentes, tanto ayudantes como jefes de trabajos prácticos, que han participado en el último tiempo de los trabajos prácticos de laboratorio. En la sección anexos transcribimos de manera completa la encuesta y a continuación exponemos los principales resultados obtenidos.¹⁸

9.1.1.1 Motivación y expectativas

En primer lugar, evaluamos la visión docente sobre la motivación y las expectativas de los alumnos para realizar experiencias de trabajos prácticos de laboratorio. En ese sentido la mayoría considera que los alumnos están motivados y entusiastas por trabajar en el laboratorio al inicio de la cursada.

¿Cómo evalúa la motivación de los estudiantes al inicio de la cursada respecto a realizar prácticas de laboratorio?

20 respuestas



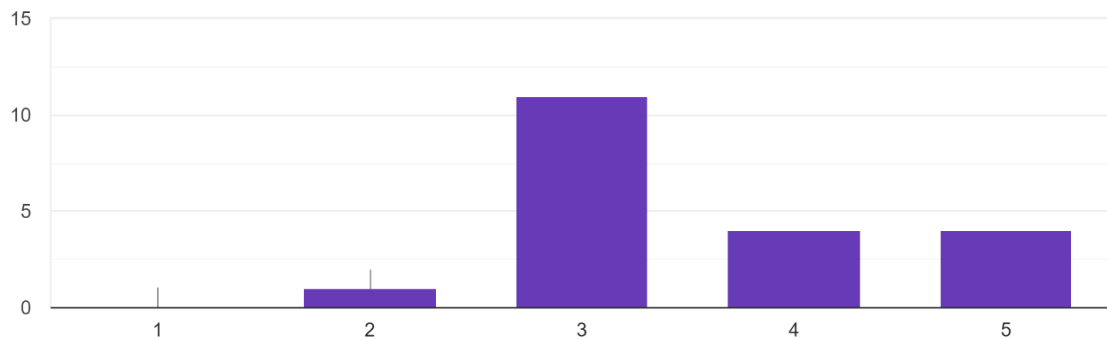
Al indagar sobre el entusiasmo del alumnado durante el desarrollo de la cursada y sus prácticas experimentales los resultados fueron notoriamente diferentes a los expuestos precedentemente.

¹⁷ Ver el anexo Asignaturas de la División

¹⁸ La escala utilizada es de 1 a 5 siendo 5 la respuesta de mayor relevancia positiva.

¿Cómo calificaría la motivación estudiantil durante las prácticas de laboratorio?

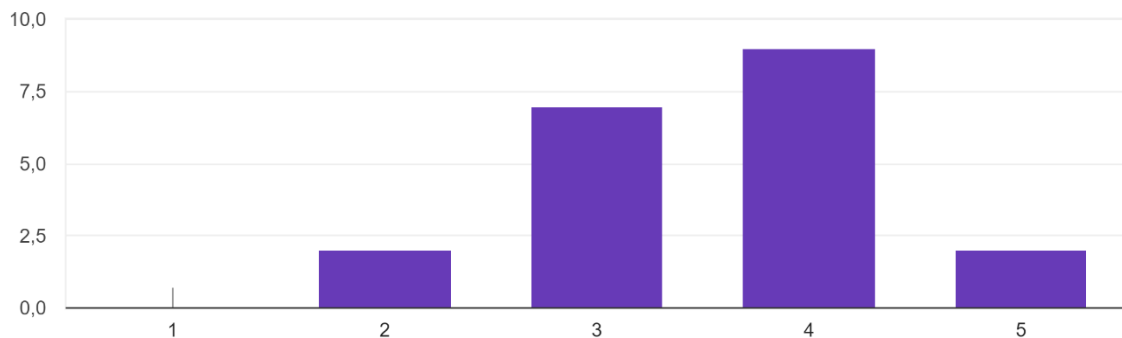
20 respuestas



Es así como existe una leve baja, en la percepción docente, respecto al entusiasmo por lo experimental al conocer y realizar las prácticas propuestas. Al indagar explícitamente sobre este tema obtuvimos las siguientes respuestas.

¿Considera que los TP realizados cumplen con las expectativas iniciales de los estudiantes?

20 respuestas



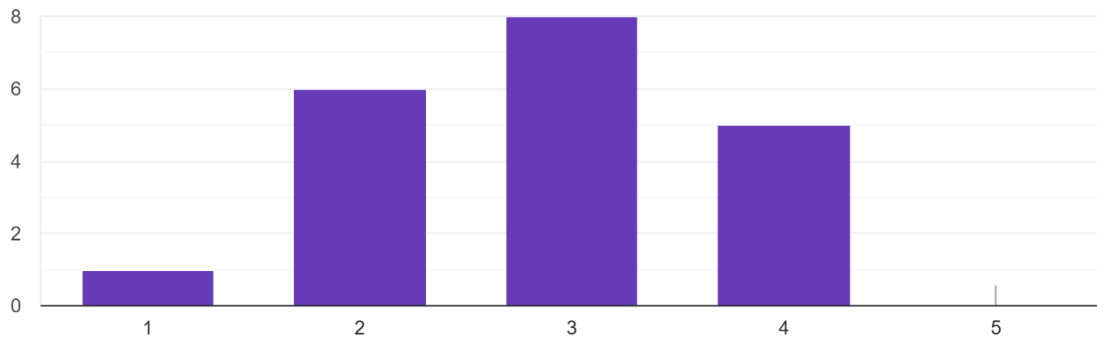
Los resultados en lo general resultan positivos, sin embargo, el 35% da como respuesta una valoración media (3) y el 10% una baja (2).

9.1.1.2 El trabajo en el laboratorio

En primer lugar, se preguntó por la modernidad y pertinencia de la propuesta educativa referida a las experiencias de laboratorio.

¿Cree que las prácticas realizadas son modernas y acordes a una educación de calidad?

20 respuestas

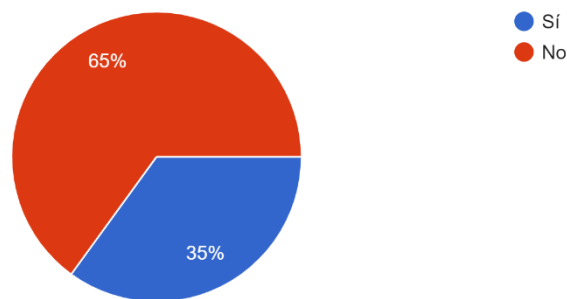


Como se puede observar el 75%, valoraciones de 1 a 3, responde con cierta crítica a lo realizado, mientras que ninguno de los veinte docentes encuestados considera las prácticas con la máxima valoración. Este dato es relevante y justifica las acciones propuestas de innovación en las prácticas docentes presentadas en este trabajo.

Otra cuestión crítica analizada es la cantidad de alumnos por comisión presentes en el laboratorio, y en particular cuántos alumnos conforman los grupos para trabajar sobre un experimento determinado.¹⁹

¿Considera que el número de alumnos por grupo de trabajo es adecuado?

20 respuestas

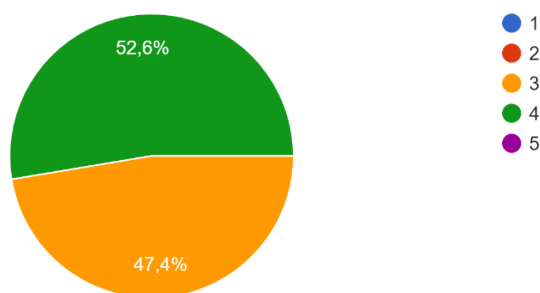


¹⁹ Los grupos de trabajo consisten en alumnos que, juntos, realizan una única experiencia de laboratorio, de acuerdo con las prácticas realizadas, la mayoría de las operaciones son llevadas a cabo por un estudiante o eventualmente con la colaboración de un asistente. Es decir, a mayor número de integrantes menor participación en las actividades propuestas.

Se observa que la mayoría de los docentes considera que este número es excesivo, indicando una dificultad central en el desarrollo de la práctica experimental que abordaremos con más detalle en la presente propuesta. Es importante considerar que usualmente esta cantidad oscila entre 5 y 6 alumnos por grupos. Al preguntar sobre la condición óptima de trabajo obtuvimos la siguiente respuesta.

¿En cuanto estima este número como un máximo como "aceptable"?

19 respuestas

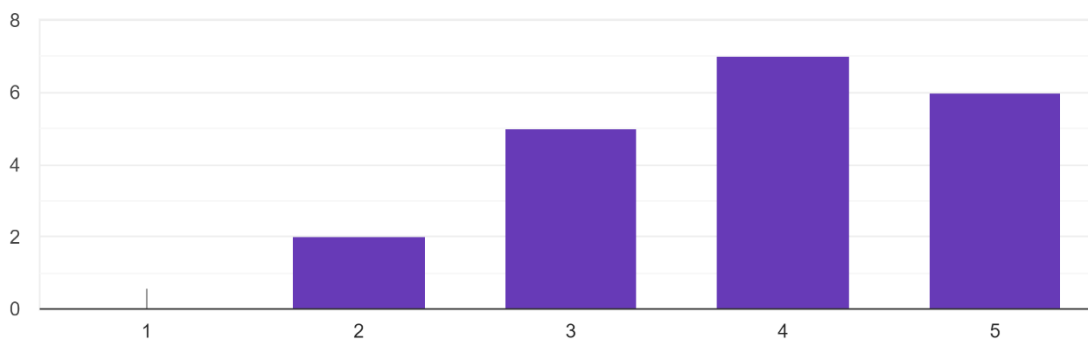


La mayoría de las respuestas obtenidas implican un número menor al usual. Siendo esta una problemática incluida en la propuesta de innovación realizada.

La química orgánica tiene, como disciplina, un carácter experimental muy importante. En todas las asignaturas de grado y en las actividades de posgrado se realizan actividades experimentales, la dedicación horaria suele ser alta para estas prácticas. En este sentido indagamos sobre la carga horaria estipulada para desarrollar experiencias de laboratorio en la asignatura en estudio.

¿Cómo considera el tiempo dedicado a las prácticas de laboratorio?

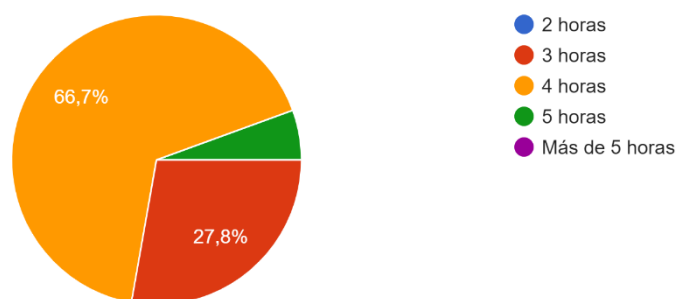
20 respuestas



La valoración es positiva en la mayoría de los casos, decidimos profundizar en este aspecto y en particular preguntamos por la extensión horaria de una jornada de trabajo.

¿Según su experiencia que tiempo óptimo le dedicaría a una jornada de TP?

18 respuestas

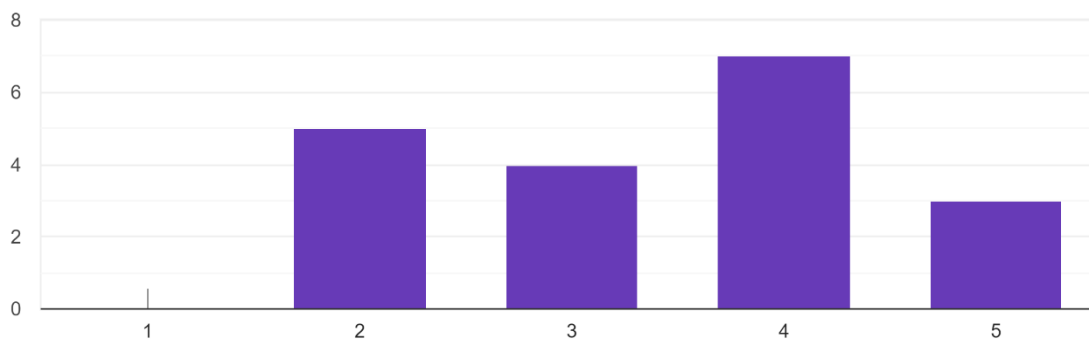


Considerando que el tiempo dedicado en la actualidad es de tres horas; la mayor parte de los docentes encuestados consideran como óptimo aumentar, en al menos una hora de duración las prácticas.

En cuanto a la disponibilidad de recursos materiales realizamos preguntas sobre la disponibilidad de bibliografía, insumos de laboratorio, reactivos y equipamiento. Las respuestas se transcriben a continuación.

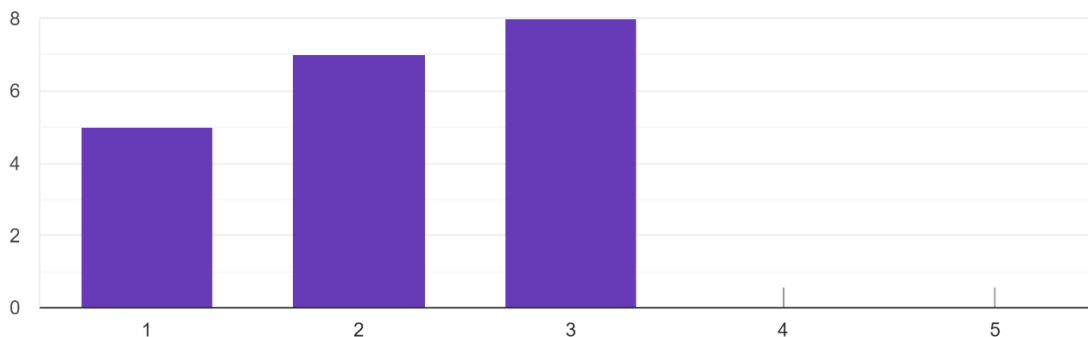
¿Cómo evalúa el material bibliográfico disponible para los estudiantes en la cátedra en relación con las prácticas de laboratorio, sus fundamentos, materiales y técnicas?

19 respuestas



¿Cree que faltan insumos o equipamiento para poder llevar a cabo la práctica de forma completa?

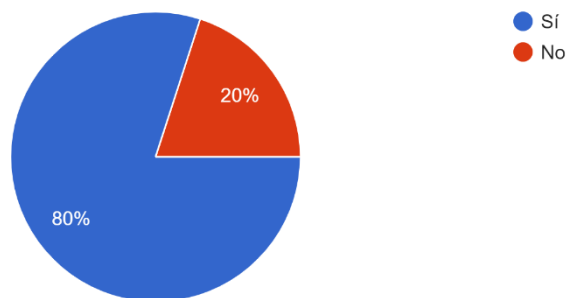
20 respuestas



Como se puede observar la gran mayoría consideró estos aspectos como deficitarios, si bien la discusión sobre la complejidad de acceso a un mayor presupuesto, que implica directamente mayores recursos, no es objeto de estudio de este trabajo, es un aspecto considerado en la elaboración de la propuesta de innovación. Uno de los aspectos preocupantes relacionados a esta escasez es que puede alterar la propuesta didáctica, preguntamos al respecto.

¿Alguna vez canceló o simplificó una etapa o procedimiento por falta de materiales o reactivos?

20 respuestas

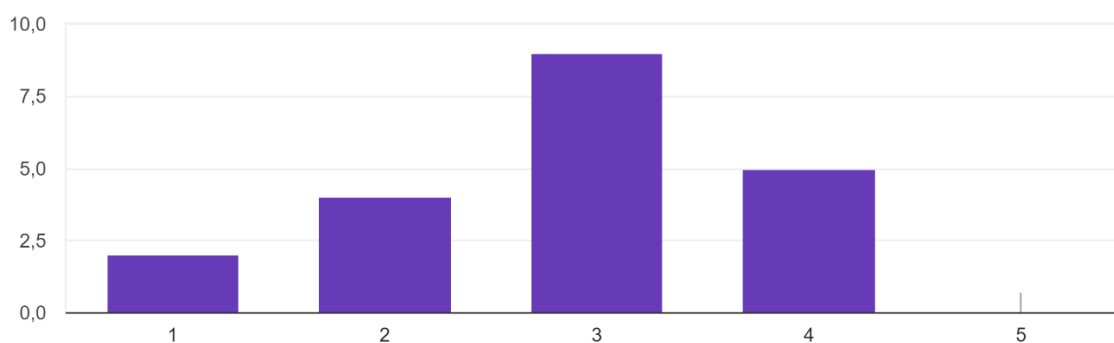


Este resultado muestra cierta falencia en el diseño de la práctica ya que si la respuesta generalizada es que no se llevan a cabo las experiencias de laboratorio de manera completa y adecuada de acuerdo con su objetivo didáctico se manifiesta como primordial una reformulación que implique un uso adecuado de los recursos disponibles.

En el último tiempo los distintos aspectos relacionados con la seguridad e higiene en el trabajo experimental de química se han vuelto centrales. No solo en el ejercicio de las prácticas sino también como contenido formativo. En cada práctica de laboratorio se han incorporado materiales, literatura, sobre manipulación y almacenamiento de sustancias, procedimientos seguros, cuidados ambientales, etc. Relacionado con estas cuestiones indagamos a los docentes su parecer.

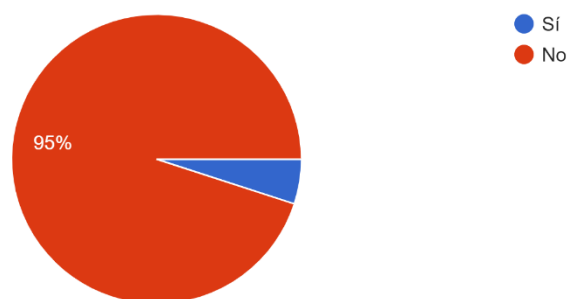
¿Cómo calificaría los aspectos de seguridad e higiene implementados durante las prácticas de laboratorio?

20 respuestas



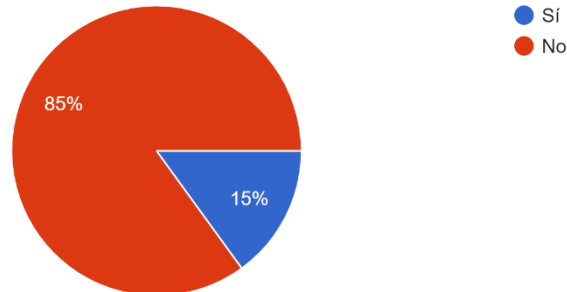
¿En algún momento de su carrera estuvo involucrado directamente en un accidente durante un TP de laboratorio?

20 respuestas



¿En algún momento de su carrera un estudiante de su grupo o comisión tuvo un accidente durante un TP de laboratorio?

20 respuestas



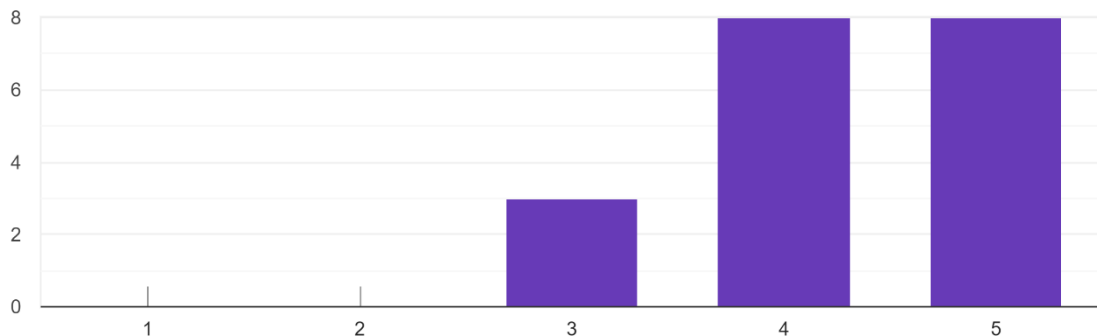
Los resultados obtenidos muestran que aún falta trabajo por hacer en estos temas. Hay cuestiones que son difíciles de modificar ya que implican cambios de infraestructura mayores, o la incorporación de equipamiento complejo, fuera del alcance de una propuesta de innovación como la presentada en este trabajo. Sin embargo, hay una serie de prácticas accesibles que pueden ser incorporadas.

9.1.1.3 Desempeño y prácticas docentes

En primer lugar, quisimos saber la autopercepción del claustro sobre su desempeño en general.

¿Cómo considera el desempeño docente durante la práctica experimental de TP en general?

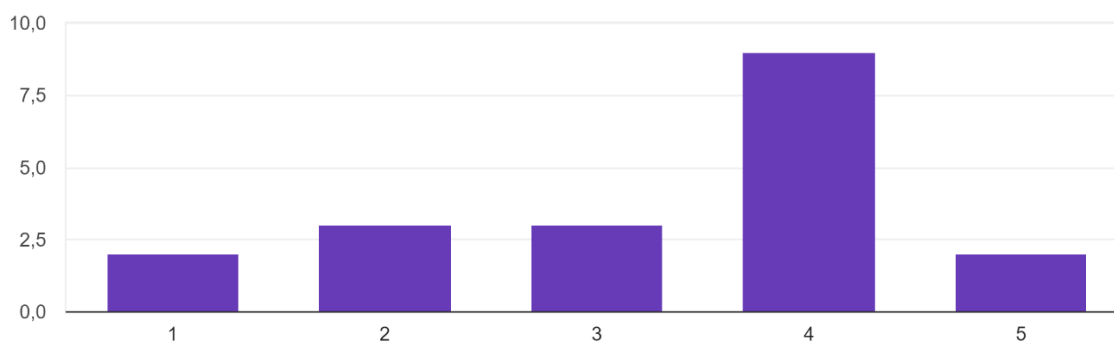
19 respuestas



Como puede apreciarse se lo considera, auto percibe, como muy positivo. Por las temáticas tratadas en este trabajo preguntamos, en particular, sobre el trabajo docente relacionado a la organización y diseño de los trabajos prácticos de laboratorio.

¿Cómo considera el desempeño docente en cuanto a la organización y diseño de los TP de laboratorio?

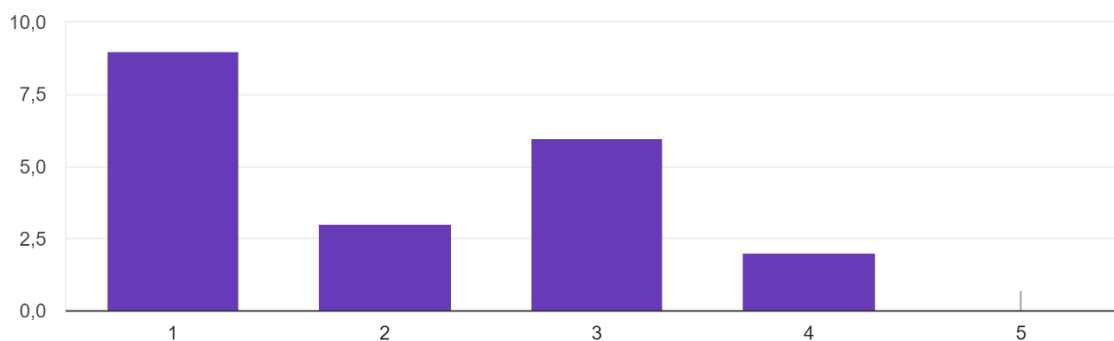
19 respuestas



En este caso la valoración no es tan positiva como en el descrito anteriormente. Frente a estas respuestas nos interesa saber si existe una participación de los auxiliares docentes en este tipo de tareas.

¿Ha participado de instancias de organización y discusión de diseño de TP de laboratorio?

20 respuestas



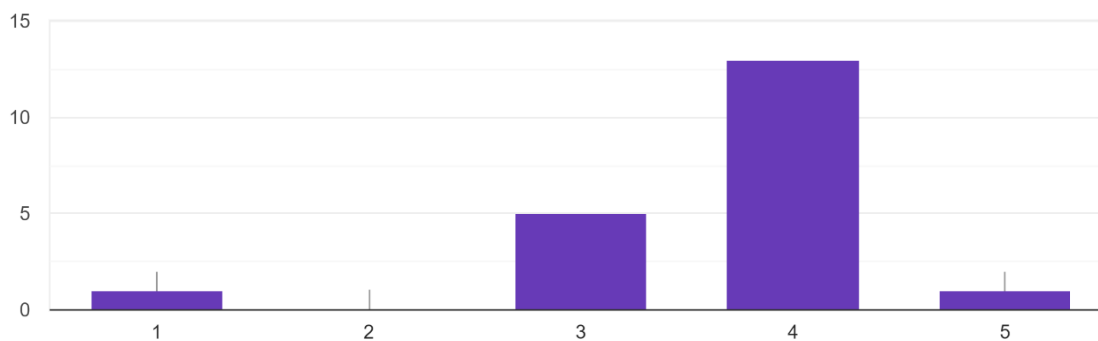
En este caso las respuestas son marcadamente negativas. Si bien existe una valoración positiva del desempeño docente en general no es así en el caso de la

organización de las prácticas, incluso la gran mayoría manifiesta no haber participado en instancias de esta clase.

En toda práctica de laboratorio los resultados experimentales obtenidos son el eje central de la didáctica. La discusión de estos y las herramientas particulares de evaluación del alumno durante el desarrollo del laboratorio deben diseñarse e implementarse correctamente para que el trabajo experimental en química tenga sentido didáctico. Relacionado con lo recientemente descrito realizamos una serie de preguntas que presentamos a continuación.

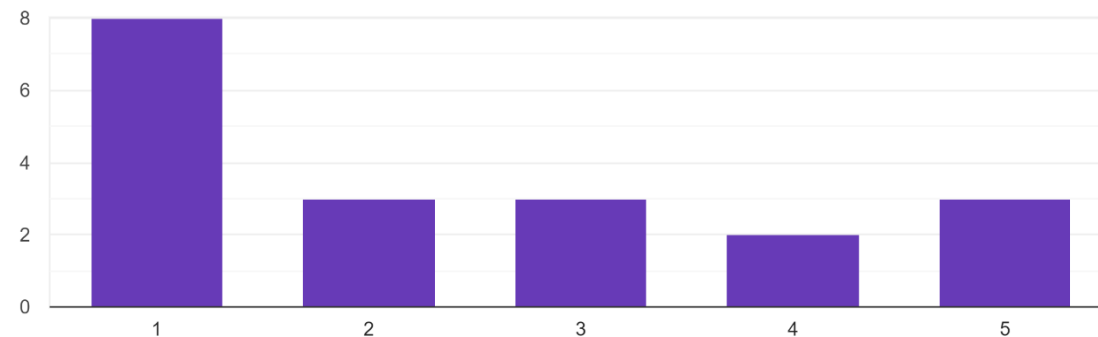
¿Cree que los estudiantes obtienen resultados experimentales de acuerdo con los objetivos planteados?

20 respuestas



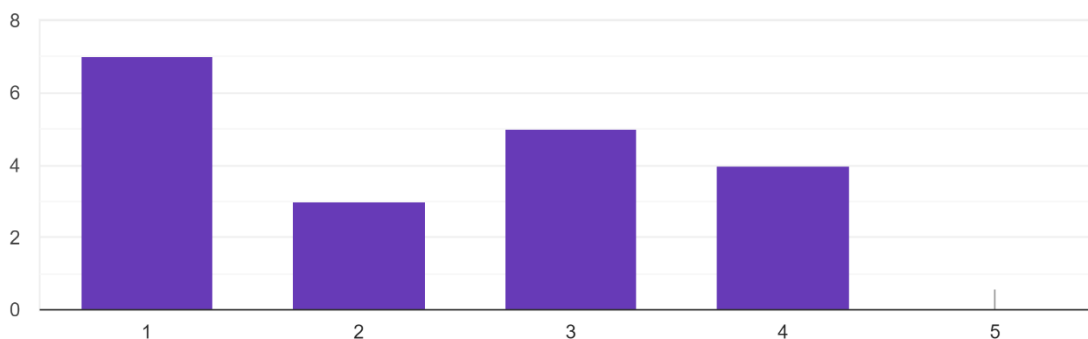
¿Evalúa los resultados experimentales obtenidos por los estudiantes (R%, pureza, etc...) de manera explícita?

19 respuestas



¿La evaluación del desempeño durante el TP de laboratorio se incluye en la nota final?

19 respuestas



Los docentes tienen una visión positiva sobre los resultados obtenidos y afirman que lo desarrollado en el laboratorio cumple con los objetivos planteados en la propuesta didáctica. Sin embargo, es notable la poca valoración positiva de la evaluación de los resultados experimentales obtenidos y de la incidencia de esta en la nota final del alumno.

9.1.2 Encuesta a los alumnos

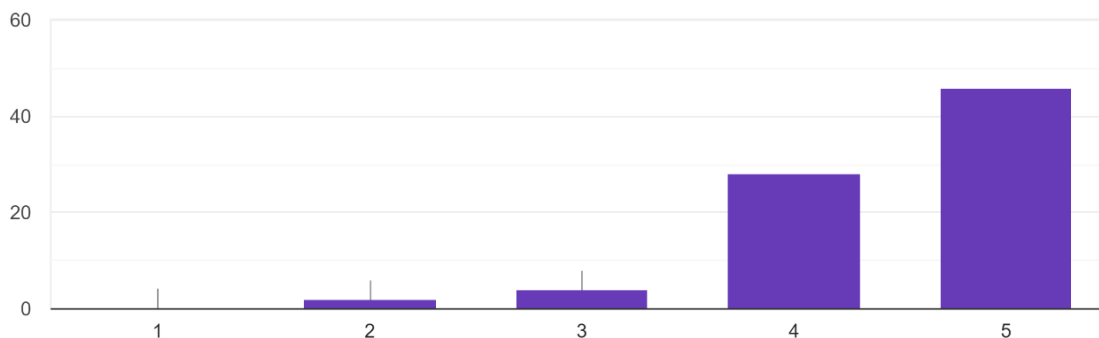
Realizamos una encuesta análoga a la expuesta con anterioridad a los alumnos que cursan la asignatura. Como mencionamos, la materia en estudio es cursada en el quinto cuatrimestre de la carrera. Con una matrícula de entre 100 y 200 alumnos que estudian Química Orgánica II dependiendo el cuatrimestre del año. A continuación, presentamos los resultados obtenidos al trabajar con unos 80 alumnos de las comisiones de la mañana del curso correspondiente al primer cuatrimestre de 2022.¹⁸

9.1.2.1 Motivación estudiantil

Los resultados obtenidos al preguntar por la motivación y entusiasmo inicial para realizar experiencias de laboratorio muestran una gran expectativa por parte de los alumnos para llevar a cabo tareas en el laboratorio.

¿Cómo evalúa su motivación, al inicio de la cursada, respecto a la expectativa de realizar prácticas de laboratorio?

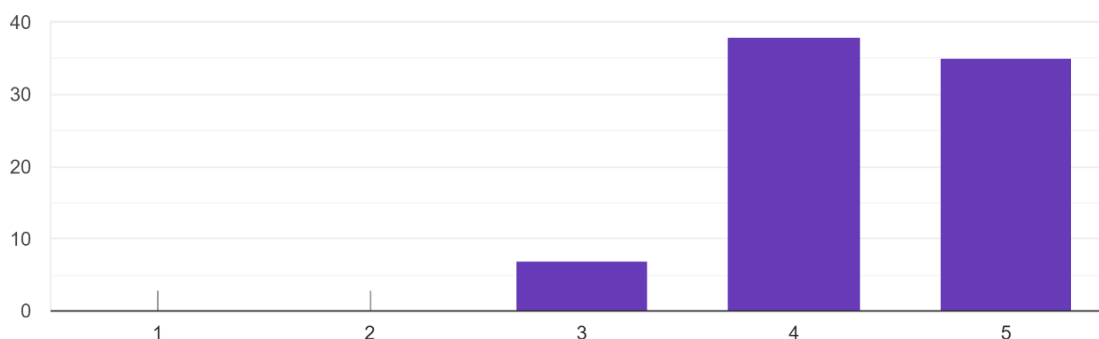
80 respuestas



Estos resultados son similares cuando se inicia la cursada y ya realizaron experimentos en química orgánica y están en pleno desarrollo de la asignatura.²⁰ Como se ve en los resultados, el decaimiento en la motivación no es considerable.

¿Cómo calificaría su motivación durante las prácticas de laboratorio?

80 respuestas

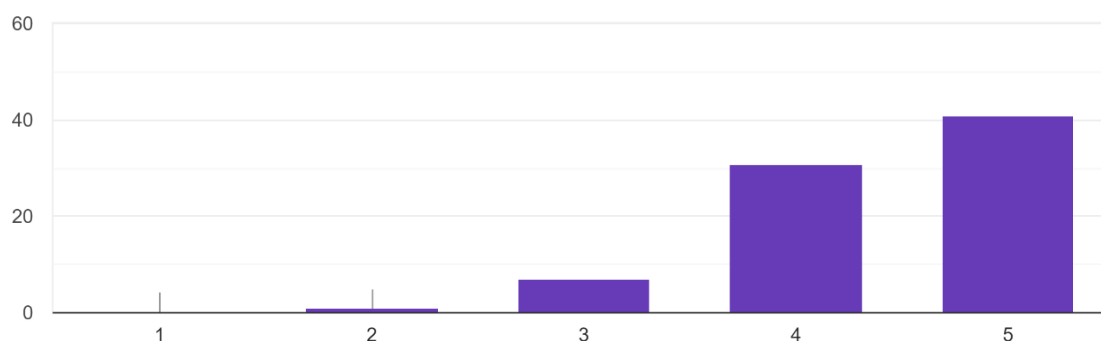


²⁰ La encuesta fue realizada luego de finalizada la primera parte de la materia, cursaron los alumnos cuatro trabajos prácticos de laboratorio y obtuvieron las notas del primer parcial al momento de contestar a las preguntas. Incluso ya empezaron a cursar la segunda parte realizando dos prácticas experimentales. Es así como consideramos que fue hecha en un momento donde tienen un conocimiento y experiencia suficientes para contestar adecuadamente.

Es así como la motivación inicial se mantiene y es de esperar que las expectativas sobre la práctica experimental se cumplieron. Preguntamos explícitamente sobre esta cuestión y obtuvimos los siguientes resultados.

¿Considera que los TP realizados cumplieron con las expectativas iniciales?

80 respuestas

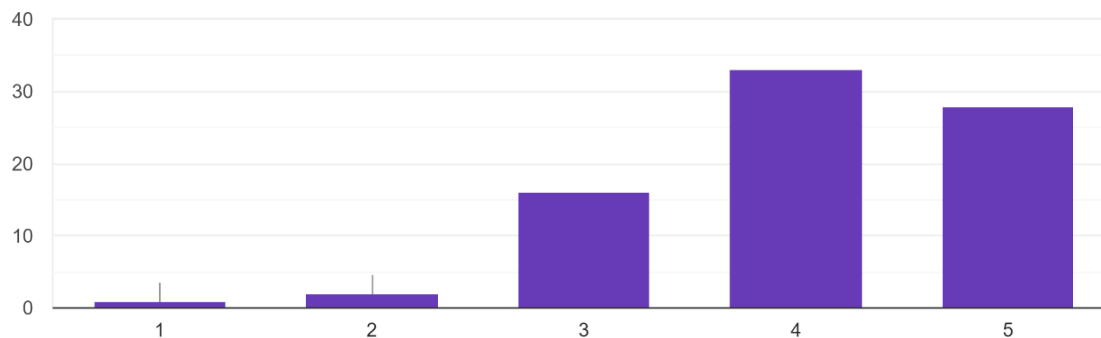


9.1.2.2 La práctica experimental

Durante el desarrollo de los experimentos en el laboratorio hay varios aspectos que, más allá de la técnica específica a desarrollar, son relevantes. En esta sección abordamos varias de estas cuestiones. En primer lugar, preguntamos de manera general sobre la modernidad y trascendencia, de las experiencias de laboratorio.

¿Cree que las prácticas realizadas son modernas y acordes a una educación de calidad?

80 respuestas

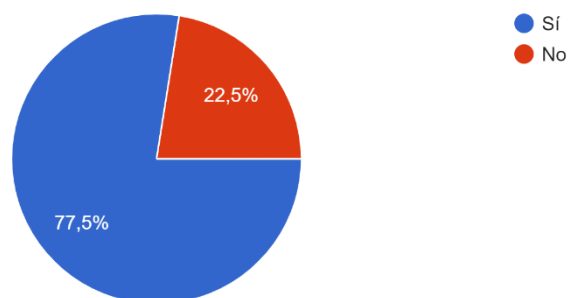


La gran mayoría responde afirmativamente, con valoraciones altamente positivas, aproximadamente el 80% de los estudiantes encuestados consideran los trabajos prácticos como modernos y de calidad.

El número de alumnos por grupo de trabajo, es decir la cantidad de estudiantes que comparten el material y desarrollan la metodología experimental en conjunto suele ser un aspecto trascendental en el proceso de enseñanza, al respecto preguntamos y obtuvimos los siguientes resultados.

¿Considera que el número de alumnos por grupo de trabajo es adecuado?

80 respuestas

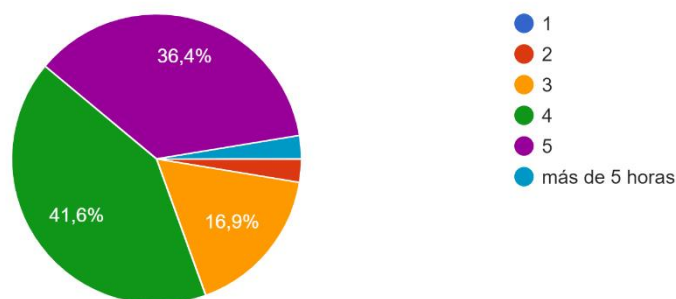


La percepción de los alumnos al respecto es positiva, ahondamos en esta cuestión preguntando específicamente sobre el número "ideal" de integrantes de un grupo de trabajo.²¹

²¹ Como se mencionó en la nota al pie (19) si bien no hay número fijo de alumnos por grupo en el último tiempo se puede estimar en 5 o 6. Estos grupos se conforman con la limitante de equipamiento, en general se dispone de material de vidrio y pequeños equipos, como agitadores magnéticos, en un número limitado. El espacio de laboratorio es amplio y no constituye un problema.

¿En cuanto estima este número como un máximo como "aceptable"?

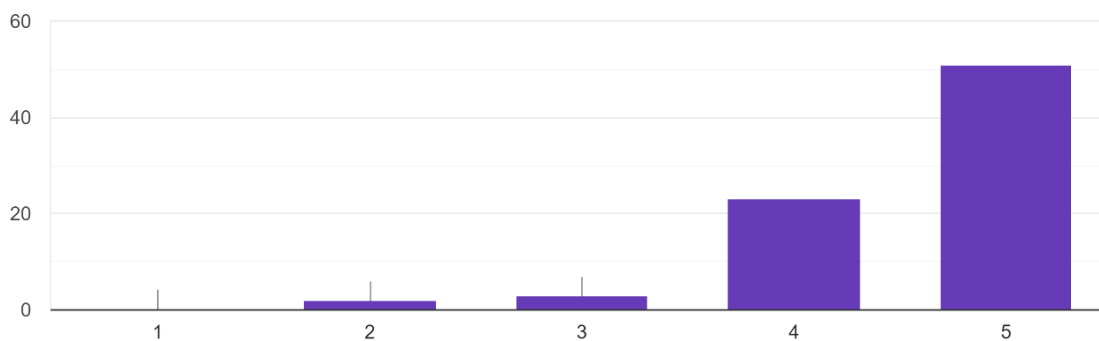
77 respuestas



Los experimentos en química orgánica constituyen una parte central de la currícula. En todas las asignaturas que dicta la División Química Orgánica se dedica parte del tiempo a desarrollar experiencias de laboratorio. La percepción de los alumnos al respecto es la siguiente.

¿Cómo considera el tiempo dedicado a las prácticas de laboratorio?

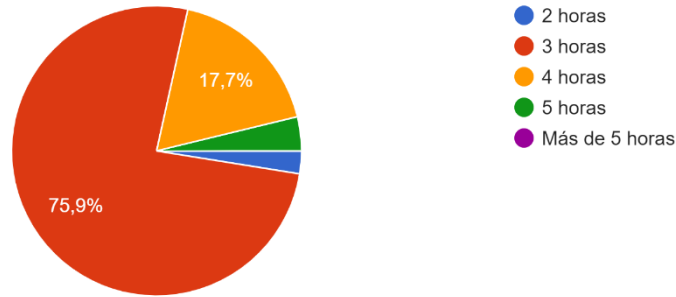
79 respuestas



Como se observa es altamente positiva la valoración de los encuestados considerando la dedicación horaria actual. Más específicamente preguntamos cuantitativamente sobre las horas óptimas para desarrollar una jornada de práctica.

¿Según su experiencia que tiempo óptimo le dedicaría a una jornada de TP?

79 respuestas

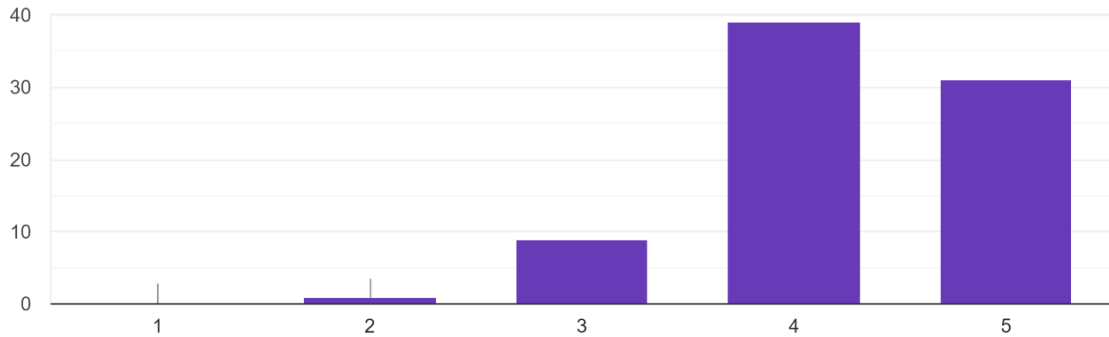


En la actualidad se le dedica tres horas; solamente un poco más del 20% de los encuestados considera que deberían ser más horas de trabajo al día de práctica.

Los materiales disponibles para realizar los experimentos, como reactivos y equipamiento, y la bibliografía de estudio sobre las metodologías a realizar están disponibles para los alumnos. Los recursos materiales son indispensables para el éxito de los procesos de enseñanza y en particular para la experimentación.

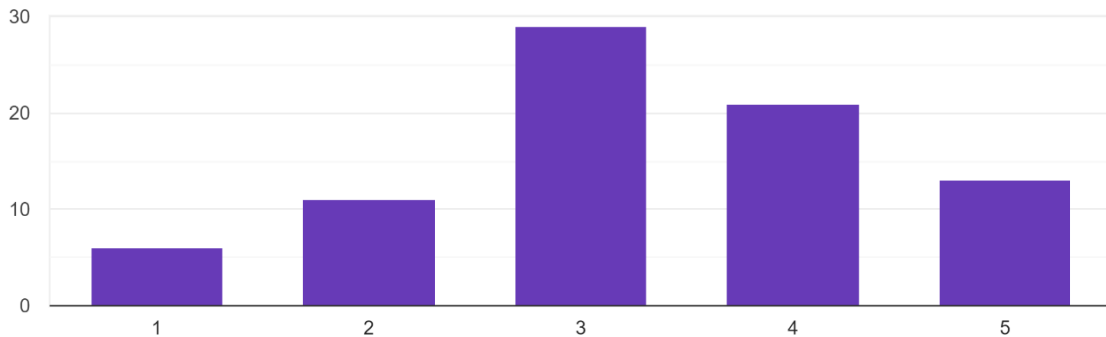
¿Cómo evalúa el material bibliográfico disponible en la cátedra en relación con las prácticas de laboratorio, sus fundamentos, materiales y técnicas?

80 respuestas



¿Cree que faltan insumos o equipamiento para poder llevar a cabo la práctica de forma completa?

80 respuestas

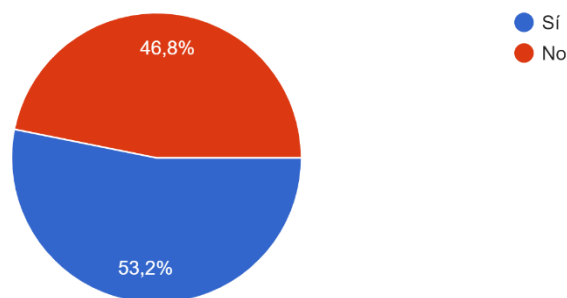


En cuanto a la bibliografía hay una percepción positiva sobre la disponibilidad de material, sin embargo, en cuanto a los insumos y equipamiento es notorio como muchos estudiantes consideran que existe un relativo faltante.

Esta percepción de deficiencia en equipamiento puede llevar a un mal desarrollo en los experimentos. Esta alteración puede conducir a una simplificación de etapas o procedimientos. Al consultar específicamente al respecto nos contestaron.

¿Alguna vez canceló o simplificó una etapa o procedimiento por falta de materiales o reactivos?

79 respuestas

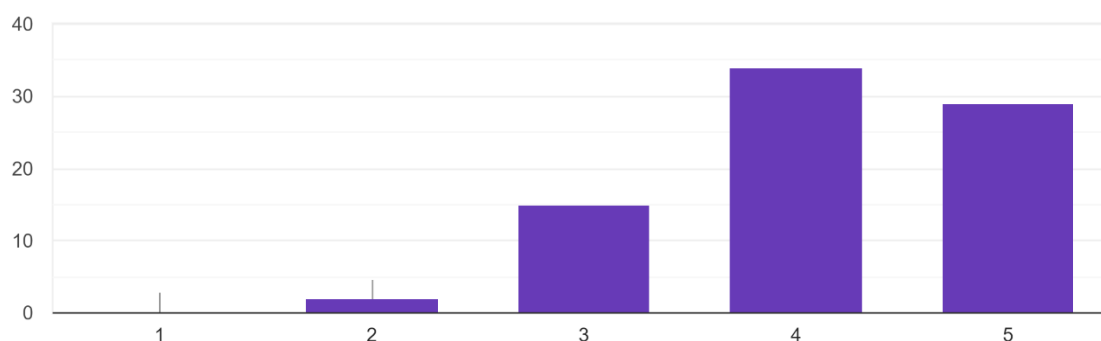


La mitad de los estudiantes manifestó haber alterado el desarrollo de la práctica al menos una vez. Esta observación es fundamental y tiene implicancias importantes en los procesos de enseñanza.

Otro aspecto importante es lo vinculado a la seguridad e higiene. Estas prácticas son fundamentales y siempre deben estar presentes durante el desarrollo experimental. Cada vez más los aspectos de seguridad en los procesos y en la manipulación de productos químicos requieren prácticas rigurosas. Esto es tanto para el desarrollo seguro de la práctica como para el aprendizaje adecuado, y con perspectiva de práctica profesional.

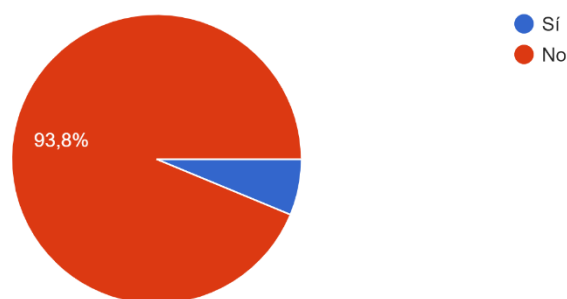
¿Cómo calificaría los aspectos de seguridad e higiene implementados durante las prácticas de laboratorio?

80 respuestas



¿En algún momento de su carrera estuvo involucrado directamente en un accidente durante un TP de laboratorio?

80 respuestas



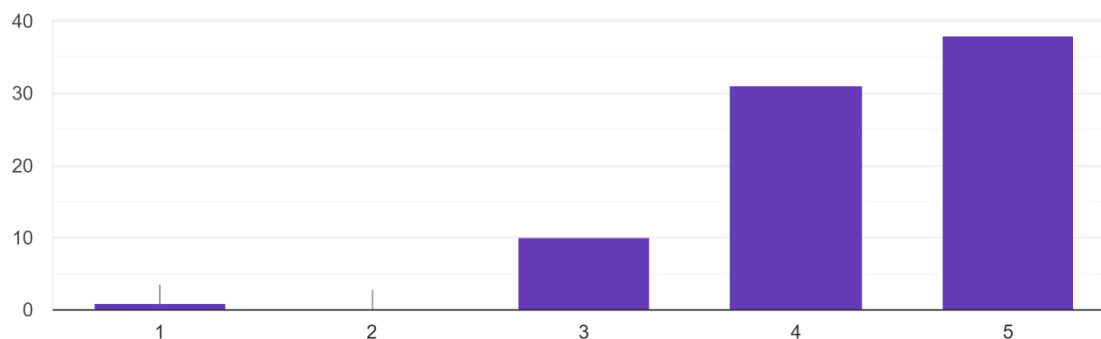
Los resultados obtenidos muestran una percepción positiva de la práctica respecto a la implementación de cuestiones propias de la seguridad en el laboratorio, sin embargo, no es menor el casi 20% de los encuestados que dan una calificación

intermedia. En un tema tan sensible como este donde minimizar riesgos es fundamental, esta calificación es una señal a tener en cuenta.

Por último, se consultó sobre la posibilidad de realizar experiencias que tengan relación con el futuro quehacer profesional.

¿Cree que es posible realizar trabajos prácticos de laboratorio en química orgánica con una relación estrecha con el quehacer de la futura prác... (bioquímica, farmacia, biotecnología, alimentos)?

80 respuestas



La gran mayoría de los consultados se expresó afirmativamente en este sentido.

9.2 Entrevista a los no docentes

Una mirada interesante para tener en cuenta con el objetivo de desarrollar un diagnóstico preciso de la situación actual de los trabajos prácticos de laboratorio es la del personal no docente técnico del laboratorio. Cada claustro tiene una opinión particular sobre el desarrollo de lo experimental en la enseñanza, las visiones docentes y de los alumnos son quizás las más estudiadas y de alguna manera previsibles. Sin embargo, no son las únicas, en el ambiente universitario la participación de personal técnico no docente es fundamental en el desarrollo de las clases. En particular desarrollamos y ejecutamos una entrevista con la persona encargada del laboratorio que es utilizado por las cátedras en estudio. No incluiremos de manera explícita los detalles de la entrevista ya que fue planificada y realizada para obtener información sin una difusión directa debido a las particularidades de organización del claustro en nuestra Facultad. Si bien no se publican los resultados la

información obtenida resulta muy valiosa y ha sido incluida en la formulación de la propuesta de innovación. El taller de práctica experimental propuesto incluye al personal no docente como uno de los actores activos de la práctica, su diseño e implementación.

9.3 Comentarios de la encuesta a los docentes

He notado que cada año el desgano de los estudiantes es mayor. Creo que desde el equipo docente habría que revisar y cambiar algunas prácticas y el enfoque para crear mayor interés y entusiasmo por parte de los alumnos. Sin embargo, también es necesario exigirles más a través de la entrega de informes y parcialitos por ejemplo, que tienen que contribuir a una nota de concepto. Actualmente, si bien en algunas cátedras se piden informes, no se califican ni construyen una nota. A mi criterio eso hace que los alumnos no se lo tomen en serio y por lo tanto no son efectivos como herramientas educativas

Se debería poder asignar cajones con material de vidrio a cada grupo al principio de la cursada, responsabilizándolos a devolverlo en las mismas condiciones al final de la cursada. También aumentaría las horas de Tp a cuatro o cinco horas.

Muchas veces los trabajos prácticos involucran más pasos de los comúnmente realizados, como por ejemplo etapas posteriores de purificación o medidas relacionadas a la pureza. Al disponer un cronograma ajustado generalmente estas prácticas finales de los protocolos no son llevadas a cabo. Lo veo como un punto desfavorable, generando expectativa en los alumnos y dejando una imagen incompleta de lo que conlleva una práctica global de laboratorio.

Creo que el gran limitante es la falta de recursos de materiales, (Drogas, material de vidrio, equipos e instrumental), sin olvidar la infraestructura actual de los laboratorios que continúan con déficit de campanas de gases en uso, piletas y canillas clausuradas, lo que perjudican notablemente la posibilidad de conseguir grupos de trabajos óptimos de 2 alumnos /3 (máximo), con lo mencionado anteriormente, y con más horas de uso del laboratorio, se podría concretar la pregunta del Ítem anterior “diseñarse experiencias que se aproximen a la práctica profesional”, lo que entusiasmaría aún más la participación activa de los alumnos

Considero que el tiempo y material de TP es insuficiente para la realización de los mismos. Esto genera varias consecuencias en el aprendizaje que puede llegar a obtenerse del mismo.

La falta de material implica grupos grandes de trabajo (6 personas en promedio o más) que llevan a una escasa manipulación de los elementos de laboratorio por parte de los estudiantes.

El planteo de algunos TP es una síntesis y aislamiento durante la misma jornada de 3 horas, generando un ritmo de trabajo que no termina de mostrar los tiempos reales de una reacción en química orgánica, planteando síntesis que llevarían horas en 30/40 minutos (Benzoato o p-bromoacetanilida), y sin un seguimiento por capa fina por ejemplo para entender cómo determinar el final de una reacción. Se entiende que en estas materias no se forma personas que vayan a dedicarse a la química, pero el criterio de trabajo en un laboratorio si resulta importante desarrollarlo y fomentarlo.

Por otro lado el abultado número de estudiantes en el último tiempo también genera una relación docente/estudiantes muy alta a la hora de trabajar con sustancias con cierto grado de peligrosidad para las personas, propiciando sin quererlo un ambiente de trabajo con mayor riesgo. De pronto que 12 personas estén amontonadas al lado de una campana que funciona en medianas condiciones no es óptimo.

Por otro lado dentro de Org II hay 3 experiencias de extracción de compuestos naturales muy similares en términos de estructura y el aprendizaje que pueden llevarse de los mismos.

Para finalizar, comentar que se nota que hay esfuerzo por parte de todo el equipo docente de las cátedras para que funcionen los TP, pero con esfuerzo solamente no se tapan las carencias mencionadas anteriormente.

Considero baja relación docente-alumno, espacio y material para que los alumnos realmente puedan tener contacto directo con el material de laboratorio y las practicas realizadas. También encuentro desactualizados las formas de búsqueda bibliográfica y agregar al menos, si no lo pueden medir, espectros de las sustancias trabajadas para que las analicen, con los conocimientos de las técnicas adquiridos en orgánica 1 por ejemplo

Las prácticas propuestas están en concordancia con los aspectos teóricos abordados en la materia, pero sin duda serían más atractivos si se notara más la relación de estos con la carrera profesional.

En algunos casos como ser el número máximo de integrantes por grupo de trabajo o de horas dedicadas creo que depende mucho de la práctica que se lleve a cabo en el laboratorio, no es lo mismo una recristalización cuyo montaje de equipo y práctica es relativamente sencilla que llevar a cabo un proceso de síntesis en condiciones experimentales determinadas (temperatura, presión, atmósfera inerte, etc)... a veces la manipulación de más de una persona

conlleva a mayores errores experimentales o entorpecimiento en la práctica, más aún si son personas con poca práctica

En la materia Química Orgánica I los estudiantes ven la introducción teórica de esta rama de la química y sus primeras experiencias en un laboratorio de química orgánica. De esta forma, las prácticas de laboratorio se dedican mayoritariamente a las técnicas de purificación y separación de compuestos orgánicos, junto con dos trabajos de síntesis, que son prácticas fundamentales para avanzar en los trabajos prácticos de química orgánica de años superiores. Por lo tanto, es difícil que las experiencias de los TPs de Química Orgánica I estén estrechamente vinculadas con las actividades profesionales de las carreras mencionadas ya que esto recién es posible en materias de años superiores a partir de los conocimientos básicos que se adquieren en Química Orgánica I. Tal vez estaría bueno modificar algún tp para que sea más llamativo para los estudiantes a partir de experiencias relacionadas con la elaboración de aceites esenciales o destilados (sea destilación fraccionada o con arrastres de vapor) para su uso en perfumes y bebidas alcohólicas (como ginebra o licores frutales). Aparte, quiero remarcar que es necesario mejorar las condiciones generales del laboratorio de Química Orgánica Básica, como son las pérdidas de agua, canillas rotas, bachas fuera de uso, platinas que no calientan, etc.

Si bien han mejorado en algunos aspectos, tal vez son algunas falencias importantes el tema de insumos, tipo guantes; la falta de docentes en algunos casos en relación a lxs alumnxs y los tiempos justos para llevar a cabo algunas TPs en particular

Respecto a la organización de los tps creo que una breve charla de ayudantes y jtp, previo al trabajo práctico, sería enriquecedor ya que se podrían plantear cuál es el contenido principal que se desea que los alumnos aprendan de la experiencia. Y de esta forma lograr que todos los alumnos cuenten con la misma información.

9.4 Comentarios de la encuesta a los alumnos

mucho tiempo libre y pocas cosas para hacer en relación al número de integrantes

No suelen haber guantes a nuestro fácil alcance

Sería mejor hacer grupos más reducidos, así cada uno puede realizar más tareas y así aprender más dada la falta de prácticas que tuvimos los pasados dos años. O también dividir y que una parte de la comisión haga una cosa y otra parte otra, porque nos acumulamos mucho, por ejemplo, en las campanas.

Para futuros tps, en mi opinión lo recomendable sería realizar grupos reducidos para que cada uno de los integrantes pueda hacer cada paso experimental por su cuenta.

Todos nos vamos muy contentos de los tps, esta todo muy bien organizado y la disposición de los decentes es impecable. Lo único que me gustaría es que se diera mas material de lectura de los procedimientos usados o alguna clase extra para discutir las cuestiones mas importantes, como las preguntas optativas.

Estaría bueno que haya una instancia de debate sobre el tp, o que comentemos entre todos las preguntas orientativas

A mi en lo personal me gustaría que la corrección de los informes se realice con tiempo antes del parcial. Entiendo que se busca esperar a que todos los grupos entreguen los informes para corregirlos, pero por ejemplo en el primer parcial a mi grupo nos llego la corrección a pocos días del parcial (lo habíamos enviado con mas de una semana de anticipación) y para mi fue de mucha utilidad para estudiar.

La falta de disponibilidad de recursos es muy grande, los profesores hacen un excelente trabajo no solo con nosotros sino también al lograr con éxito las realizaciones de algunas experiencias para las cuales ni siquiera están los instrumentos adecuados, modificando la utilización de otros disponibles o cambiando la resolución del trabajo práctico. La facultad debería estar mas atenta a la falta de material, porque termina implicando que no podamos terminar de comprender y aprehender varios de los pasos por no poder reslizarlos o realizarlos a medias.

9.5 Programa vigente de Química Orgánica II

Asignatura: Química Orgánica II (UO212)

Carreras: Farmacia. Lic. en Bioquímica. Lic. en Biotecnología y Biología Molecular. Lic. en Ciencia y Tecnología de Alimentos.

Régimen de cursada: Cuatrimestral

Carga horaria semanal y total: 8 y 128 horas

Válido desde: 2014

Características generales

Las carreras para las cuales se dicta esta asignatura son de cinco años de duración, los dos primeros pertenecen al Ciclo Básico de Formación Común (CiBeX). La salida laboral de sus

egresados abarca tanto la investigación científica como el sector industrial ya sea en ámbitos públicos o privados y para las carreras de Farmacia y Bioquímica todo el sistema de salud.

En este contexto la Química Orgánica se erige como una de las asignaturas básicas fundamentales que comprende el plan de estudios. La asignatura Química Orgánica II es un curso teórico práctico de fundamentos de química orgánica de 8 horas semanales. La misma se encuentra en el quinto cuatrimestre del plan de estudios. Tiene como predecesora a Química Orgánica I, que comprende los temas más generales. La presente asignatura comprende, principalmente, el estudio de las moléculas bioorgánicas y productos naturales. Tanto desde la perspectiva de su estructura, síntesis y reactividad. Sienta las bases, a nivel molecular, de todo el estudio bioquímico, farmacológico, toxicológico y bromatológico que involucre compuestos orgánicos bioactivos. Por este motivo se realiza un esfuerzo especial para demostrar la relación entre la química orgánica y otras áreas, por ejemplo, las ciencias biológicas y de la salud.

Propósitos

Lograr que el alumno construya, amplíe y refuerce sus conocimientos de Química Orgánica que le servirán como base de campos disciplinares fundamentales y más específicos de su práctica profesional.

Estudiar las reacciones químicas más comunes en que participan las moléculas orgánicas, estas serán la base de la reactividad química de las biomoléculas orgánicas.

Realizar problemas de aplicación concreta en el área de determinación de estructuras de modo de adquirir destrezas en la interpretación y análisis de información espectroscópica y espectrométrica.

Preparar en el laboratorio compuestos conocidos y sencillos de cierta utilidad o que demuestren un principio teórico para que el alumno materialice lo estudiado durante las clases de teoría y seminario.

Trabajar en el laboratorio de síntesis orgánica para adquirir una disciplina de trabajo experimental de laboratorio que incluye el manejo responsable de sustancias tóxicas y peligrosas, las técnicas clásicas de síntesis, aislamiento y purificación, la redacción de informes técnicos y el uso de bibliografía de referencia.

Contenidos mínimos

Aminas. Otros compuestos nitrogenados. Hidrocarburos aromáticos polinucleares. Biomoléculas: estructura y propiedades químicas. Aminoácidos, péptidos y proteínas. Hidratos de carbono. Lípidos. Terpenos y compuestos relacionados. Esteroides. Compuestos

heterocíclicos mononucleares. Compuestos heterocíclicos condensados Ácidos nucleicos. Alcaloides.

Unidades

Aminas y otros compuestos nitrogenados.

Mediante esta unidad el alumno completará los conocimientos del curso de Química Orgánica I, (química de los compuestos monofuncionales), para enfocar, luego el estudio de las unidades posteriores que involucran compuestos polifuncionales. Conocimientos previos: Reacciones nucleofílicas, sustitución electrofílica aromática y adición-eliminación; acidez y basicidad; oxidación y reducción. Contenidos: Estructura, clasificación y nomenclatura de las aminas, propiedades de basicidad y nucleofilicidad, Propiedades físicas y preparación. Propiedades químicas. Sales de diazonio: estructura, preparación y reacciones. Síntesis con sales de diazonio. Otros tipos de compuestos que contienen nitrógeno: amidas, nitrilos, derivados nitrados e isocianatos.

Hidrocarburos policíclicos aromáticos.

El alumno completará la adquisición de conocimientos acerca de hidrocarburos cíclicos y sus principales propiedades; los conocimientos adquiridos son aplicables en la siguiente unidad y en los cursos de Química Ambiental. Conocimientos previos: Propiedades químicas de hidrocarburos aromáticos. Estructura y propiedades de hidrocarburos policíclicos con puentes. Contenidos: Bifenilos. Compuestos aromáticos de anillos fusionados: Naftaleno, antraceno, fenantreno; estructura y propiedades químicas. Nomenclatura, estructura y reacciones. Preparación de derivados. Hidrocarburos tetracíclicos fusionados y superiores. Hidrocarburos policíclicos saturados: decalinas. Transposiciones a átomos de C deficientes en electrones; carbocationes clásicos y no clásicos.

Aminoácidos, péptidos y proteínas.

El alumno aprenderá algunos procedimientos para preparar aminoácidos, así como sus propiedades físicas, (ácido-básicas, pKa, pl), características químicas; y los rudimentos de la preparación de péptidos, aplicando el empleo de grupos protectores; y de algunos procedimientos para la desnaturalización y aislamiento de proteínas. Conocimientos previos: Propiedades químicas de las aminas, los ácidos carboxílicos y las amidas. Isomería. Métodos físicos de separación: Cromatografía, electroforesis. Contenidos: Estructura y propiedades físicas de aminoácidos. Propiedades químicas, ácido-base. Síntesis y reactividad de aminoácidos. Determinación de la estructura de péptidos y proteínas. Síntesis de péptidos y polipéptidos en el laboratorio.

Hidratos de Carbono.

Esta unidad desarrollará la capacidad para comprender la estructura molecular de hidratos de carbono de variada complejidad, así como para reconocer la influencia de la estereoquímica en esta familia de compuestos. El alumno podrá correlacionar la estructura molecular de estos compuestos y de sus derivados con sus principales propiedades físicas y químicas. El eje temático de la unidad es el estudio de la estructura y propiedades químicas de estos compuestos en sus diferentes grados de polimerización. Los conocimientos adquiridos se aplicarán principalmente en los cursos de Bioquímica y en aquellos relacionados con Química de Alimentos. Conocimientos previos: Isomería, propiedades químicas de alcoholes, aldehidos y cetonas, y de sus derivados. Contenidos: Estructura de los monosacáridos. Estereoquímica y notación configuracional. Estructura molecular de la glucosa y otros monosacáridos naturales. Reacciones y transformaciones sintéticas de los monosacáridos. Estructura y propiedades de los disacáridos. Estado natural y estructura de los polisacáridos de mayor importancia. Derivatización química. Ciclodextrinas y sus aplicaciones.

Triglicéridos, ceras y fosfolípidos.

El alumno aprenderá a caracterizar y diferenciar grasas y aceites en función de las características estructurales. Los rudimentos de su aislamiento a partir de materiales naturales, y su uso para preparar surfactantes. Estudiará la estructura y reacciones principales de los ésteres fosfóricos, que posteriormente aplicará al estudio de los ácidos nucleicos y moléculas relacionadas. Los conocimientos adquiridos son de múltiple aplicabilidad; en los cursos de las carreras del área de Salud, principalmente en Bioquímica y en Biotecnología; y además en cursos relacionados con Química de Alimentos. Conocimientos previos: Propiedades químicas de ésteres, ácidos caboxílicos y amidas. Sistemas coloidales. Contenidos: Clasificación de los lípidos. Estructura y propiedades de los triglicéridos: grasas y aceites. Hidrólisis y saponificación. Estructura y propiedades de los ácidos grasos. Reducción. Jabones y detergentes. Características de las moléculas antipáticas. Ceras. Triglicéridos no saturados; otros glicéridos. Esteres fosfóricos y fosfoglicéridos.

Esteroides y terpenos.

El alumno aprenderá las relaciones que existen entre las estructuras de compuestos sencillos como por ejemplo las decalinas y las de los compuestos esteroidales; así como las existentes entre algunos esteroides y otras moléculas derivadas, como por ejemplo las Vitaminas D. Los conocimientos se aplican en varias asignaturas correspondientes a carreras del área Salud. Conocimientos previos: Propiedades de los Hidrocarburos policíclicos, y de otros compuestos monofuncionales. Contenidos: Estado natural de los esteroides y su estereoquímica. Nomenclatura, clasificación y propiedades. Derivados del colestano y del ergostano, y sus propiedades. Otros compuestos esteroidales. Estado natural de los terpenos y terpenoides. Su clasificación y estructura. La regla del isopreno. Monoterpenos acíclicos, monocíclicos y

bicíclicos, reacciones y transposiciones del esqueleto hidrocarbonado. Sesquiterpenos y diterpenos; triterpenos y tetraterpenos, politerpenos: estructuras y propiedades.

Compuestos heterocíclicos. Ácidos Nucleicos y Alcaloides.

Se estudia en esta unidad las propiedades químicas generales de los compuestos heterocíclicos sencillos, para luego realizar su aplicación a compuestos con estructuras de mayor complejidad como los alcaloides, porfirinas y nucleósidos. Los conocimientos son ampliamente aplicables; en el contexto académico, se aplican principalmente en varios cursos de carreras del área Salud.. Conocimientos previos: Propiedades de los Hidrocarburos policíclicos, y de otros compuestos monofuncionales. Contenidos: Definición, clasificación, nomenclatura. Estructura de los compuestos heterocíclicos no aromáticos y sus propiedades. Anillos de tres, cuatro y cinco átomos. Estructura y propiedades de los principales heterociclos aromáticos: pirrol, furano, tiofeno, piridina, pirimidina. Sustitución electrofílica aromática y sustitución nucleofílica aromática: Reactividad y orientación. Compuestos heterocíclicos con anillos fusionados: Quinoleína e isoquinoleína; purina. Bases púricas y pirimídicas. Nucleósidos, nucleótidos y polinucleótidos. Alcaloides, definición y clasificación.

Cronograma de actividades:

Aminas y otros compuestos nitrogenados I

Aminas y otros compuestos nitrogenados II

TP1: Síntesis, aislamiento y purificación de acetanilida

Hidrocarburos aromáticos policíclicos

Hidratos de Carbono I

Hidratos de Carbono II

Hidratos de Carbono II

TP2: Caracterización de carbohidratos

Aminoácidos, péptidos y proteínas I

Aminoácidos, péptidos y proteínas II

TP3: Caracterización de aminoácidos, péptidos y proteínas

1era evaluación parcial

Aceites, grasas y ceras

TP4: Aislamiento y purificación de trimiristina y sus derivados

Terpenos

TP5: Aislamiento y purificación de limoneno

Esteroides

Compuestos Heterocíclicos I

Compuestos Heterocíclicos II

Compuestos Heterocíclicos III

Propuesta metodológica

La metodología de trabajo en el aula tendrá las siguientes características:

Clases teóricas: estarán a cargo de los profesores del curso y constituyen la primera aproximación de los alumnos con los contenidos a desarrollar. Son clases introductorias, de interrogación, análisis y reflexión.

Clases de seminarios y problemas: durante las mismas los alumnos realizarán problemas de aplicación práctica y ejercicios sobre temas específicos del curso junto al profesor y los docentes auxiliares.

Demostraciones prácticas a cargo de los docentes: durante el desarrollo de las clases teóricas o durante los seminarios se realizarán breves demostraciones prácticas que ilustrarán los conceptos enseñados. Por ejemplo, se realizarán reacciones en pequeña escala, se analizarán sensorialmente sólidos cristalinos, líquidos, diversos productos naturales, sus envases y etiquetado.

Trabajos prácticos de laboratorio: los mismos se desarrollarán en el laboratorio de química orgánica. Los alumnos realizarán experiencias de laboratorio referidas a temas específicos del curso individualmente bajo la supervisión de todo el plantel docente. Previo al trabajo práctico se realizará un breve cuestionario con el objetivo de garantizar los conocimientos mínimos del alumno para desenvolverse con seguridad durante el desarrollo de la tarea experimental.

Cátedras Virtuales: se dispone de todo el material a través de cátedras virtuales. Se incluye en este sistema todo el material, incluyendo cronograma, bibliografía, guías de seminario y trabajos prácticos, documentos técnicos y académicos varios. La comunicación formal con los alumnos es a través de este sistema pudiendo así lograr una comunicación en tiempo real cotidiana más allá de las horas de clases presenciales.

Materiales didácticos: La cátedra cuenta con material didáctico específicamente desarrollado para complementar la bibliografía sugerida, que se explicita al final de este documento. El mismo consiste en: guía de seminarios, glosario, tablas de datos (propiedades físicas, químicas, espectroscópicas) y guía de trabajos prácticos de laboratorio. También se cuenta con un set completo de modelos moleculares para la práctica y visualización correcta de cuestiones estructurales y conformacionales.

Evaluación

A continuación, se describen las características formales de cursada y evaluación del curso. Los alumnos deben cumplir con los siguientes requisitos.

Asistencia: deben cumplir con un 80% de asistencia a las clases de teoría, seminario y laboratorio, es decir pueden tener hasta 3 faltas en las clases teóricas, 4 en los seminarios, y solo pueden faltar a 1 trabajo práctico de laboratorio.

Informes: deberán presentar informes de los trabajos prácticos de laboratorio. Los mismos deben estar entregados y aprobados antes de rendir el respectivo parcial.

Trabajos Prácticos de Laboratorio: se tomará un breve cuestionario antes de realizar el trabajo práctico.

Evaluación: se toman dos exámenes parciales según el cronograma oportunamente publicado. Hay dos fechas para cada uno y un parcial flotante. Para promocionar el examen final de la asignatura debe al menos obtener un cinco y un seis en cada uno de los parciales. Cada alumno podrá presentarse a las dos fechas de evaluación, quedando siempre como nota final la obtenida en la última evaluación que hubiera rendido independientemente de la nota anterior. Una vez finalizadas las evaluaciones de los dos parciales, el alumno tiene la posibilidad de recuperar 1 (uno) de los exámenes en los que no hubiera obtenido la nota suficiente para la aprobación, o en su defecto para la promoción del final si así lo quisiera (en este caso también la nota final es la obtenida en la última evaluación que hubiera rendido independientemente de la nota anterior).

La guía de seminarios publicada y los contenidos dados en las clases teóricas deben utilizarse como guía de estudio. Todos los contenidos expresados en la guía de seminarios y en las clases teóricas forman parte del programa de la asignatura y pueden ser incluidos en la evaluación parcial escrita. Los problemas de seminario que se indican como "materia optativa" no serán evaluados en los parciales de la cursada.

Parciales especiales: si alguien rinde un parcial o final de otra asignatura con menos de 24 horas de diferencia tendrá el ausente justificado. Si y solo si se presenta a todas las fechas disponibles, y aún necesita otra evaluación para aprobar la cursada, contará con un recuperatorio extra luego del flotante.

Bibliografía comentada

General

Allinger, N.L.; Cava, M.P.; DeJongh, D.C.; Johnson, C.R., Lebel, N.A.; Stevens, C.L. "Química Orgánica". Editorial Reverté. Es un libro muy completo y de fácil lectura, riguroso y con muchos

datos en cuanto a la síntesis orgánica. Su diseño no es moderno, la primera edición de este texto es de 1971. Se consiguen ediciones económicas a precios muy convenientes.

Ege, S "Química Orgánica: Estructura y Reactividad". Editorial Reverté. Es un libro completo, es excelente la descripción de los mecanismos de reacción. Posee dos tomos, es costoso y no se consigue en todas las librerías.

Morrison, R. T. y Boyd, R. N. "Química Orgánica". Editorial Addison-Wesley Iberoamericana. Un texto clásico de la química orgánica. La narrativa y su traducción son buenas, de fácil lectura y con textos que explican claramente los conceptos básicos. Es ya un libro quizás un tanto desactualizado en cuanto a los más modernos tópicos de la química orgánica. De precio moderado y se consigue fácilmente tanto nuevo como usado.

Streitweiser, A. y Heathcock. C.H. "Química Orgánica". Editorial Sudamericana. Los capítulos de Compuestos Heterocíclicos e Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos son completos y se recomienda su lectura. Sus ediciones están agotadas y ya no se consigue nuevo.

Wade, L. G. "Química Orgánica". Editorial Prentice-Hall Hispanoamericana. Un libro moderno, de muy buena edición gráfica y con los temas más actuales bien desarrollados. Su narrativa y traducción no son del todo claras. Se consiguen fácilmente ediciones nuevas en las librerías especializadas y libros usados a precios no muy caros

Carey, F. A. "Química Orgánica". Editorial. Mc Graw Hill. Posee una narrativa clara y precisa, es muy completo. Las descripciones de los mecanismos de reacción son completas y de fácil interpretación. El diseño es moderno y de fácil lectura. Se consiguen ediciones nuevas económicas a precios razonables.

Lehninger, A. L. "Principios de Bioquímica". Editorial Omega. Se recomienda su lectura para una correcta vinculación de los contenidos de esta asignatura con materias específicas de bioquímica, farmacia y química de los alimentos. No debe utilizarse como libro de estudio de la asignatura.

Específica de técnicas de laboratorio

"Practical Organic Chemistry" A. Vogel. Ed. Prentice Hall.

"Experimental Organic Chemistry" J. C. Gilbert y S. F. Martin. Ed. Cengage.

"Purification of Laboratory Chemicals" W. L. F. Armarego y D. D. Perrin. Ed. Elsevier

9.6 Descripción detallada del “Taller de Síntesis”

En esta sección presentamos el primer taller propuesto y lo describimos con detalle. Incluyendo toda la información técnica referida a la química orgánica experimental y referencias a situaciones pedagógicas de interés en la práctica de laboratorio.

9.6.1 Introducción

La química de los carbohidratos se ha estudiado con detalle desde el siglo XIX con los pioneros trabajos de Emil Fischer (Kunz, 2002) sin embargo, no ha recibido tanta atención como otras familias de biomoléculas orgánicas. Los péptidos y proteínas y los ácidos nucleicos son compuestos con mayor visibilidad y aparente relevancia. Los avances recientes en el estudio de la glicobiología y la síntesis de derivados de azúcares complejos están promoviendo mayores investigaciones en distintos campos del quehacer científico y académico como lo son la química, bioquímica, inmunología y biología molecular. Debido a este progreso, a la inclusión de los carbohidratos como moléculas relevantes en los sistemas biológicos, se torna de suma importancia exponer, e incluir en los programas de estudio, nuevas prácticas en este campo. Estos temas forman parte de las unidades de los programas de varias asignaturas de carreras de química y ciencias biológicas. Uno de los desafíos primarios al abordarlos en clase es la relativa complejidad estructural y de función que poseen los derivados de azúcares y las biomoléculas relacionadas. Esta complejidad requiere, en principio, mucho conocimiento previo básico de la química orgánica; para ser abordado con una buena base y lograr prácticas dinámicas y provechosas de enseñanza aprendizaje. Recientemente se ha publicado una completa revisión de las prácticas de laboratorio diseñadas para incorporar los azúcares en la currícula. (Koviach-Côté, 2018). En él se describen trabajos desde el año 2000 hasta la fecha de publicación relacionados con distintas áreas de la química: orgánica, general, analítica y bioquímica. De la lectura se concluye que los carbohidratos no son solo una familia importante de biomoléculas, sino que también permiten generar oportunidades de enseñanza en una amplia variedad de tópicos propios de la química orgánica. Podemos mencionar también una serie de ventajas desde la perspectiva docente al realizar prácticas sobre azúcares. A continuación, las enumeramos.

- Los estudiantes están familiarizados con los carbohidratos en el contexto de la nutrición, ciencia de alimentos, salud, etc. lo que provee una relevancia de la temática en situaciones de la vida cotidiana fácilmente vinculables.

- Los hidratos de carbono no son tóxicos, generalmente baratos, fáciles de purificar y debido al desarrollo alcanzado en el último tiempo, pueden involucrarse en procedimientos reproducibles.
- La mayoría de las transformaciones pueden llevarse a cabo en tiempos acotados y programarse para clases de 3 o 4 horas con facilidad. Incluso de incorporar síntesis o prácticas en varios pasos los intermediarios suelen ser estables por días sin mayores cuidados.
- La versatilidad de estos compuestos permite desarrollar prácticas que involucren temas como: la selectividad en las transformaciones químicas, cinética, química computacional y análisis cuantitativos entre otros.

Es así como la elección del tema para desarrollar el primer taller de práctica experimental resulta sumamente interesante.

9.6.2 Esquema general de reacciones

El trabajo de síntesis consiste en la preparación de un glicósido. Los glicósidos se encuentran en la naturaleza en abundancia y cumplen una función relevante en numerosos procesos biológicos. (Bartnik, 2017) Para sintetizarlos en el laboratorio es necesario llevar a cabo una serie de reacciones. Mediante el siguiente esquema se presenta la propuesta a realizar en el taller.

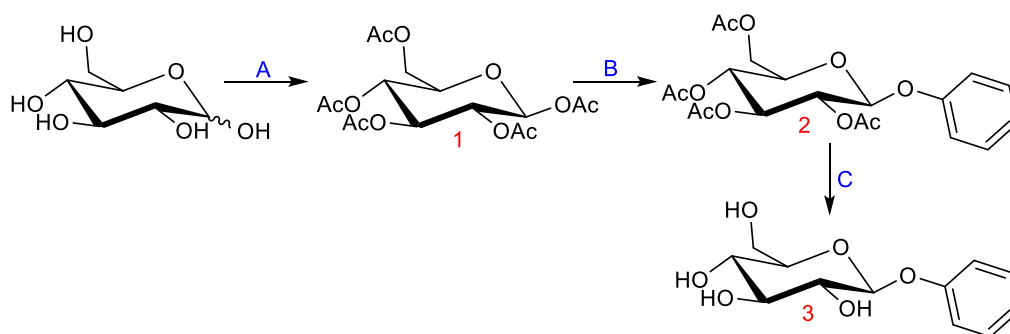


Figura 1. Esquema general de las reacciones de síntesis.

Como se puede observar se realizan tres reacciones distintas para obtener el producto final de interés pasando por dos compuestos intermediarios de síntesis. Las reacciones se pueden nombrar: protección (A), glicosilación (B) y desprotección (C). Estas son tres reacciones básicas y se estudian en el curso de química orgánica II.

Protección (A)

Los grupos protectores son un tema central en la síntesis orgánica. (Wuts y Greene, 2006) Es una estrategia desarrollada para impedir la reactividad temporal de ciertos grupos funcionales presentes en una molécula. De esta manera se pueden llevar a cabo reacciones selectivamente sobre un grupo funcional. Esto es central en la química de los azúcares ya que por su estructura natural poseen múltiples hidroxilos. El transformar los oxidrilos en metil ésteres es una de las reacciones de protección más empleadas en la química de carbohidratos.

Glicosilación (B)

Esta reacción puede ser tanto una etapa de biosíntesis en un proceso bioquímico natural como una reacción de laboratorio. Es central en los sistemas biológicos y produce glicósidos de gran relevancia. Es así como tratando de emular la naturaleza y buscando producir compuestos bioactivos se han desarrollado distintos métodos de síntesis de gliósidos. (Brito-Arias, 2022) La reacción planeada en este taller es de formación de un *O*-aril glicósido, compuestos naturales con bioactividad muy abundantes principalmente en el reino vegetal.

Desprotección (C)

Esta reacción es el complemento a la protección (A) y que, en conjunto, componen la estrategia de síntesis con grupos protectores. Es esencial que la protección y desprotección sean reacciones sencillas, desde la perspectiva de la síntesis orgánica, y puedan ocurrir sin alterar grupos funcionales en la molécula para poder finalmente obtener el compuesto objetivo. En este caso la hidrólisis de los ésteres se suele llevar a cabo sin dificultad en un medio básico usualmente en las condiciones descritas por Zemplén o relacionadas. (Ren, 2015)

9.6.3 Condiciones de reacción y sus implicancias

El esquema de reacción mostrado en el apartado 9.6.2 es una representación general de las reacciones involucradas en la síntesis multi pasos a realizar en el taller. Es importante aclarar que cada una de ellas, principalmente las reacciones **A** y **B**, presentan cierta complejidad y variaciones que pueden realizarse y, dependiendo de

ellas, distintos productos podrían obtenerse. Como se aprecia en el siguiente esquema la clave de selectividad se encuentra en la configuración anomérica.

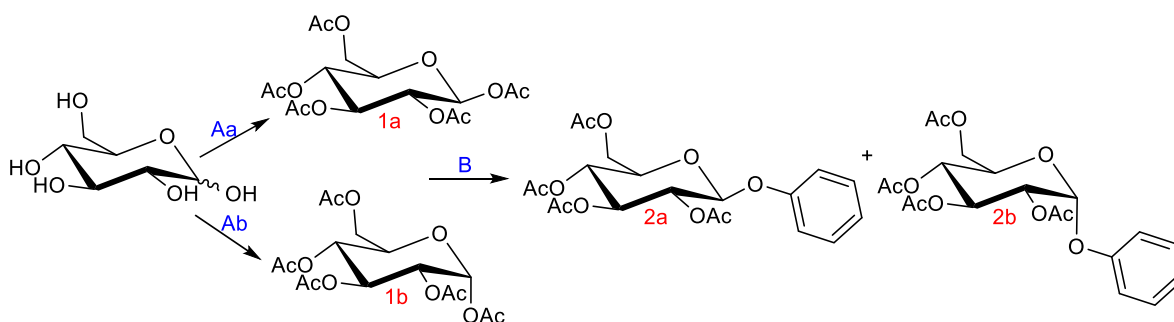


Figura 2. Selectividad anomérica de las reacciones planteadas.

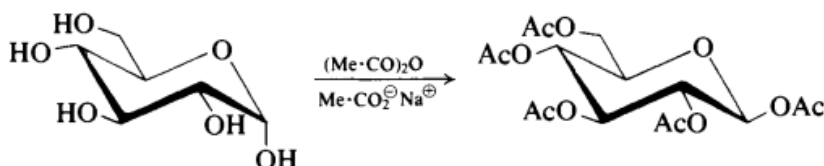
Se pueden obtener los anómeros alfa o beta de acuerdo con las condiciones de reacción del paso **A**. Es así como existen técnicas para preparar los compuestos **1a** y **1b**. En el caso de la reacción **B** el control de la selectividad anomérica también ha sido estudiado con profundidad y existen catalizadores para obtener con alto grado de selectividad los compuestos **2a** o **2b**. Sin embargo, es importante aclarar, que en este último caso prácticamente en todos los ejemplos reportados se detecta la presencia de un anómero minoritario. Es usual reportar estos resultados haciendo hincapié en la proporción de anómeros ya que los catalizadores empleados buscan selectividad, y de ella depende su éxito. Cabe aclarar que usualmente es dificultosa la separación de los anómeros mediante las técnicas de purificación usuales, por este motivo obtener un anómero en alta proporción es deseable.

En este taller se proponen técnicas que garantizan una alta selectividad tanto para la reacción **A** como **B**. Como el trabajo planeado es en pequeños grupos o individualmente se asignará a la mitad de ellos la preparación de **1a** y a la otra mitad la de **1b**. También probaran cambios en las condiciones de reacción, incluyendo catalizadores, para poder estudiar la selectividad de la reacción **B**, analizando por distintos métodos la presencia, y calcular proporciones, de los anómeros plausibles de ser obtenidos. A continuación, transcribimos de sus escritos originales las técnicas que serán adaptadas por alumnos y docentes. Las obtenciones de **1a** y **1b** son copias de las presentadas en el clásico *Vogel's Textbook of Practical Organic Chemistry*. (Furniss, 1989) La síntesis de **2** se planea realizar según lo descrito Lee y sus colegas. (Lee, 2001) Si bien en una primera instancia se propone seguir estas técnicas existen otras reportadas en la literatura, parte del trabajo planeado incluye la posibilidad de

realizar una búsqueda bibliográfica y discutir y analizar entre docentes y alumnos la factibilidad de emplear otras metodologías para cumplir con el objetivo.

Preparación de 1a

Experiment 5.107 1,2,3,4,6-PENTA-O-ACETYL- β -D-GLUCOPYRANOSE (β -D-Glucopyranose penta-acetate)



Grind together in a porcelain mortar 4 g of anhydrous sodium acetate (Section 4.2.69, p. 464) and 5 g (0.028 mol) of dry α -D-glucose and place the powdered mixture in a 200-ml round-bottomed flask. Add 27 g (25 ml, 0.26 mol) of acetic anhydride, attach a double surface condenser and heat on a boiling water bath until a clear solution is obtained (1), shaking the mixture from time to time. Continue heating for a further 2 hours after a clear solution has been obtained and then pour the reaction mixture on to 250 ml of crushed ice. Allow to stand for 1 hour, stirring occasionally to break up the solid lumps which separate. Filter off the crystals, wash well with cold water and recrystallise from industrial spirit (or from methanol or ethanol) until the purified material has m.p. 131–132 °C, $[\alpha]_D^{18} + 4.0^\circ$ (c 4.5 in CHCl₃). The yield is 6.2 g (56%).

Conversion of β -into α -D-glucose penta-acetate. Add 0.5 g of anhydrous zinc chloride rapidly to 25 ml of acetic anhydride in a 100-ml round-bottomed

flask, fitted with a Liebig condenser, and heat on a boiling water bath to dissolve the solid. Add 5 g of pure β -D-glucose penta-acetate, continue heating for 30 minutes, pour the mixture on to ice and purify the solid which separates as described above. The effectiveness of the conversion may be monitored by t.l.c. on silica gel plates using cyclohexane/acetone (7:3) and locating the two closely running spots by immersing the developed and dried plate in a tank of iodine vapour.

Note. (1) It is dangerous to scale up this experiment without modifying the preparative procedure. If 50 g of glucose is to be acetylated, a 2-litre round-bottomed flask should be fitted with two wide-bore Liebig condensers in series, and a large vessel filled with ice-water should be readily available to plunge the reaction flask into, should the vigorous reaction which ensues on heating need controlling. With a scale using 100 g of glucose a procedure involving the addition of α -D-glucose to a pre-heated sodium acetate–acetic anhydride mixture at such a rate as to keep the mixture under reflux but without the reaction getting out of control has been described.¹⁵¹

Preparación de 1b

Experiment 5.106 1,2,3,4,6-PENTA-O-ACETYL- α -D-GLUCOPYRANOSE (α -D-Glucopyranose penta-acetate)



Method A. Into a 100-ml round-bottomed flask place 0.5 g of anhydrous zinc chloride (1) and 13.5 g (12.5 ml, 0.13 mol) of acetic anhydride; attach a Leibig reflux condenser and heat the mixture on a boiling water bath for 5–10 minutes with occasional shaking until the zinc chloride has largely dissolved.

Add slowly 2.5 g (0.014 mol) of powdered α -glucose, shaking the mixture gently during the addition to control the vigorous reaction which ensues. Finally heat the flask for 1 hour on a boiling water bath (2). Pour the contents of the flask into 125 ml of ice-water and stir vigorously to assist the hydrolysis of unreacted acetic anhydride. After about 30 minutes the oil which first separates will gradually solidify. Filter, wash well with cold water and recrystallise several times from industrial spirit until the m.p. is constant. The pure product melts at 110–111 °C; the yield is 3.5 g (63%).

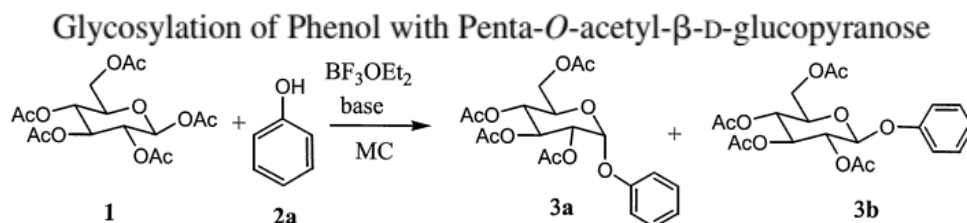
Method B. To a mixture of 16.25 g (15 ml, 0.16 mol) of acetic anhydride and 25 ml of glacial acetic acid in a conical flask add 5 g (0.028 mol) of powdered glucose. Add dropwise (Pasteur pipette) and with shaking 1 ml of perchloric acid–acetic anhydride catalyst (3), at such a rate that the temperature of the mixture does not exceed 35 °C. Leave at room temperature for 30 minutes and then pour the liquid into a mixture of ice and water. Filter off the crystalline solid which separates on vigorous stirring and wash it thoroughly with cold water. Recrystallise from industrial spirit until the m.p. is constant; the pure product has m.p. 110–111 °C, $[\alpha]_{\text{D}}^{18} + 101.6^\circ$ (c 0.28 in CHCl_3). The yield is 8 g (72%).

Notes. (1) Zinc chloride is extremely deliquescent and it must therefore be introduced into the flask as rapidly as possible. Place a small stick of zinc chloride in a glass mortar, powder rapidly, and weigh out the required amount.

(2) Although the time of heating may be reduced to 30 minutes by heating in an air bath the product is somewhat discoloured and requires at least one recrystallisation involving the use of decolourising charcoal.

(3) The perchloric acid–acetic anhydride catalyst may be prepared by adding 1.0 g of 60 per cent perchloric acid to 2.3 g of acetic anhydride maintained at 0 °C.

Preparación de 2



EXPERIMENTAL

A typical procedure for the glycosylation is as follows: to a mixture of penta-*O*-acetyl- β -D-glucopyranose (10 mmol) and phenol derivative (15 mmol) under a nitrogen atmosphere, was added triethylamine (5 mmol) in methylene chloride (20 mL) and then $\text{BF}_3 \cdot \text{OEt}_2$ (25 mmol) in methylene chloride (5 mL) over 30 min. The reaction mixture was then kept stirring for the time shown in **Table 2**. Saturated aqueous sodium bicarbonate (20 mL) was added to the reaction mixture, and the reaction mixture was then extracted with ethyl acetate (30 mL \times 2). The organic layer was dried over magnesium sulfate and the filtrate was concentrated in a vacuum evaporator. The residue was chromatographed on silica gel to give the phenyl glucoside product.

9.7 Descripción detallada del “Taller de Aislamiento”

La segunda parte del taller planeado se llevará a cabo durante el dictado de la segunda parte de la asignatura, es decir, luego del primer parcial. En las próximas secciones realizamos una descripción indicando toda la información necesaria para llevar a cabo una práctica docente de aislamiento, purificación e identificación de un producto natural.

9.7.1 Introducción

La química orgánica de los productos naturales es un área de gran interés y se estudia en la asignatura que abordamos en esta práctica. (Claramunt Vallespí, 2013) Es así como incluir trabajos experimentales en esta temática se vuelve necesario. Los productos naturales suelen ser metabolitos secundarios, es decir moléculas orgánicas que se biosintetizan mediante diversas rutas y constituyen compuestos no primariamente esenciales para los organismos vivos.²² Sin embargo esta definición no

²² Diferencia principal de los productos naturales con los azúcares, aminoácidos, nucleótidos y polímeros derivados que si son esenciales y omnipresentes en los seres vivos.

es estricta y dentro de la reconocida complejidad de la naturaleza, existen ejemplos donde las fronteras entre metabolitos primarios y secundarios son difusas. (Ringuelet, 2013)

Los productos naturales han sido estudiados con pasión y detalle desde hace siglos y fueron en muchos casos los grandes impulsores en avances de síntesis orgánica y determinación estructural de moléculas bioorgánicas. El interés humano en conocer estructuralmente y sintetizar esta familia de compuestos radica en sus conocidos efectos fisiológicos y variada bioactividad. Es así como hay compuestos naturales que son narcóticos y alucinógenos (morfina, cocaína, THC), venenos (estricnia, batracotoxina), estimulantes (caféina, nicotina), medicamentos (penicilina G, ricina, efedrina), perfumes y esencias (geraniol, cinamaldehído), etc. Esto hace que sean compuestos conocidos popularmente, con historia, interés industrial o de uso común en ciertas áreas y por tanto ideales para ser trabajados en prácticas docentes.

9.7.2 Estructuras de productos naturales

El hinojo (*Foeniculum vulgare*) es una planta perteneciente a la familia de las Apiaceas que se cultiva en todo el mundo y en Argentina es común su uso culinario. Además de ser consumido en diversas preparaciones, sus extractos son conocidos por poseer ciertas propiedades terapéuticas. El extracto de hinojo se ha empleado en la medicina tradicional y popular como antiespasmódico, anti-inflamatorio, expectorante, diurético y laxante. (Parfitt, 1999) La extracción de aceites esenciales volátiles se conoce desde hace tiempo y su composición se ha determinado. Principalmente contiene dos principios activos, el anetol (40-70%) y la fenchona (1-20%) (Raghavan, 2006).

El anetol es un compuesto aromático y que le da al hinojo su sabor tan particular y también se encuentra presente en el anís estrellado, de ahí las similitudes de aroma entre ambas plantas. Su estructura es relativamente sencilla, es el trans-1-metoxi-4-(prop-1-enil)benceno. La fenchona, 1,3,3-trimetilbicyclo[2.2.1]heptan-2-ona, es un compuesto de la familia de los terpenos que es un líquido incoloro aceitoso. Su aroma es similar a la del alcanfor y se utiliza ampliamente en la industria de los alimentos y la perfumería. También se encuentran presentes en menor proporción el limoneno (1-metil-4-(prop-1-en-2-il)ciclohex-1-eno) y el estragol (p-alilanol). En la siguiente imagen mostramos las estructuras de estos productos naturales.

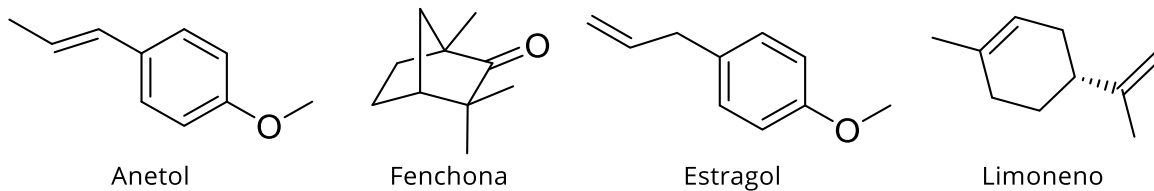


Figura 3. Productos naturales presentes en el extracto de hinojo.

La extracción de estos productos naturales puede llevarse a cabo de diversas maneras. En esta práctica proponemos una moderna metodología de extracción utilizando fluidos supercríticos.

9.7.3 Técnicas de aislamiento

Existen diversas técnicas de aislamiento de productos naturales de sus matrices vegetales. Se pueden mencionar extracciones con solventes orgánicos y acuosos activos, destilaciones por arrastre con vapor de agua, el uso de sistemas continuos como el soxhlet, etc... En los últimos años ha crecido el interés en el uso del dióxido de carbono como líquido o fluido supercrítico de extracción.²³ El CO₂ es un líquido en condiciones relativamente fáciles de acceder en los rangos de temperatura de -56,6 a 31,0 °C y 5,2 a 73,8 bar de presión. A temperaturas mayores a 31,0°C y presiones cercanas a la presión crítica de 73,8 bar el CO₂ se encuentra en un estado particular definido como fluido supercrítico (scCO₂). El scCO₂ puede actuar como solvente de extracción y tiene propiedades similares a los dos estados de agregación, el gas y el líquido. Las propiedades gaseosas, como una muy baja tensión superficial y viscosidad, permiten al solvente penetrar eficientemente en matrices complejas como las vegetales. Las características fisicoquímicas líquidas confieren al scCO₂ una muy buena capacidad de solvatación de sustancias orgánicas y, por ende, un excelente potencial para extraer las sustancias de interés. Otro punto de sumo interés para desarrollar metodologías de extracción con scCO₂ es que estos procesos suelen cumplir con los postulados de la química verde. Se lo puede considerar un solvente verde ya que no es inflamable, relativamente no tóxico, muy accesible y económico y medioambientalmente más benigno que los solventes orgánicos comúnmente utilizados.

²³ En la actualidad existen numerosas aplicaciones industriales del scCO₂ para diversos procesos de extracción. Se puede ver un compendio de ellos en del Valle (2015).

En el presente trabajo práctico de laboratorio se realizará una serie de extracciones con scCO_2 de productos naturales, en distintas condiciones y empleando una técnica sencilla desarrollada por McKenzie (2004). Esta consiste en un procedimiento sumamente asequible, un esquema del equipamiento y metodología se presente a continuación.

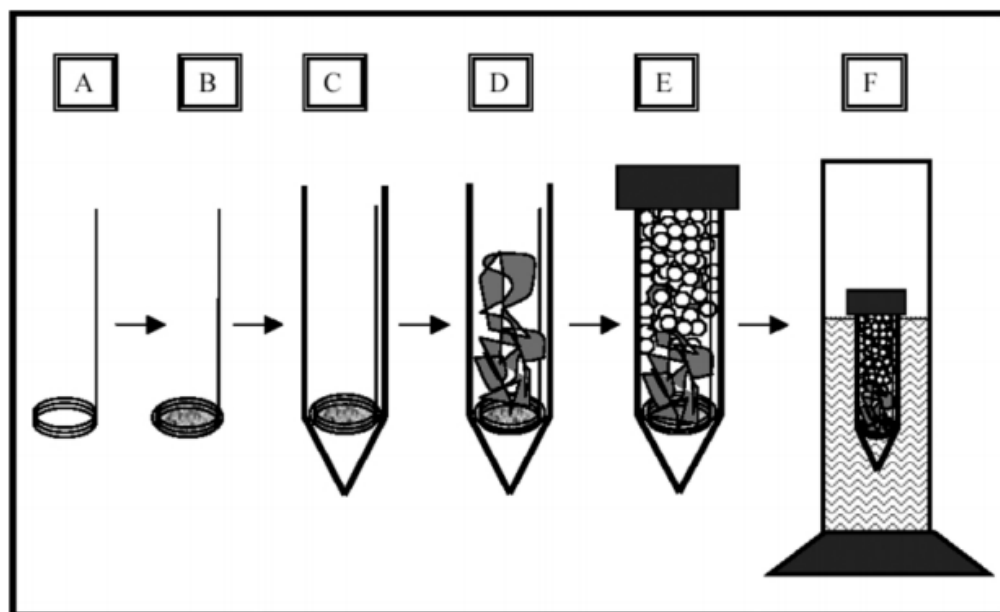


Fig. 2 Illustration of the liquid CO_2 extraction procedure. A solid trap is constructed by (A) bending copper wire into coils and a handle, (B) placing filter paper or metal screen between the wire coils, and (C) placing the solid trap in a centrifuge tube. For extraction, (D) grated orange peel is placed in the tube, and (E) the tube is filled with crushed dry ice and sealed with a cap. (F) The prepared centrifuge tube is placed in the water in the graduated cylinder, and the liquefaction and extraction occur over the following three minutes.

Figura 4. Diagrama del material necesario para la extracción con fluidos supercríticos.

Este método se probó para la extracción de limoneno a partir de la cáscara de naranja y en un trabajo publicado recientemente para la extracción de anetol del hinojo. A continuación, reproducimos la técnica reportada. (Bodsgard, 2016).

Preparing the Substance for Extraction

Solids: Use a coffee grinder or mortar and pestle to pulverize the solid.

Semi-solids: Use a very fine cheese grater.

Preparing the Extraction Vessel

A. Record the mass of a 15 mL centrifuge tube.

B. Obtain roughly 1.4 g of the ground solid to be extracted.

C. Obtain an empty tea bag and fill your prepared substance within the bag to create a neat packet. The bag should be stapled or sewn to prevent material from escaping and mixing with your extracted essential oil. **Do not pack tightly** as a tight pack may prevent liquid carbon dioxide from freely passing through the sample.

D. Place the packet within the centrifuge tube. Take care to leave space at the bottom for the liquid extract to collect.

Extraction Procedure

A. Fill the centrifuge tube with finely crushed dry ice, tapping the bottom of the tube on the counter to allow the dry ice to settle, and adding more dry ice until the tube is full.

Caution: Use the cryo gloves to handle dry ice.

Danger: Do not cap the centrifuge tube outside of the hood!

B. **Within the hood**, cap the centrifuge tube quickly and tighten it until the cap stops twisting. Too loose a seal will not allow sufficient pressure to build. Too tight a seal may cause the tube to rupture.

C. Lower the full centrifuge tube, tapered end first, into the water bath waiting in the hood. Pull the hood safety glass down as soon as you place the centrifuge tube into the warm water bath.

D. The dry ice should become liquid CO₂ after a minute and remain in the liquid phase for about 3 minutes until all the gas has seeped out the top.

Note: If the CO₂ has not entered the liquid phase after 2 minutes, the centrifuge tube did not have a tight enough seal, and either the cap and tube should be replaced, or the was not sealed quickly enough. Take care unscrewing the tube as the tube may still be under pressure!

E. After the liquid CO₂ is no longer present, uncap the tube. Take care unscrewing the tube as the tube may still be under pressure!

F. If necessary, rearrange the material before the second extraction.

G. Repeat the extraction by refilling the tube with dry ice, resealing the cap and putting the tube back in the water.

H. Carefully remove the packet with tweezers. Weigh the centrifuge tube and record the mass

En el taller diseñado se planea trabajar realizando múltiples técnicas de extracción en simultaneo para compararlas en cuanto a todas las variables propias de estas metodologías, desde rendimiento de extracción, eficiencia, selectividad hasta los parámetros propios de la química verde.

El trabajo consiste en realizar aislamientos del hinojo y la cáscara de naranja mediante las técnicas de:

- Destilación por arrastre con vapor de agua.
- Extracción continua con Soxhlet.
- Extracciones simples en ampolla de decantación.
- Extracciones con $scCO_2$

Las variables de trabajo serán el número de extracciones, los solventes y la naturaleza de la matriz vegetal. Los resultados obtenidos permitirán obtener un cúmulo de información muy provechosa para el trabajo docente en diversos aspectos.

9.8 Bibliografía específica del apartado 5

- [1] Mohrig, J. R. J. Chem. Educ. 2004, 81, 1083–1084.
- [2] Domin, D. S. J. Chem. Educ. 1999, 76, 543–547.
- [3] Tien, L. T.; Rickey, D.; Stacy, A. M. J. Coll. Sci. Teach. 1999, 28, 318–324.
- [4] Pickering, M. J. Chem. Educ. 1991, 68, 232–234.
- [5] Cooley, J. H. J. Chem. Educ. 1991, 68, 503–504.
- [6] Coppola, B. P. Laboratory Instruction: Ensuring an Active Learning Experience. In McKeachie's Teaching Tips: Strategies, Research, and Theory for College and University Teachers, 12th ed.; McKeachie, W. J., Svinicki, M., Eds.; Houghton Mifflin: Boston, 2006; pp 266–277.
- [7] Montes, L. D.; Rockley, M. G. J. Chem. Educ. 2002, 79, 244–247
- [8] Mohrig, J. R.; Hammond, C. N.; Schatz, P. F.; Morrill, T. C. Modern Projects and Experiments in Organic Chemistry, 2nd ed.; W. H. Freeman: New York, 2003
- [9] Lehman, J. W. Microscale Operational Organic Chemistry; Pearson Education, Inc.: Upper Saddle River, NJ, 2004.
- [10] Greenberg, F. H. J. Chem. Educ. 1990, 67, 611.
- [11] (a) Ege, S. N.; Coppola, B. P.; Lawton, R. G. J. Chem. Educ. 1997, 74, 74–83. (b) Coppola, B. P.; Ege, S. N.; Lawton, R. G. J. Chem. Educ. 1997, 74, 84–94.
- [12] McCreary, C. L.; Golde, M. F.; Koeske, R. J. Chem. Educ. 2006, 83, 804–810.
- [13] Farrell, J. J.; Moog, R. S.; Spencer, J. N. J. Chem. Educ. 1999, 76, 570–574.
- [14] McKeachie, W. J. McKeachie's Teaching Tips: Strategies, Research, and Theory for College and University

Teachers, 10th ed.; Houghton Mifflin: Boston, 1999; pp 149–152.

[15] Georgia State University, Center for Workshops in the Chemical Sciences Home Page. <http://chemistry.gsu.edu/CWCS/> (accessed Feb 2007).

[16] Herreid, C. F. J. *Coll. Sci. Teach.* 2003–2004, 33, 8–11.

[17] Herrington, D. G.; Nakhleh, M. B. *J. Chem. Educ.* 2003, 80, 1197–1205.

[18] Luft, J. A.; Kurdziel, J. P.; Roehrig, G. H.; Turner, J. J. *Res.Sci. Teach.* 2004, 41, 211–233.

[19] Roehrig, G. H.; Luft, J. A.; Kurdziel, J. P.; Turner, J. A. *J. Chem. Educ.* 2003, 80, 1206–1210.

[20] Tien, L. T.; Roth, V.; Kampmeier, J. A. *J. Chem. Educ.* 2004, 81, 1313–1321.

[21] Gosser, D. K., Jr.; Roth, V. *J. Chem. Educ.* 1998, 75, 185–187.

[22] Browne, L. M.; Blackburn, E. V. *J. Chem. Educ.* 1999, 76, 1104–1107.

[23] Bunce, D. M. *J. Coll. Sci. Teach.* 1995–1996, 25, 169–171.

[24] Spencer, J. N. *J. Chem. Educ.* 1999, 76, 566–569.

[25] Gottfried, A. C.; Coppola, B. P.; Reynolds, B. P. Honors Cup: Incorporating a Synthetic Project Competition in Second Semester Undergraduate Organic Chemistry. In *Abstracts of Papers, 228th American Chemical Society National Meeting, Philadelphia, PA, Aug 22–26, 2004*; American Chemical Society: Washington, DC, 2004; CHED-075.