

Tomándole el pulso a la resonancia magnética nuclear

Juan Carlos Cedrón
jccedron@pucp.edu.pe
Pontificia Universidad Católica del Perú

Resumen:

En este artículo, se presenta la aplicación de la metodología ABP en un curso de octavo ciclo de la especialidad de Química. Para ello, se formaron grupos de trabajo y se entregó a cada alumno un problema integral del tema, el cual corresponde a la nota del cuarto examen del curso. El trabajo de cada clase, en el que los alumnos desarrollaban actividades que fijaban los conocimientos necesarios para el desarrollo del problema integral, mostró una mejor predisposición de los alumnos al tema y un ambiente de trabajo más agradable.

Palabras claves: resonancia magnética nuclear, ABP, química, problema integral

Introducción

El curso de Físicoquímica 3 es obligatorio para todos los estudiantes de la especialidad de Química en la PUCP. Corresponde a un curso de octavo ciclo, con 4 horas de clase semanales y es el último de las tres físicoquímicas que los alumnos deberán llevar en su carrera. La segunda parte del curso se centra en el tema de espectroscopia de resonancia magnética nuclear (RMN), una técnica muy útil para poder establecer la estructura de un compuesto químico. La técnica se basa en la irradiación de pulsos de radiación electromagnética de distintas longitudes de onda sobre una muestra desconocida, de la cual se desea averiguar su estructura química. En esta parte del curso, se ven aspectos teóricos de la RMN y, a continuación, ejemplos de aplicación, donde los alumnos aprenden las diversas técnicas que les permiten establecer inequívocamente la secuencia de átomos que conforma una molécula. El curso de Físicoquímica 3 en el semestre 2011-2 se evalúa con 4 exámenes, de los cuales los dos últimos corresponden al tema de RMN.

Las clases de este curso se han venido desarrollando en los últimos años de manera tradicional, combinada con el desarrollo de algunos problemas por parte de los alumnos en el transcurso de clase. Dado que el tema de RMN se puede aprender más experimentalmente que de manera teórica, se pensó en utilizar la metodología ABP (aprendizaje basado en problemas) para este curso.

Objetivo de aprendizaje involucrado en la actividad

Al final del tema, los alumnos conocerán los principios físicos de la espectroscopia de la resonancia magnética nuclear y los aplicarán a la elucidación de la estructura de moléculas, combinando diversas técnicas de RMN para llegar a la respuesta.

Descripción de la actividad

El primer día de clase de RMN, se presentó el contenido del cuarto examen a los alumnos como un gran “problema integral” de la unidad. Este examen tenía cuatro preguntas claramente diferenciadas:

Las dos primeras preguntas son individuales y únicas para cada alumno, y suman un total de 8 puntos de la nota. Los problemas presentan diversos espectros de RMN, los cuales deberán ser interpretados por los alumnos para proponer, así, una estructura plausible. La tercera pregunta es común para cada dos alumnos del aula y tiene un valor de 6 puntos. En ella, deberán combinar las distintas técnicas de RMN para resolver un problema en particular, en el cual los alumnos deberán concluir cómo llegan a la respuesta que ellos proponen. La cuarta pregunta es común para cuatro alumnos y tiene un puntaje de 6 puntos. Esta pregunta se basa en el hecho de que los alumnos lean un artículo científico en el que se discuta la elucidación de la estructura de un compuesto químico. Los alumnos deberán explicar cómo los autores han llegado a la propuesta usando la técnica de RMN.

El día de la presentación del examen, se asignó a cada alumno los problemas individuales, en pareja y en grupo. Asimismo, el contenido del examen fue leído con ellos para que identifiquen qué conocen y qué desconocen del tema. En ese instante, se aclararon las dudas que se pudieran tener sobre la metodología a seguir y sobre las evaluaciones.

Los grupos de cuatro personas, tanto para la distribución de las preguntas del problema integral como para el posterior trabajo en el aula, fueron formados en función al rendimiento académico de los alumnos. Para ello, se organizaron grupos en los que se combinaron alumnos

de alto rendimiento con aquellos de rendimiento menor.

Ejecución de la actividad

Una vez anotado lo que los alumnos sabían y desconocían del tema, se desarrollaron las clases teóricas. En ellas, se describió la técnica desde un punto de vista analítico, incluyendo todas las ecuaciones matemáticas que permiten el análisis espectroscópico. Para motivar a los alumnos, se les propuso una corta lectura (2 páginas) de una revista científica sobre la técnica de RMN para que la lean y sirva de punto de partida para las discusiones de clase.

Tras la introducción teórica, se desarrollaron las distintas técnicas de RMN que permiten el análisis de un compuesto químico. Cada clase fue unida a una actividad práctica para que los propios alumnos pudieran trabajar en la técnica, y discutir entre ellos y con el profesor sobre los problemas que pudieran tener. Acabada la actividad, se realizó una puesta en común para discutir el problema y aclarar cualquier duda sobre el tema. Dos actividades fueron recogidas para verificar el avance de los alumnos y la nota asignada a las mismas (2 puntos) fue incluida en el tercer examen.

Se enfocaron las actividades según el grado de dificultad, empezando por las más simples y llegando a las más complejas. Asimismo, se buscaron ejemplos reales (extraídos de publicaciones científicas) para que los alumnos pudieran aplicar lo aprendido en casos cotidianos.

Ejemplos de actividades de aula

Algunas actividades se basaron en artículos científicos para que los alumnos analicen estructuras químicas y propongan cómo se dedujo la misma a partir de los espectros de RMN mostrados. Un ejemplo se presenta en el **Anexo 1**. Nótese el tipo de preguntas: se busca que los alumnos analicen, expliquen y tomen una decisión.

Las actividades fueron diseñadas para complementar la teoría discutida y para ser desarrolladas en sesiones de 1 o 2 horas, dependiendo de la longitud y dificultad de la actividad. Estas actividades preparan al alumno para las preguntas del cuarto examen, que constituyen el problema integral del tema. Un ejemplo de una pregunta del problema integral se muestra en el **Anexo 2**: la intención de la pregunta mostrada es que el alumno explique un hecho en función de sus conocimientos. Es de esperar que el desarrollo de las actividades previas prepare al alumno para enfrentar este tipo de pregunta.

Metodología

La metodología de clase fue colaborativa, es decir, los alumnos trabajaban en grupo las actividades propuestas. El eje central del tema era el problema integral, el cual

se desarrollaba mediante un ABP. A continuación, se presenta un resumen de la planificación de las clases de RMN y de las actividades colaborativas:

Actividad	Procedimiento	Materiales	Tiempo total en el semestre
Aspectos teóricos de la RMN	Explicación, discusión con los alumnos	Power Point, lecturas de libros	6 horas
Actividades de aplicación de la RMN	Los alumnos desarrollan actividades en grupo, en las que elucidan la estructura de moléculas a partir de espectros de RMN.	Actividades, artículos científicos	14 horas
Puesta en común de las actividades	Se discute con los alumnos los detalles de las actividades, aclarando aquellos puntos en los que puedan tener dudas.	Power Point, actividades	6 horas
Preparación para el cuarto examen	Los alumnos disponen de 2 horas para resolver dudas sobre los problemas que tienen al desarrollar el problema integral.	El que el alumno considere necesario	

Observaciones

Está claro que es necesario un cierto conocimiento de RMN por parte de los alumnos. Esta técnica es introducida en otros cursos obligatorios de la especialidad de Química, entre quinto y séptimo ciclo, pero de manera puntual, dependiendo del curso. Por ello, la introducción teórica no fue demasiado extensa, sino, más bien, una discusión con ellos en la que se presentó la técnica espectroscópica.

Se observó una mejor predisposición de los alumnos en cada clase. El hecho de que dispongan de actividades, en las que ellos en grupo discuten y proponen una solución a cada problema, resulta mucho más atractivo que la clase convencional en la que el profesor resuelve problemas.

Una observación importante es que no todos los alumnos desarrollan la actividad a la misma velocidad: existen alumnos que requieren más tiempo para resolver un problema. Por ello, es necesario supervisar a cada alumno durante el trabajo en el aula y ayudarle a enfocar el pro-

blema en caso de que tenga dificultades para plantear la solución.

La metodología es aplicable a otros cursos de Ciencias e Ingeniería y también a laboratorios, donde se puede desarrollar un problema integral como eje central del curso. Por ejemplo, en el curso Laboratorio 1 de Química Analítica, los alumnos aprenden diversos métodos para detectar una gran variedad de cationes y aniones en solución, para luego aplicarlo a una muestra real. El presentar la muestra problema al inicio les hace identificar qué saben y qué desconocen del método, y ellos mismos tendrán que desarrollar las habilidades para poder identificar a cada especie química.

Conclusiones

El presente trabajo muestra que el aprendizaje basado en problemas (ABP) puede ser aplicado sin problemas en cursos de Ciencias de niveles avanzados. Para ello, es necesario diseñar adecuadamente las clases, dando a los alumnos las herramientas necesarias para dar solución al problema planteado. Se observó un mayor interés por parte de los alumnos en un curso que suele ser muy teórico y mejores habilidades para resolver problemas relacionados con el tema.

ANEXO 1: Ejemplo de actividad para el trabajo en el aula

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

Fisicoquímica 3

2° semestre 2011

Unidad 7: Resonancia Magnética Nuclear

Actividad 7.3

A continuación, se presenta el artículo titulado “Antituberculosis cycloartane triterpenoids from *Radermachera boniana*”. En función al texto y la discusión del artículo propuestos por los autores, se pide:

1. Analizar las estructuras **1** y **2**. ¿Qué diferencias/semejanzas debemos esperar en sus espectros de ^1H - y ^{13}C -RMN?
2. Analizar los desplazamientos del carbono N.º 19 (el del ciclopropano). ¿Son los valores esperados?
3. Se ha anexado un par de espectros (^1H - y ^{13}C -) de RMN de un producto: **1** o **2**. Determine cuál producto (**1** o **2**) origina dichos espectros.

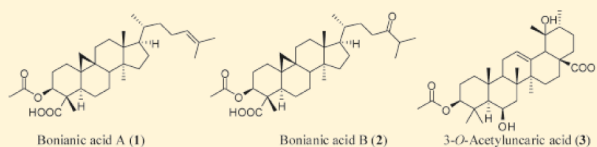
**JOURNAL OF
NATURAL
PRODUCTS**

NOTE

pubs.acs.org/jnp

**Antituberculosis Cycloartane Triterpenoids from
*Radermachera boniana***

ABSTRACT: Three new triterpenoids, bonianic acids A (**1**) and B (**2**) and 3-O-acetyluncaric acid (**3**), were isolated from the leaves and twigs of *Radermachera boniana*, together with six known compounds, ursolic acid (**4**), oleanolic acid (**5**), 3-epioleanolic acid (**6**), 3 α -O-acetyl- α -boswellic acid (**7**), ergosterol peroxide (**8**), and β -sitostenone (**9**). Ergosterol peroxide (**8**) and bonianic acids A (**1**) and B (**2**) exhibited significant activity against *Mycobacterium tuberculosis* H₃₇Rv strain.



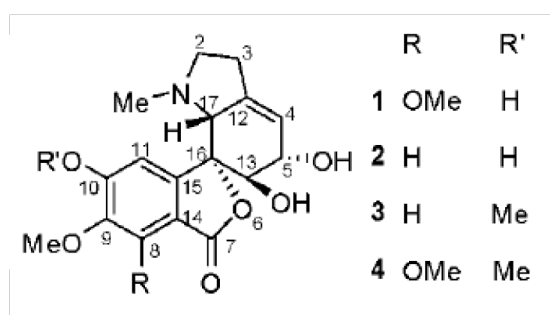
ANEXO 2: Ejemplo de pregunta del problema integral

PREGUNTA 4 (6 puntos)

En la siguiente página, encontrará una copia del artículo titulado “Benzylphenethylamine alkaloids from *Hosta plantaginea* with inhibitory activity against tobacco mosaic virus and acetylcholinesterase” (*J. Nat. Prod.* 70, 1458-1461, 2007).

Se pide:

- Obtener la información adicional del documento (“*supporting information*”).
- Para el **alcaloide N.º 1** (ver estructura a continuación) se pide:
 1. Explicar cómo, a partir de los espectros presentados en la información adicional y de otras técnicas espectroscópicas y espectrométricas, se ha propuesto la estructura del alcaloide en mención.
 2. Recuerde que el artículo hace mención a una estructura compleja, con centros asimétricos. Mencionar y discutir brevemente cómo proponen tal configuración relativa.
 3. Explicar la asignación y multiplicidad de las señales del espectro de ^1H -RMN y la asignación de señales del espectro de ^{13}C -RMN propuesta por los autores.



No olvide ningún detalle. Recuerde que el objetivo es explicar cómo a partir de los espectros mostrados se ha deducido tal estructura. Use las referencias bibliográficas (si fuese necesario) discutidas en el texto.