

Metodologías Activas en la Enseñanza de la Química General

Patricia Morales Bueno

Departamento de Ciencias, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima 32, Perú

INTRODUCCIÓN

Desde hace mucho tiempo existe una discusión permanente en relación a la necesidad de definir nuevas finalidades para la enseñanza de las ciencias. El tema de debate es complejo, ya que involucra un replanteamiento de una serie de aspectos del sistema educativo como son, el plan de estudios y su articulación, las opciones didácticas, el docente y la función del entorno educativo.

Las ideologías científicistas y tecnocráticas imperantes en el siglo XIX y buena parte del siglo XX (según las cuales la ciencia y la tecnología son las primeras y principales causas del progreso social) han generado, de alguna manera, el surgimiento de una corriente contraria, más bien anticientífica y antitecnológica, como consecuencia de los efectos negativos del desarrollo de la ciencia y la tecnología sobre la vida y la sociedad, entre los que se pueden mencionar el creciente deterioro del medio ambiente, los riesgos de los ensayos nucleares, de los experimentos genéticos, etc. Sin embargo, no se deja de reconocer la importancia que reviste la ciencia, no sólo en la formación de las personas sino como pilar del desarrollo sostenible en todos sus aspectos, especialmente en los económicos, sociales y ecológicos. ¿Cómo lograr humanizar la ciencia? ¿Cómo lograr desarrollar una cultura científica básica que permita comprender, adaptarse y cuestionar el cambiante entorno tecnológico que caracteriza a la sociedad actual? Es evidente que estos retos se deben resolver a través de la educación, en particular en la forma como se enseña la ciencia.

El planteamiento de estos cuestionamientos ha generado una serie de propuestas de reforma, una corriente importante en este sentido es el Movimiento Ciencia Tecnología y Sociedad (CTS)¹. Este movimiento propone un proceso de alfabetización en ciencia y tecnología para todas las personas, con una visión centrada en la formación de actitudes, valores

y normas de comportamiento respecto a la intervención de la ciencia y la tecnología en la sociedad y viceversa, con el fin de ejercer responsablemente como ciudadanos y poder tomar decisiones razonadas y democráticas en la sociedad civil. Esta opción educativa da prioridad a los contenidos actitudinales (cognitivos, afectivos y valorativos) y axiológicos (valores y normas). Desde esta perspectiva se pretende también una mejor comprensión de la ciencia y la tecnología en su contexto social, de tal manera que los estudiantes adquieran algunas capacidades que les ayuden a interpretar, al menos de una forma parcial, cuestiones controvertidas relacionadas con los impactos sociales de la ciencia y la tecnología y con la calidad de las condiciones de vida en una sociedad imbuida en ellas.

Un punto de discusión con respecto a esta propuesta es que si bien puede ser adecuada para la formación de ciudadanos comunes, no lo es para preparar futuros científicos o ingenieros. Es así como se desarrollan dos corrientes en los estudios CTS, una que aborda el tema desde las ciencias sociales con el fin de hacer más conscientes a los científicos e ingenieros del contexto social en el que trabajan y otra que aborda el tema desde las ciencias experimentales y la tecnología, para proporcionar una mayor comprensión pública de éstas y cómo pueden contribuir a la solución de problemas sociales.

Bajo cualquiera de los dos enfoques es claro que no basta con resolver el problema de la temática de las disciplinas científicas. Es indudable que la definición del plan de estudios tiene que responder a los objetivos que se planteen en la estructuración del perfil profesional que se desee alcanzar. Es necesario que simultáneamente se haga una reflexión sobre la forma cómo se enseñan las ciencias.

Es un hecho conocido que el desarrollo acelerado de la Ciencia y la Tecnología ha incrementado enormemente el

volumen de información disponible, el cual, dentro de los esquemas clásicos de la enseñanza de las ciencias, fue reduciendo el número de personas que fueran capaces de comprender, desarrollarse y aportar en esta área del conocimiento humano, convirtiéndose gradualmente en un grupo casi exclusivo y muchas veces desconectado de la realidad social. Sin embargo, la ciencia repercute en todos los aspectos del desarrollo social y de ahí la necesidad de que accedan a ella no sólo una élite, sino la gran mayoría de personas. La forma tradicional de impartir la enseñanza científica no contribuye a alcanzar este objetivo. El problema ha sido identificado y planteado ya en muchos foros de discusión, un ejemplo es la 46^o Reunión de la Conferencia Internacional de Educación, organizada por la OEI (2001)², en ella se cuestionaba si “¿la forma en que se concibe y materializa la enseñanza científica, desde el punto de vista de los contenidos, métodos y estrategias de aprendizaje, permite hacer frente satisfactoriamente a todo un conjunto de desafíos: la rapidez de los cambios, la complejidad e interdisciplinariedad, la dimensión ética y social y la problemática cívica?”. Las conclusiones sobre este tema condujeron a un balance negativo, la enseñanza tradicional sobrecarga la mente de los alumnos con una serie de detalles inútiles, privándoles de elementos importantes que facilitarían la comprensión. No suministra herramientas para afrontar desafíos, no fomenta el pensamiento crítico necesario para afrontar retos futuros. Los estudiantes no encuentran caminos para resolver sus propias interrogantes, el tratamiento abstracto de los problemas les provoca aburrimiento y desinterés.

En este contexto, la enseñanza de la Química tiene un papel crucial dado que es una ciencia vital, en desarrollo permanente, que proporciona la base para la mayor parte de fenómenos que ocurren en nuestro mundo. En la medida que el estudiante reconoce su utilidad y es más consciente de la importancia de su aprendizaje para lograr sus propias metas e intereses, se incrementa el grado de motivación, involucramiento y entusiasmo para comprenderla.

Tradicionalmente, los cursos introductorios de Química tienen un formato de exposición de temas por parte del profesor, con eventuales participaciones de los alumnos y algunas prácticas de laboratorio. Los temas expuestos son evaluados con pruebas elaboradas a base de problemas de estilo algorítmico. Los laboratorios normalmente se relacionan con algunos puntos importantes de los tópicos tratados en aula y siguen una rutina de experimentos clásicos.

Existen varios estudios que muestran que este estilo de enseñanza, aunque instruye apropiadamente a los estudiantes para la resolución algorítmica de problemas, no propicia el conocimiento conceptual de la Química³⁻⁷. Se plantea la hipótesis de que la atmósfera de aprendizaje generada en este tipo de enseñanza, es la principal razón de la pérdida de interés en el conocimiento de los fundamentos de la Química por parte de los estudiantes^{5,8}. La presión por cubrir el sílabo no ayuda al profesor a que pueda propiciar estrategias orientadas a desarrollar habilidades de pensamiento crítico en sus alumnos. La naturaleza de las preguntas planteadas en las evaluaciones, conducen a los alumnos a entrenarse en una rutina de pensamiento algorítmico, buscando leyes y fórmulas que aplican sin mayor análisis para obtener la respuesta numérica correcta. De esta manera, ellos no se concentran en las ideas fundamentales relacionadas con la ecuación y sus excepciones, sino simplemente aceptan la validez de las leyes, teorías y fórmulas, como verdad absoluta. Esta rutina de aprendizaje trae como consecuencia que, para muchos estudiantes, la Química resulte ser una ciencia aburrida y poco interesante⁷.

La problemática planteada, cuyo punto principal es la deficiencia en la comprensión de los conceptos y principios de la Química ha sido bastante investigada, los resultados de estas investigaciones muestran que se puede lograr cambiar favorablemente esta situación cuando se emplean metodologías de aprendizaje en equipo^{4-7,9}.

Metodologías Activas

Muchos educadores proponen que todo aprendizaje es inherentemente activo, ya que los estudiantes están involucrados *activamente* mientras escuchan una exposición formal en el aula. Sin embargo, hay quienes sugieren que los estudiantes deben hacer mucho más que solo escuchar: ellos deben leer, escribir, discutir o sentirse realmente motivados en buscar la solución a un problema planteado. Para que el aprendizaje sea activo, los estudiantes deben enfrentar retos que los conduzcan a alcanzar niveles de pensamiento superior, como son el análisis, la síntesis y la evaluación. En este contexto, las estrategias que promueven el aprendizaje activo, pueden definirse como aquellas que involucran a los alumnos para hacer cosas y pensar en lo que están haciendo. Existen numerosos reportes que demuestran la preferencia del estudiante hacia las metodologías activas, frente a la clase tradicional. Otros estudios han reportado que, si bien por un

lado las metodologías activas son comparables con las tradicionales en cuanto al nivel de contenidos trabajados, por otro lado son superiores en cuanto a los logros en el desarrollo de habilidades de reflexión, análisis y comunicación oral y escrita¹⁰.

Las metodologías activas han venido aplicándose con resultados bastante positivos en la enseñanza de la ciencia. En particular, en la enseñanza de la Química, existen reportes muy interesantes de experiencias realizadas implementando metodologías de Aprendizaje Cooperativo^{9, 11-13}, Mini – Proyectos¹⁴, Discusión en aula y Mapas Conceptuales¹⁵. Sin embargo, de todas ellas, la que parece tener un uso más difundido es la de Aprendizaje Cooperativo.

Aprendizaje Cooperativo

El aprendizaje cooperativo es el uso, con fines de instrucción, de pequeños grupos de estudiantes que trabajan juntos para maximizar su propio aprendizaje y el de sus compañeros de equipo. Existen numerosas investigaciones que han permitido demostrar que esta metodología permite alcanzar un alto nivel de logro de los objetivos de aprendizaje, promueve una relación más positiva entre los estudiantes, desarrolla un alto grado de motivación en el alumno para aprender los conceptos trabajados, contribuye a elevar el nivel de autoestima del estudiante, así como al desarrollo de sus habilidades de comunicación y trabajo en equipo¹⁶.

El trabajo en grupo no debe entenderse como una simple reunión de estudiantes en una mesa, en donde cada quien realiza actividades de forma individual. Para que sea cooperativo, el grupo de aprendizaje debe ser cuidadosamente estructurado y, las actividades diseñadas por el profesor, deben asegurar que todos aporten igualmente a su realización.

Algunos autores diferencian varios tipos de trabajo en equipo¹². El primero de ellos, es el llamado *Trabajo Completamente Cooperativo*, en donde los estudiantes trabajan juntos para alcanzar una meta común. Los integrantes del grupo comparten todos los aspectos del proceso y se espera que cada individuo contribuya a la resolución de la tarea asignada. La evaluación se basa en el producto del grupo.

Un segundo tipo, es el *Trabajo Cooperativo*, en donde el

grupo comparte una meta común, pero se organiza distribuyendo tareas y actividades. Se espera que todos los integrantes aporten a la resolución de la tarea asignada y la evaluación se basa en el producto del grupo.

El tercer tipo, es el *Trabajo Colaborativo*, en donde los estudiantes tienen metas individuales, las cuales son similares entre sí, pero el proceso se desarrolla mediante una permanente interacción entre ellos, apoyándose y retroalimentándose mutuamente. La evaluación se basa en el producto individual de cada integrante del equipo.

A menudo se utiliza indistintamente los términos Colaborativo y Cooperativo; su aplicación en la enseñanza de la Química ha mostrado importantes beneficios con relación a la actitud de los estudiantes hacia los cursos de ciencias¹⁷, los estudiantes refuerzan su aprendizaje, organizando sus ideas para establecer la discusión con sus pares; de esta manera, a través de la interacción grupal, se ayudan mutuamente a aprender los conceptos y desarrollan una actitud más positiva, hacia el curso y hacia la Química¹².

Aprendizaje Basado en Problemas (ABP)

Las ventajas que ofrece el uso del Aprendizaje Cooperativo, se enriquecen en gran medida cuando se complementan con la metodología de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP).

Uno de los pioneros en la implementación de la metodología ABP en el nivel universitario es Howard Barrows, profesor de la Facultad de Ciencias de la Salud, McMaster University¹⁸. Barrows define al ABP como “*Un método de aprendizaje basado en el principio de usar problemas como punto de partida para la adquisición e integración de los nuevos conocimientos*”.

Desde el punto de vista operativo J. Barell¹⁹ define al ABP como un proceso de indagación que resuelve preguntas, curiosidades, dudas e incertidumbres sobre fenómenos complejos de la vida. Un problema es cualquier duda, dificultad o incertidumbre que se debe resolver de alguna manera. La indagación por el alumno es una parte integral importante del ABP y de la resolución de problemas. Para Barell, el ABP es una manera de desafiar a los alumnos a comprometerse a fondo en la búsqueda del conocimiento, buscar respuestas a sus propias preguntas y no sólo a las que les plantea un libro de texto o un docente. Identificar

situaciones problemáticas, plantear preguntas, investigar y presentar informes dependen de una comunidad de investigación y ayudan a formarla. En esta comunidad los participantes se escuchan entre sí, están abiertos a diferentes puntos de vista y pueden trabajar en colaboración para llegar a conclusiones razonables.

El principio básico que sostiene el concepto del ABP^{18, 19} es que el aprendizaje se inicia con un problema retador, desafiante, que el estudiante desea resolver. Este problema debe ser complejo y tener un contexto del mundo real, con la finalidad de motivar a los estudiantes a identificar e investigar los conceptos y principios que necesitan conocer para enfrentar el problema. Los estudiantes trabajan en grupos pequeños de aprendizaje, desarrollando colectivamente habilidades durante el proceso de adquisición de conocimiento, comunicándose e integrando información. Este tipo de instrucción permite alcanzar muchos de los objetivos planteados en la educación universitaria:

- Desarrollo del pensamiento crítico y de la capacidad de analizar y resolver problemas complejos del mundo real.
- Adquisición de conocimientos básicos y contenidos especializados en un contexto apropiado.
- Desarrollo de habilidades para el autoaprendizaje y el aprendizaje de largo plazo.
- Desarrollo de habilidades para la transferencia de conocimientos.
- Estimulación y desarrollo de la responsabilidad individual, la responsabilidad colectiva y la solidaridad.
- Desarrollo de valores y actitudes para el trabajo en equipo y habilidades interpersonales.

El aprendizaje de esta manera está centrado en el estudiante, el profesor se convierte en un facilitador de este proceso y, para ello, debe realizar una serie de tareas a lo largo de las diferentes etapas involucradas. En la etapa previa al proceso, el profesor debe analizar la estructura de su curso; los objetivos que desea alcanzar con sus alumnos, tanto académicos como de habilidades y actitudes; los recursos disponibles, el currículo al cual su curso pertenece, etc.

En función de este análisis, debe ser suficientemente creativo para diseñar el problema que cumpla con las expectativas de motivación y de logro de los objetivos planteados. Así mismo deberá tomar decisiones en cuanto a la forma en la cual se desarrollará el proceso, es decir a través de actividades de aprendizaje que él deberá diseñar o guiando y asesorando el avance autónomo de sus grupos de estudiantes.

Deberá además elaborar el plan del proceso, considerando las características de sus estudiantes, el tiempo disponible, la información a la que tendrán acceso, la preparación de materiales, etc.

Durante el desarrollo del proceso debe asegurarse en todo momento de estimular el razonamiento crítico de los estudiantes; mantener su interés a lo largo de todo el proceso; monitorear el aprendizaje; resolver cualquier problema que pueda alterar el progreso del mismo, para lo cual deberá intervenir en momentos oportunos, según lo requieran los alumnos.

Paralelamente, deberá ir evaluando el logro de los objetivos planteados y reflexionar sobre ello para realizar los cambios y ajustes que sean necesarios. Además también deberá mantener un seguimiento cercano al desenvolvimiento del grupo de estudiantes, su integración como equipo, sus avances en habilidades de comunicación y relaciones interpersonales, incentivando y reconociendo siempre los logros que vaya identificando en ellos.

Implementación de las Metodologías de Aprendizaje Cooperativo y ABP en la Enseñanza de Química General

La problemática planteada anteriormente, en relación a la enseñanza de la ciencia y en particular de la Química, puede ser resuelta en gran medida con el uso de la metodología ABP y el Aprendizaje Cooperativo²⁰. El trabajo organizado en pequeños grupos, permite que los estudiantes desarrollen verdaderas comunidades de aprendizaje en ciencias, además de adquirir habilidades para la comunicación oral y escrita y el trabajo en equipo.

Al ponerse en contacto con el conocimiento científico en el contexto en el que será utilizado, se facilita la retención de lo aprendido y el estudiante desarrolla la capacidad de conectar apropiadamente el nuevo conocimiento a sus aplicaciones.

Dado que el conocimiento científico sigue un crecimiento exponencial, la necesidad prioritaria de los estudiantes de hoy es *aprender a aprender*. El uso de la metodología ABP, potencia la habilidad para identificar la información relevante para una aplicación particular, dónde y cómo encontrarla, cómo organizarla en la estructura conceptual pre-existente y cómo comunicarla a otros.

El dar inicio al proceso de aprendizaje con la presentación de un problema complejo, motivador y retador, permite lograr capturar el interés del alumno para experimentar por sí mismo el proceso real de hacer ciencia: él parte de lo conocido hacia lo desconocido y, al hacerlo, podrá tomar contacto con los orígenes de los principios abstractos que irá encontrando. Además, el proceso se convierte en un mecanismo natural para resaltar las interconexiones entre distintas disciplinas, haciendo evidente la integración de los principios científicos.

Los cursos de Química General ofrecidos en los Estudios Generales Ciencias de la Pontificia Universidad Católica del Perú, formaron parte de un plan de revisión y reestructuración de contenidos y metodología, enmarcado dentro del *Plan Estratégico Institucional 2000 – 2010*. Como resultado de esta reestructuración, el enfoque de los cursos de Química 1 y Química 2, pertenecientes a los dos primeros ciclos del plan de estudios de todas las especialidades de Ciencias e Ingeniería, tuvo una nueva orientación. En el primer curso se propone hacer un análisis de la estructura y composición de la materia, para relacionar luego estos conceptos al estudio de las propiedades de compuestos orgánicos y biológicos de importancia, además de una selección de materiales modernos. En el segundo curso se propone trabajar los conceptos básicos que permiten analizar la viabilidad de las reacciones químicas, para relacionarlos al estudio de procesos de importancia industrial, biológica y ambiental. Así mismo, se pretende que el alumno aplique lo aprendido en el análisis de la problemática de los recursos energéticos y la contaminación ambiental.

Simultáneamente con los ajustes en el enfoque de estos cursos, se empezó a implementar el uso de las metodologías de Aprendizaje Cooperativo y ABP, desde el año 2001. Los resultados obtenidos han sido bastante alentadores y corresponden a las expectativas asociadas a la aplicación de estas metodologías. Un aspecto a resaltar, es el hecho de que se logra comprobar lo que en otras investigaciones se ha venido haciendo evidente^{21, 22} y es que la gran ganancia obtenida con la aplicación del ABP, recae en que mayor cantidad de alumnos consiguen alcanzar los objetivos de aprendizaje planteados para el curso.

La metodología ABP en los cursos de Química 1 y 2 se implementó en todas las unidades del sílabo correspondiente. La forma de trabajo en cada unidad temática tiene la siguiente secuencia:

1. Presentación del problema ABP, relacionado con los objetivos de aprendizaje de la unidad temática abordada. En esta etapa cada grupo de estudiantes realiza una lluvia de ideas en relación al problema, identificando los conceptos conocidos y por conocer que consideran son necesarios para enfrentarlo. Asimismo organizan el trabajo del grupo en función del plan de desarrollo del problema que ellos elaboran.
2. Desarrollo de actividades de aprendizaje, diseñadas por el equipo de profesores, en las cuales se aplica la metodología cooperativa, con el fin de que los grupos de estudiantes vayan adquiriendo los conocimientos necesarios para el desarrollo del problema ABP.
3. Culminación y entrega del producto ABP. En algunos casos y dependiendo de su naturaleza, estos productos son mostrados en una pequeña exposición en los pasillos de la facultad.

Los grupos de trabajo son permanentes a lo largo del semestre y se forman durante la primera sesión de clase. Para ello, los profesores elaboran cuatro listas de alumnos en base a sus coeficientes de rendimiento académico. Los estudiantes deben organizarse de tal manera que en un grupo haya un integrante de cada una de las listas.

Ejemplos de problemas ABP aplicados en Química General

A continuación se presentan algunos ejemplos de problemas ABP utilizados en los cursos de Química General, ofrecidos en los Estudios Generales Ciencias de la Pontificia Universidad Católica del Perú:

1. Tema: Enlace Químico
Contenido: Enlace Iónico, Enlace Covalente, Estructuras de Lewis, Geometría Molecular, Polaridad de enlace y de moléculas, Enlace Metálico.

Escenario

Susana Álvarez acaba de ser contratada por la prestigiosa empresa internacional DASF S.A., que se dedica principalmente a la producción de sustancias químicas para la industria. Esta empresa ha instalado recientemente una sucursal en Perú y ha decidido aplicar una política de apoyo a profesionales jóvenes peruanos destacados. Para ello realizó una minuciosa y exigente selección entre los mejores

alumnos de los últimos años de las principales universidades del país. Susana fue una de las seleccionadas.

En su primer día de trabajo, luego de recorrer las modernas instalaciones de la empresa, el grupo seleccionado fue informado de que estarían a prueba por un período de seis meses. Durante ese tiempo se observaría y evaluaría su desempeño y finalmente solo tres de ellos pasarían a formar parte del personal estable de la empresa, con categoría de Gerentes. Luego de darles la bienvenida procedieron a distribuir el trabajo.

La empresa tenía diversos ambientes de laboratorio, cada uno de los cuales se dedicaba a una determinada función. El trabajo asignado a Susana, consistía en elaborar cuadros esquemáticos que mostrarán una síntesis de la información disponible para el proceso seguido en tres de estos ambientes de laboratorio. La idea era que una vez elaborados, se imprimirían en forma de afiches y serían colocados en cada laboratorio para que estén a la vista de todas las personas que trabajaban allí. Las pautas que debía tener en cuenta Susana eran:

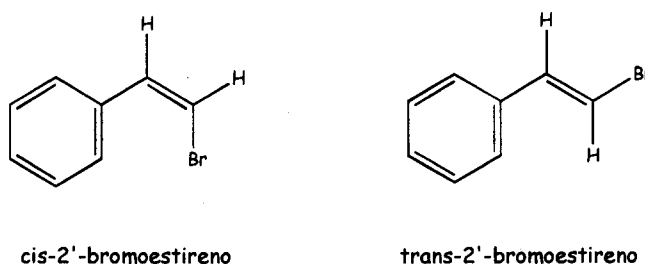
- Elaborar el esquema en forma de un diagrama de flujo, lo más simple posible.
- Representar a cada sustancia química mediante su estructura de Lewis, en la que se deberá además considerar, donde corresponda, la orientación espacial correcta de los enlaces, es decir su geometría.

Para poder empezar su trabajo, Susana consiguió la información referente a cada uno de los procesos que le asignaron. Además como quería que su trabajo fuera bastante completo, decidió colocar en la estructura de Lewis de las especies covalentes, la hibridación del átomo central.

La información conseguida por Susana es la siguiente:

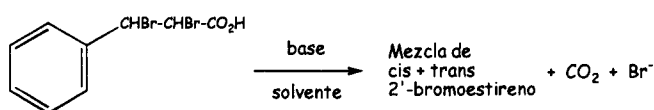
Laboratorio 1. Fragancias

En este laboratorio se obtiene el compuesto 2'-bromoestireno, el cual se utiliza a menudo como aditivo para impartir una fragancia agradable a los jabones. El 2'-bromoestireno puede presentarse bajo la forma de dos isómeros (compuestos con la misma fórmula global pero con diferente disposición espacial de sus enlaces):



Está demostrado que la fragancia de este compuesto está relacionada al isómero trans-2'-bromoestireno exclusivamente.

La reacción que efectúan en el laboratorio es la siguiente:



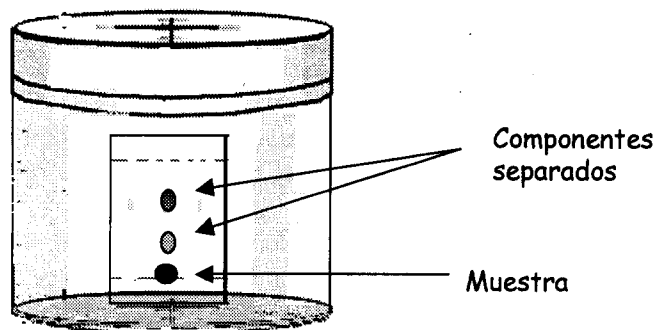
Se ha observado que el resultado de la reacción depende mucho de la polaridad del solvente utilizado. Cuando se usa un solvente muy polar se obtiene la mezcla de los dos isómeros, siendo el trans-2'-bromoestireno el que se obtiene en mayor cantidad, como lo evidencia la fragancia final del producto. Cuando se usa un solvente menos polar, se obtiene exclusivamente el isómero cis-2'-bromoestireno, que no tiene fragancia.

Como base se puede utilizar: carbonato de potasio (K_2CO_3) o azida de sodio (NaN_3).
Como solvente se puede utilizar: agua, acetona (CH_3COCH_3) o dimetilformamida ($(\text{CH}_3)_2\text{NCHO}$).

Laboratorio 2. Análisis de iones inorgánicos

En este laboratorio se realizan análisis de muestras que contienen diferentes iones inorgánicos, utilizando la técnica de "Cromatografía", que consiste en colocar cuidadosamente una pequeña cantidad (en forma de punto) de una solución de la muestra a analizar, sobre una placa recubierta de un material especial. Luego la placa se coloca dentro de una cámara que contiene un solvente, el cual tiene contacto solo con el borde inferior de la placa. Lentamente, debido a la acción capilar, el solvente va ascendiendo a través de la placa y los componentes de la muestra se van separando. Al terminar el recorrido del solvente, se retira la placa de la cámara y, después de dejarla secar, se rocea con un reactivo

apropiado cuya función es originar que los componentes separados sean visibles al adquirir un color determinado.



Los análisis que se realizan con mayor frecuencia son:

- **Separación de CaCl_2 , BaCl_2 y SrCl_2 :** Luego de la separación en la cámara con un solvente adecuado, al rociar la placa con el reactivo de coloración se puede observar que el compuesto con mayor energía de enlace es el que recorre mayor distancia sobre la placa y el de menor energía de enlace se desplaza muy poco. El compuesto con energía de enlace intermedia queda ubicado entre los dos anteriores.
- **Separación de NaCl , NaBr y NaI :** Luego de la separación en la cámara con un solvente adecuado, al rociar la placa con el reactivo de coloración se puede observar que el compuesto con menor punto de fusión es el que recorre mayor distancia y el de mayor punto de fusión se desplaza muy poco. El compuesto con punto de fusión intermedio queda ubicado entre los dos anteriores.

Laboratorio 3. Investigación en semiconductores

Debido a que el diamante se comporta como un semiconductor con un intervalo de energía muy amplio, su alta resistencia a los daños ocasionados por las radiaciones, el calor, las sustancias químicas y los esfuerzos mecánicos, se le considera como una buena alternativa para fabricar microcircuitos en los automóviles y en los motores cohete. En este laboratorio se realizan ensayos de dopaje de diamante para obtener semiconductores tipo n y tipo p. Los ensayos se están realizando con boro, nitrógeno y fósforo.

Para que Susana tenga opción a seguir en la carrera hacia una de las gerencias de la empresa, sus esquemas no deben

tener más de dos errores en la revisión inicial; en caso contrario quedaría fuera. ¿Continuará Susana en la empresa DASF S. A.?

2. Tema: Introducción a la Química Orgánica y Biológica
Contenido: Identificación de grupos funcionales orgánicos, características principales de compuestos orgánicos y biológicos.

Escenario

La población estudiantil de la universidad es bastante grande, si a eso sumamos la cantidad de docentes y personal administrativo que labora en ella, el número total de personas que permanece durante la semana en el campus universitario crece todavía más. Normalmente, la mayoría de estas personas anda con mucha prisa, debido a sus actividades académicas, de investigación, etc. propias de la labor que realizan. Es muy común que el tiempo disponible para tomar algún alimento es muy corto y muchas veces las cafeterías existentes no se dan abasto para atender esta gran demanda.

En vista de esta situación, un grupo interdisciplinario de estudiantes propone a la Comisión de Cafeterías de la universidad la instalación de algunos puntos clave de comida rápida, ya que según ellos, ayudaría a descongestionar las cafeterías y además este tipo de comida goza de las preferencias de la mayor parte de los estudiantes.

La comisión tiene ciertos reparos en considerar esta propuesta, pues saben que la comida rápida no es muy conveniente desde el punto de vista nutricional. Sin embargo decide analizarla.

Uno de los complementos favoritos de la comida rápida son las papas fritas. Haciendo una revisión de la composición química de este tubérculo se encuentra que sus nutrientes más destacados son el almidón, potasio y vitamina C. Las papas tienen alrededor de un 80% de agua, menos que la mayoría de las hortalizas y cerca de un 16% de carbohidratos totales, mayoritariamente almidón y algo de fibra. Debido a su alto contenido de almidón tiene cualidades energéticas y digestivas. Recientes estudios han descubierto una proteína (PC1) presente en la papa que frena el desarrollo de determinados tipos de cáncer.

La Universidad decide entonces hacer la siguiente propuesta:

Para tomar una determinación en relación a la viabilidad de instalar centros de comida rápida en el campus, es necesario que el concesionario postulante ofrezca la posibilidad de facilitar el desarrollo de una línea de investigación orientada a profundizar en los riesgos o beneficios que implican la rápida difusión de este tipo de comida.

Luego de la debida difusión, se presentaron tres candidatos a concesionarios:

Concesionario N° 1: F&F Service S. A.

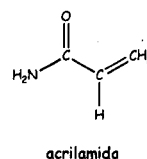
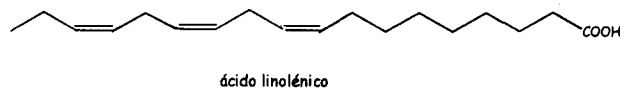
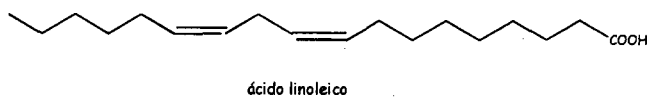
Líneas de investigación ofrecidas:

Según información reciente, al estudiar muestras de tumores removidos de mujeres con cáncer al seno se encontró que tenían un valor alto para la relación de cantidades de (ácido linoleico) / (ácido linolénico). Cuando esta relación era de aproximadamente 9 / 1 el crecimiento del tumor era acelerado. Ya que estos ácidos se encuentran en los aceites de cocina, se propone realizar un estudio de los aceites comúnmente utilizados para determinar su contenido en los ácidos mencionados.

Por otro lado, otras investigaciones han detectado la presencia de cantidades alarmantes de una sustancia carcinógena (acrilamida) en alimentos ricos en carbohidratos (como el arroz, papas y cereales) cuando éstos están fritos, mas no cuando están sólo hervidos. La acrilamida produce daños en el sistema nervioso humano e induce mutaciones genéticas y formación de tumores estomacales en animales.

Cuando el alimento es calentado por encima de los 120°C, se empieza a formar la acrilamida, si el proceso de cocción es prolongado se formarán mayores cantidades. Todos los carbohidratos forman azúcares al fragmentarse por acción del calor, diferentes tipos de carbohidratos formarán diferentes tipos de azúcares y algunos de ellos pueden formar fácilmente acrilamida. Se ha logrado determinar que en las papas fritas se puede llegar a una concentración de acrilamida entre 12 y 40 veces mayor que en las hamburguesas.

Se propone realizar una investigación conducente a conocer cómo y porqué se forma la acrilamida y desarrollar alguna alternativa para evitarlo.



Concesionario N°2: El Rapido S. A.

Línea de investigación ofrecida:

Existen varios trabajos que han demostrado que el aceite vegetal utilizado para elaborar papas fritas, puede ser reutilizado en la obtención de un nuevo combustible alternativo conocido como "biodiesel". Las ventajas del uso de biodiesel frente al petrodiesel son varias: combustiona completamente y de manera más limpia, lo cual origina menos polución, ya que se evitaría la presencia de hidrocarburos, azufre, monóxido de carbono y partículas sólidas que son los responsables de humos oscuros que despiden los vehículos que usan petrodiesel. El biodiesel no contiene compuestos aromáticos, la presencia de estos compuestos determina la calidad de los combustibles diesel, así como el octanaje determina la calidad de la gasolina. Sin embargo compuestos aromáticos como el benceno y el tolueno son carcinógenos. El biodiesel puede ser de buena calidad sin necesidad de contener compuestos aromáticos. Por otro lado, el olor cáustico característico de la combustión de petrodiesel se debe a la presencia de compuestos aromáticos. En el caso del biodiesel el olor es diferente, huele a pollo frito.

Uno de los productos secundarios en la obtención de biodiesel a partir de aceite vegetal es la glicerina, si se consigue obtener este producto en alto grado de pureza puede ser muy rentable, ya que en el mercado se valoriza aproximadamente a \$10,00 el galón. Se propone realizar una investigación conducente a desarrollar un proceso adecuado para obtener biodiesel a bajo costo a partir de los restos de aceite utilizados en la preparación de comida rápida.

Concesionario N°3: Cool Fries S. A.

Línea de investigación ofrecida:

Recientes estudios en biotecnología han demostrado que sería posible modificar el proceso natural de degradación de almidón para producir proteínas útiles para biocatálisis industrial y alimentación de animales utilizando desechos de productos ricos en almidón, como la papa o el maíz. Normalmente para la producción de estas proteínas se utilizan sustancias químicas como metanol, glucosa y glicerina, las cuales serían reemplazadas por material de desecho de papas y maíz, con lo cual se disminuirían costos y se aliviaría el problema ambiental originado por la gran masa de desechos de estos productos que se tienen diariamente.

Tu grupo ha sido seleccionado para evaluar estas propuestas. En base al reporte que ustedes den a la Comisión de Cafeterías de la universidad, ella tomará una decisión acerca de la posibilidad de instalar centros de comida rápida en el campus.

Tu grupo deberá optar por una de los tres concesionarios postores y en el reporte entregado deberán incluir:

- Una breve explicación del objetivo de la línea de investigación propuesta.
- Las ventajas y desventajas que ofrece en relación a las otras dos propuestas.
- Identificación de todos los compuestos orgánicos involucrados, señalando el tipo de compuesto y todos los grupos funcionales presentes.

3. Tema: Cinética Química

Contenido: Velocidad de reacción, Ley de velocidad, Energía de Activación, Ecuación de Arrhenius.

Escenario

Un grupo de jóvenes, estudiantes del último año de Arqueología, durante una expedición encontraron un fardo funerario. El entusiasmo de los expedicionarios por el hallazgo era indescriptible. Por esta razón, a pesar que sabían que debían reportarlo a las autoridades correspondientes, para que los especialistas procedieran a abrirlo, se dejaron llevar por su exaltación y decidieron hacerlo ellos mismos. El plan que elaboraron fue el siguiente: Manuel y dos de sus

amigos de confianza se encargarían de trasladar el fardo (al que habían dado el nombre de "Jacinta") a una pequeña choza que habían acondicionado. Los demás integrantes acamparían como de costumbre, para no despertar las sospechas de Lucho, ya que debido a su comportamiento durante la expedición, no confiaban mucho en él. Avanzada la madrugada, Manuel y sus amigos procedieron a abrir el fardo.

Cuando el resto de integrantes despertó a la mañana siguiente, buscaron a Manuel y sus amigos y se extrañaron de no encontrarlos en su tienda. Fueron a buscarlos a la choza y se encontraron con "Jacinta" descubierta y a sus amigos tendidos sobre el piso en estado desfalleciente.

Los chicos se asustaron mucho, sobre todo cuando Apolonio, el lugareño que los acompañó, les dijo que se trataba de una "maldición" por haber profanado el descanso de "Jacinta".

La desorientación, el miedo y la impotencia eran grandes, así que algunos de ellos deciden salir en busca de ayuda, dejando mientras tanto a Lucho a cargo de todo, junto con Apolonio.

Mientras esperaban, Apolonio le contó a Lucho que anteriormente había acompañado a un viejo investigador a hacer excavaciones en esa misma zona y que tuvieron una experiencia similar, pero que el viejo investigador había estado tratando de encontrar un "antídoto" para contrarrestar "la maldición". Lucho, realmente preocupado, le pide que le de más información; es así que Apolonio lo lleva a la choza abandonada del viejo investigador. Al revisar el lugar encuentran un cuaderno con anotaciones extrañas. Lucho trata de entenderlas y esto es lo que consigue:

- La "maldición" no es más que un virus que se transmite rápidamente al estar en contacto con restos antiguos de la zona.
- La medicina que puede contrarrestar los efectos de este virus se encuentra en uno de los tres frascos que el viejo guardó en un anaquel de la choza. Lucho verificó que los tres frascos estaban en el lugar señalados con etiquetas: AX, BX, DX.
- La sustancia adecuada para salvar a sus amigos, debe reaccionar con un compuesto químico (CQ) generado por el virus durante la infección. El producto obtenido (VM) genera a su vez un ambiente dañino para el virus y lo destruye.

- Se deberá escoger aquella sustancia que reaccione con la menor energía de activación.

Lucho buscó en el cuaderno alguna indicación para saber cuál de las tres era la sustancia adecuada. Lo único que encontró fue anotaciones de experimentos que el viejo investigador había estado realizando. Estas anotaciones eran:

Reacción: AX + CQ → VM

La reacción sigue una cinética de primer orden y no depende de la concentración de CQ. Al trabajar con una concentración inicial de AX de $6,0 \times 10^{-3}$ M a 20°C , después de 3 horas la concentración de AX fue de $3,97 \times 10^{-3}$ M.

Al hacer ensayos de esta reacción a 80°C se determinó que la constante de velocidad a esa temperatura era $21,82 \text{ hora}^{-1}$.

Reacción: BX + CQ → VM

La reacción sigue una cinética de segundo orden y no depende de la concentración de CQ. Haciendo ensayos a 90°C , partiendo de una concentración inicial de BX de $1,5$ M, el tiempo de vida media fue de $121,65$ horas.

Al ensayar a 150°C la constante de velocidad fue de $11,52 \text{ M}^{-1} \text{ h}^{-1}$.

Reacción: DX + CQ → VM

Sigue una cinética de primer orden y no depende de la concentración de CQ. Los valores de k en s^{-1} para diferentes temperaturas fueron:

T (°C)	10	20	30	40
k (s ⁻¹)	10,6	47,4	162	577

(Aparentemente el viejo había pretendido hacer un gráfico, pues tenía un pedazo de papel milimetrado pegado al cuaderno).

Lucho empezó a hacer los cálculos de las energías de activación, ya que para resolver los cuestionarios que le entregó Manuel anteriormente, había leído bastante sobre Cinética. Finalmente decide escoger la sustancia DX y rápidamente se dirige a ayudar a sus amigos. ¿Escogió Lucho la sustancia adecuada?

Ejemplos de Actividades Cooperativas aplicadas en Química General

A continuación se presentan algunos ejemplos de actividades cooperativas, utilizadas en los cursos de Química

General, ofrecidos en los Estudios Generales Ciencias de la Pontificia Universidad Católica del Perú:

1. Tema: Enlace Covalente

Contenido: Estructuras de Lewis

Actividad

Parte Individual

Cada miembro del grupo recibe cuatro especies para las cuales deberá representar su estructura de Lewis:

Alumno	Especies
A	CH ₃ OH, N ₂ , SO ₃ , SO ₄ ²⁻
B	C ₂ H ₅ OH, NO ₂ ⁻ , CO, ClO ₃ ⁻
C	CH ₂ CHOH, NO ₃ ⁻ , PCl ₃ , HCN
D	N ₃ ⁻ , PH ₄ ⁺ , CHCl ₃ , SCl ₂

Parte Grupal

El grupo deberá armar una tabla con la siguiente información, relativa a las 16 especies trabajadas en la parte individual:

Especies que contienen:		
Sólo enlaces simples	Enlaces dobles	Enlaces triples
Especies en donde el átomo central:		
No tiene pares de e ⁻ no enlazantes	Tiene 1 par de e ⁻ no enlazantes	Tiene 2 pares de e ⁻ no enlazantes

2. Tema: Enlace Iónico

Contenido: Formación de enlace iónico, principales características de los compuestos iónicos.

Actividad

Primera Parte: En parejas

1) Elaborar un cuadro con la siguiente información:

Configuración electrónica	Nº de e de valencia	Simbología de Lewis	Grupo de la Tabla Periódica	Período de la Tabla Periódica
---------------------------	---------------------	---------------------	-----------------------------	-------------------------------

Trabajar con los siguientes elementos:

Pareja A, B:

Elemento	AB1	AB2	AB3	AB4	AB5
Z	11	38	15	16	35

Pareja C, D:

Elemento	CD1	CD2	CD3	CD4	CD5
Z	19	12	31	34	17

2) Señalar entre los elementos asignados a la pareja, aquellos que pertenecen a los grupos con valores más bajos de Potencial de Ionización y aquellos que pertenecen al grupo con mayor Afinidad Electrónica.

Segunda Parte: Grupal

- 1) Con los elementos seleccionados en la pregunta 2) por cada pareja, representar la ecuación de formación de todos los compuestos iónicos que sea posible formar entre ellos, utilizando la simbología de Lewis e indicando en cada caso la configuración electrónica de los iones resultantes.
- 2) Señalar con qué elementos de la tabla periódica son isoelectrónicos los iones resultantes en la pregunta anterior.
- 3) De los compuestos iónicos formados en la pregunta 1), seleccionar aquellos que tienen el mismo catión y ordenarlos en forma creciente de sus energías de enlace, justificando adecuadamente.
- 4) De los compuestos iónicos formados en la pregunta 1), seleccionar aquellos que tienen el mismo anión y ordenarlos en forma decreciente de sus puntos de fusión, justificando adecuadamente.

3. Tema: Soluciones

Contenido: Relación fuerzas intermoleculares y miscibilidad

Actividad

En parejas:

Los alumnos A y B trabajarán con las 5 primeras sustancias y los alumnos C y D con las 5 restantes.

Para cada sustancia, indica cuál es el tipo de fuerza intermolecular más importante:

Sustancia	Fuerza Intermolecular	Sustancia	Fuerza intermolecular
1) Cl ₂		6) CCl ₄	
2) H ₂ O		7) Acetonitrilo CH ₃ CN	
3) Hexano C ₆ H ₁₄		8) CH ₃ CH ₂ COOH	
4) CH ₃ CH ₂ CH ₂ OH		9) Metilamina (CH ₃ NH ₂)	
5) Acetona CH ₃ COCH ₃		10) CH ₃ CH ₂ Cl	

En grupo:

Llena la tabla siguiente:

Sustancias con fuerzas intermoleculares:

Enlace de Hidrógeno	Dipolo-dipolo	Dispersión de London

Ahora observa las afirmaciones siguientes y con tus propias palabras establece una justificación a estas afirmaciones en base al análisis realizado sobre las fuerzas intermoleculares:

- a) CH₃CH₂CH₂OH y el H₂O son líquidos miscibles
- b) La metilamina (CH₃NH₂) y el hexano C₆H₁₄ no se mezclan
- c) El hexano (C₆H₁₄) y el tetracloruro de carbono (CCl₄) son miscibles
- d) La acetona (CH₃COCH₃) y el Cl₂ no forman solución.
- f) El acetonitrilo CH₃CN se puede disolver en acetona.
- i) El Cl₂ y el tetracloruro de carbono CCl₄ sí forman una solución.

COMENTARIOS FINALES

Existen suficientes evidencias que muestran que la aplicación de metodologías activas en la enseñanza de la ciencia y, en particular de la Química, conduce a logros importantes en cuanto al cumplimiento de los objetivos de aprendizaje y al desarrollo de habilidades para la investigación, el trabajo en equipo, comunicación oral y escrita, entre otras.

El rol del profesor que trabaja en la implementación de estas metodologías, es crucial durante su desarrollo, ya que se requiere de un cuidadoso diseño y organización de la

estructura del proceso de enseñanza – aprendizaje, además de un seguimiento adecuado en la aplicación y un acompañamiento permanente del trabajo de los grupos de estudiantes, para que el proceso se realice eficientemente. Esta labor demanda una dedicación permanente del profesor y una gran cantidad de tiempo, sin embargo los resultados obtenidos en cuanto a motivación e interés de los estudiantes por los temas estudiados, compensan en gran medida el esfuerzo realizado. Los alumnos empiezan a reconocer la importancia del estudio de la Química, tanto en el contexto de la especialidad que siguen, como en el de un ciudadano que pertenece a una sociedad en donde la Ciencia y la Tecnología constituyen la base de su desarrollo.

REFERENCIAS

1. Acevedo, J.A.; Vásquez A.; Manassero M. *El Movimiento Ciencia – Tecnología – Sociedad y la Enseñanza de las Ciencias*. htm. OEI – Programación – CTS+I – Sala de Lectura, 2003.
2. Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación. OEI. N° 1, Septiembre – Diciembre 2001.
3. Zoller, U.; Lubezky, A.; Nakhleh, M. B.; Tessier, B.; Dori, Y. *J. Chem. Educ.* **1995**, *72*, 987 – 989.
4. Phelps, A. J. *J. Chem. Educ.* **1996**, *73*, 301 – 304.
5. De Jesús, K. J. *J. Chem. Educ.* **1995**, *72*, 224 – 226.
6. Dinan, F. J. *J. Chem. Educ.* **1995**, *72*, 419 – 421.
7. Kogut, L. S. *J. Chem. Educ.* **1997**, *74*, 720 – 722.
8. Webster, T. J. *J. Chem. Educ.* **1998**, *75*, 328 – 331.
9. Dougherty, R. C.; Bowen, C. W.; Berger, T.; Rees, W.; Mellon, E. K.; Pulliam, E. *J. Chem. Educ.* **1995**, *72*, 793 – 797.
10. Bonwell, C.; Eison, J. A. *Active Learning: Creating Excitement in the Classroom*. ERIC Digest. ERIC Clearinghouse on Higher Education, Washington, D. C.; George Washington University, Washington D. C. 1991.
11. Lazarowitz, R. *Sci. Ed.* **1988**, *72*, 475 – 487.
12. Shibley, I. A. Jr.; Zimmaro, D. M. *J. Chem. Educ.* **2002**, *79*, 745 – 748.
13. Phillips, D. J. *J. Chem. Educ.* **1998**, *75*, 688 – 690.
14. Dunn, J. G.; Phillips, D. W. *J. Chem. Educ.* **1998**, *75*, 866 – 869.
15. Francisco, J. S.; Nicoll, G.; Trautmann, M. J. *J. Chem. Educ.* **1998**, *75*, 210 – 213.
16. Johnson, D. W.; Johnson, R. T.; Smith, K. A. *Cooperative Learning: Increasing College Faculty Instructional Productivity*, ASHE – ERIC Higher Education Report N° 4: Washington D. C., 1991.
17. Bowen, C. W. *J. Chem. Educ.* **2000**, *77*, 116.
18. Barrows, H. S. *Problem-Based Learning in Medicine and Beyond: A Brief Overview*. En *Bringing Problem-Based Learning to Higher Education: Theory and Practice*. L. Wilkerson, W. H. Gijsselaers, eds. Jossey-Bass Inc. Publishers, New Directions for Teaching and Learning N° 68: San Francisco, 1996, pp 3 – 12.
19. Barell, J. *El Aprendizaje Basado en Problemas. Un enfoque investigativo*. Ediciones Manantial S. R. L.: Buenos Aires, Argentina, 1999, pp 21 – 28.
20. Allen, D. E.; Duch, B. J.; Groh, S. E. *The Power of Problem-Based Learning in Teaching Introductory Science Courses*. En *Bringing Problem-Based Learning to Higher Education: Theory and Practice*. L. Wilkerson, W. H. Gijsselaers, eds. Jossey-Bass Inc. Publishers, New Directions for Teaching and Learning N° 68: San Francisco, 1996, pp 43 – 52.
21. Farrell, J. J.; Moog, R. S.; Spencer, J. N. *J. Chem. Educ.* **1999**, *76*, 570 – 574.
22. Kovac, J. *J. Chem. Educ.* **1999**, *76*, 120 – 124.