


Diseño y validación del caso de estudio “Determinación de sustancias ilícitas” para la enseñanza-aprendizaje de la Química Analítica

López Santiago Norma Ruth*, Ramírez García Mariel

Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Química, Circuito Exterior S/N, Coyoacán, Ciudad de México, C.P. 04510. México

*Autor para correspondencia: nruthls@quimica.unam.mx

ORCID : 0000-0002-3198-5186

Recibido:

17/mayo/2023

Aceptado:

30/noviembre/2023

Palabras clave:

Estudio de casos,
química analítica,
metodologías activas

Keywords:

Case studies,
analytical chemistry,
active methodologies

RESUMEN

Esta investigación tiene por objetivo estudiar la metodología de “Estudio de caso” como un modelo educativo innovador para diseñar casos de estudio a partir de hechos reales, estudios y artículos científicos, centrado en el Área de la Química Analítica. En este trabajo se presenta un caso del tema de la detección de sustancias ilegales. Para los estudiantes, la propuesta del estudio de las técnicas cromatográficas resultó atractiva al presentar su aplicación en situaciones reales, aumentó su curiosidad por investigar más sobre los temas de la asignatura y su habilidad crítica se desarrolló de mejor forma. La metodología del estudio de casos comprobó ser una propuesta altamente viable para la enseñanza de la Química Analítica.

ABSTRACT

This research aims to study the "Case Study" methodology as an innovative educational model to design case studies based on real facts, studies and scientific articles, focused on the area of Analytical Chemistry. This paper presents a case study of the detection of illegal substances. For the students, the proposal of the study of chromatographic techniques was attractive as it presented their application in real situations, increased their curiosity to investigate more about the topics of the subject and their critical skills were better developed. The methodology of the case study proved to be a highly viable proposal for the teaching of Analytical Chemistry.

Introducción

El tema de la educación y cómo responder a las necesidades emergentes es una constante a nivel internacional, fenómenos como la globalización y las necesidades sociales de un entorno específico, son algunos de los factores que hoy día desafían la educación para enriquecerla y adaptarla de forma certera a los requerimientos de una sociedad que se enfrenta a problemáticas complejas, en un entorno cada vez más competitivo (Caicedo, 2022).

La enseñanza desde el nivel básico hasta el superior se ha centrado en un modelo educativo tradicional, en el cual la transmisión de información se desarrolla de forma pasiva, ya que recae en una sola persona (el profesor), mientras que los estudiantes se centran en memorizar, sin tener conciencia plena de lo que representa lo expuesto por el docente y las aplicaciones que puede tener en la vida cotidiana (Galván-Cardoso y Siado-Ramos, 2021).

Diversos autores han propuesto la introducción de metodologías activas para que el aprendizaje ocurra mediante un intercambio de ideas entre alumnos de forma dinámica, de tal forma que el profesor ya no figure como un elemento de transmisión, sino como guía mediante la presentación de casos de estudio diseñados con elementos de situaciones reales, información certera y la invitación a los estudiantes para alimentar su creatividad y curiosidad mediante la generación de preguntas que les permitan entender la problemática, empatizar con ella y de esta forma, proponer alternativas útiles. Durante la ejecución de este proceso, se logran aprendizajes en los niveles de pensamiento de orden superior, y se desarrollan competencias analíticas, críticas y creativas al presentar situaciones reales (Cohen et al., 2017; Cevallos et al., 2018).

El Método de estudio de caso

El método de estudios de caso (MEC) utiliza la experiencia para la transmisión de conocimiento, y es especialmente útil cuando se quieren abordar problemáticas situadas en acontecimientos contemporáneos y que plantean preguntas del tipo “cómo” o “por qué”, ya que son más explicativas (Yacuzzi, 2005).

El MEC se diferencia en otras formas de investigación por su estructura, metodología y, sobre todo, por el objeto de estudio que puede ser de caso único (un solo fenómeno) o múltiple (donde se evalúa más de un caso que enfatiza un solo fenómeno). Generalmente, el objeto de estudio puede ser actualidad o contemporáneo, sus características lo diferencian de otros y su análisis no permite hacer generalizaciones

(Giani, 2022). El caso no proporciona soluciones, solo datos concretos para que el alumno reflexione, analice y discuta en grupo las posibles alternativas de solución para la problemática planteada. El método de caso no brinda soluciones, sino que invita a los participantes a contrastar sus conclusiones con las de otros miembros del grupo, expresar sugerencias, y practicar su desempeño en ambientes colaborativos, tener un pensamiento creativo, innovador además de ser un puente entre la teoría y el ambiente práctico real (Ramírez-Sánchez, et al., 2019).

Es así como el MEC resulta ser un recurso valioso para sustituir al método tradicional de clases magistrales en el nivel superior gracias a que motiva al estudiante a adquirir un papel más activo en su proceso de aprendizaje al tiempo que lo dota de habilidades críticas, de comunicación y de trabajo en equipo, mientras continúa adquiriendo conocimientos teóricos. De esta forma, el alumno se familiariza con dinámicas más apegadas a entornos laborales reales con equipos de trabajo multidisciplinarios (Gargallo, 2003; Herrera, 2017).

El propósito de esta investigación fue diseñar un caso de estudio para las asignaturas de Química Analítica mediante la implementación del MEC, ya que es una herramienta dinámica que permite mejorar el aprendizaje, desarrollar habilidades de pensamiento y análisis crítico. Se diseñó un caso de estudio, basado en situaciones reales, en donde se propuso el uso por parte del alumno de los conocimientos previos adquiridos en su formación académica, pensamiento crítico y la habilidad para la resolución de problemas.

Metodología

Enfoque de la investigación

La investigación es de enfoque mixto, es decir, tanto la naturaleza del planteamiento del problema como la recolección y análisis de datos hace uso de herramientas cuantitativas (encuestas) y cualitativas, ya que la validación de los casos es resultado de análisis y observaciones puntuales (opiniones) hechas por el panel de expertos. El diseño de la investigación es de tipo investigación-acción práctico con una visión técnico-científica (Hernández, et al., 2014), ya que estudia las prácticas locales, está centrada en el desarrollo y aprendizaje del alumno, implica la total colaboración de los participantes del panel para el análisis y la detección de las necesidades de los casos,—dando lugar a su implementación como plan de acción para resolver la problemática de construcción del aprendizaje en las asignaturas de Química Analítica.

Estrategia

Para poder llevar a cabo la investigación, se propuso una serie de etapas diseñadas a partir de la información recopilada, las cuales se describen a continuación:

- A. Búsqueda de Información.
- B. Diseño del caso
- C. Validación de los casos por panel de expertos
- D. Aplicación piloto

Instrumentos de recolección de datos

Tanto para la validación del caso por panel de expertos (Encuesta 1) como para la recolección de las opiniones del pilotaje (Encuesta 2), se elaboraron en Google Forms encuestas mixtas con preguntas abiertas y escala tipo Likert (5. Totalmente de acuerdo, 4. De acuerdo, 3. Ni de acuerdo ni en desacuerdo, 2. En desacuerdo, 1. Totalmente en desacuerdo).

Resultados y discusión

Diseño y validación de los casos

Para su construcción, se optó por adquirir una estructura de resolución de problemas centrado en generar propuestas para la toma de decisiones, en donde se construye un caso que toma como punto de partida una situación problemática en donde el actor principal, es una persona con las que los alumnos de las asignaturas de Química Analítica pueden empatizar (Saldís y Gómez, 2008).

El caso se elaboró centrado en generar propuestas para la toma de decisiones: "Determinación de sustancias ilícitas" en el que se le presenta al alumno la problemática y posteriormente se desarrollan las diversas propuestas que se pueden escoger para plantear una solución empatizando con la situación del personaje central. Cabe resaltar que este no cuenta con un final escrito, ya que está diseñado para que los estudiantes, guiados por el profesor, lo definan, articulen y compartan con el resto de la clase su alternativa de solución, así como el interactuar con dinámicas de trabajo que asemejan a las que pueden reflejarse en entornos laborales reales. Para cerrar el caso, se establecen preguntas de "cierre", con la finalidad de que los estudiantes reflexionen y tomen acción sobre la problemática. Finalmente, y a manera de actividades de seguimiento, se presentan una serie de preguntas que llevan al estudiante a indagar sobre más información y al mismo tiempo, a construir y/o complementar el análisis crítico junto con las otras actividades, investigación, discusión en equipo y grupal, entre otras.

Para el caso se planteó un inicio o introducción, en la cual se presenta al personaje y la problemática a estudiar. Durante el desarrollo del caso, se indican datos, técnicas analíticas e información necesaria para que los estudiantes analicen todas las perspectivas y decisiones tomadas en la historia del caso y empiecen a estructurar su juicio crítico.

El caso de estudio se elaboró a partir de la literatura revisada, mediante la selección del área temática de Química legal, que es factible de resolverse mediante la aplicación de conocimientos de Química Analítica, con la finalidad de que el alumno se interese por el contenido, analice la problemática, haga uso de los conocimientos adquiridos en semestres anteriores y proponga soluciones.

La validación fue mediante panel de expertos respondiendo una encuesta mixta para el caso. Los expertos revisaron los aspectos que componen al caso (por ejemplo: narrativa, aspectos académicos, la pertinencia de las preguntas guía, tiempo de duración, entre otros), y dieron su opinión con base en la percepción general de la actividad, considerando que ésta es de nivel universitario y dando su visto bueno para aplicarla o reelaborarla.

El caso: Determinación de sustancia ilícitas

La problemática de tráfico de drogas ilícitas ha sido y es una de las principales inquietudes de gobiernos en el mundo por el impacto que tiene en su población y entornos económicos, políticos, sociales, ambientales y de salud. Al analizar el tema, es posible percatarse que el tráfico de estas sustancias ilícitas por diversas vías se ha convertido en una actividad altamente redituable, sin embargo, representan también un riesgo de salud pública para la construcción de paz en un país, por lo que, la lucha contra las drogas (en especial las actividades de rastreo) es una tarea de alta prioridad en diversos países, sobre todo en la región de Latinoamérica (Gehring y Pastrana, 2018).

En síntesis, el caso comprende el análisis de muestras, la problemática surge en un laboratorio ficticio, en donde el personaje principal y un equipo relativamente inexperto de trabajo, deben decidir qué técnica cromatográfica es la más adecuada para analizar las muestras extraídas de un cargamento de drogas ilícitas y así identificar sus componentes. Para seleccionarla, se deben analizar factores como experiencia y dominio por parte de los miembros del equipo de trabajo, así como tiempo, métodos y consideraciones en la preparación de muestras.

El sentido de urgencia se adquiere cuando se establece un tiempo máximo para llevar a cabo el análisis de la muestra. La estrategia sugerida para el desarrollo de la clase es en las siguientes etapas:

• **Trabajo previo.** Los estudiantes deben revisar los temas: análisis de drogas y técnicas cromatográficas. Pueden examinar los recursos sugeridos (Tabla 1) o algún otro de su elección.

• **Inicio.** En esta etapa, el docente dará las indicaciones generales de cómo se trabajará y evaluará. Se abordará la problemática del tráfico de las drogas ilícitas, (particularmente los alcaloides como la cocaína) además de los ensayos presuntivos descritos en la figura 1 y las técnicas cromatográficas que se puede emplear para su análisis.

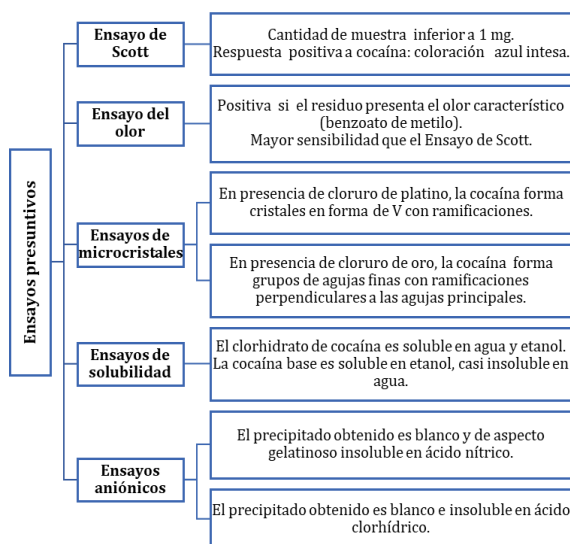


Figura 1. Ensayos presuntivos, UNODC (2012).

Desarrollo. El docente hará la presentación del caso y formulará las preguntas guía. Los estudiantes trabajaran en equipos para discutir las preguntas con el acompañamiento del profesor con el fin de realizar el análisis crítico y la discusión para la selección justificada de las técnicas cromatográficas y consideraciones especiales sobre la preparación de las muestras

• **Cierre.** El profesor retomará la discusión del caso con el grupo, se compartirán opiniones y el docente guiará la sesión hacia la solución del caso.

Tabla 1. Planeación del Caso 1.

Título de la actividad	Determinación de sustancia ilícitas
Objetivo	Aplicar los conocimientos de análisis de muestras por métodos cromatográficos para la selección de la técnica más adecuada y proponer una solución al caso de estudio.
Duración	3 horas
Temas abordados	<ul style="list-style-type: none"> Análisis cualitativo y cuantitativo de materiales que contienen cocaína. Técnicas cromatográficas como: cromatografía en capa fina, cromatografía de gases, cromatografía de líquida de alto rendimiento.
Organización	Por equipos de 3 a 5 personas
Recursos	<ul style="list-style-type: none"> Dispositivos con acceso a internet. Presentación visual resumida de la lectura "Métodos recomendados para la identificación y el análisis de cocaína en materiales incautados" Texto del Caso I. Encuesta de evaluación de la Actividad para los alumnos. Otras fuentes que consideren necesarias para aumentar su comprensión del tema.
Trabajo previo	Revisión crítica del recurso: "Métodos recomendados para la identificación y el análisis de cocaína en materiales incautados"
Producto solicitado	<p>Informe por equipo con una extensión máxima de diez cuartillas que cumpla con los siguientes requisitos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Introducción que aborde las características químicas de la cocaína y sus componentes, así como la problemática social relacionada con la detección de drogas. Objetivo de la investigación Respuesta a las preguntas guía/de seguimiento Análisis del Caso I Propuesta justificada de solución Conclusiones. Referencias en formato APA. Reflexión individual de los aprendizajes adquiridos.
Evaluación de aprendizajes	Rubricas de evaluación (3 secciones que evalúan el informe técnico, la defensa oral del caso y las habilidades empleadas a nivel grupal).
El caso	<p>Información sobre el caso</p> <p>Se da a los estudiantes una presentación del caso</p>
Preguntas propuestas	<p>2 preguntas acerca de los métodos presuntivos.</p> <p>2 preguntas relacionadas con las técnicas analíticas</p> <p>1pregunta para la comunicación asertiva en entornos de trabajo</p> <p>1 pregunta para la toma de decisión del método</p> <p>1 pregunta para la preparación de la muestra</p>

En la figura 2 se muestra una representación esquemática del Caso I.



Figura 2. Esquema del Caso 1.

Este caso se puede aplicar en materias donde se aborden las técnicas cromatográficas y/o del desarrollo de métodos analíticos, como Analítica Experimental II y III.

Validación por panel de expertos

El Caso fue evaluado por un panel de 3 expertos docentes (D1, D2 y D3), con experiencia promedio de 11 años en el área de Química Analítica y docencia. El panel revisó la actividad y sus opiniones se recolectaron en la Encuesta 1.

Con relación al caso están totalmente de acuerdo con: que éste es de interés y actualidad, además que la redacción y estructuración de la información es clara. De acuerdo con que el caso: considera un conflicto que puede presentarse en la realidad, la extensión del caso, el recurso de apoyo seleccionado, los tiempos propuestos, y considera que no está sesgado a la toma de una decisión forzada. Las rúbricas propuestas son adecuadas para evaluar los aprendizajes a través de las habilidades participativas, la defensa oral que hicieron de sus respuestas y del informa que entregaron.

Como oportunidad de mejora, el panel siguió hacer un desglose de los tiempos para el desarrollo de cada etapa de la actividad, y así tener un mejor manejo del tiempo, detallar el trabajo previo así como el producto solicitado, mismas que se ven reflejadas en la Tabla 1.

En opinión del panel de expertos el caso propuesto es óptimo para usarlo como elemento de enseñanza/aprendizaje en las asignaturas de Analítica Experimental II y III.

Aplicación piloto

Se realizó con 3 estudiantes egresados de las carreras de Química y Química de Alimentos, quienes realizaron la actividad tutorada por la docente D1 (18 años de experiencia en el área de la Química Analítica). Realizarla les tomó aproximadamente 3 horas.

Después de realizada la actividad, los estudiantes respondieron la Encuesta 2, la cual permitió conocer su opinión en cuanto al Caso y la dinámica de la actividad, la pertinencia de aplicar el método de los casos en las clases de Química Analítica y las oportunidades de mejora.

En la tabla 2 se presenta los ítems de la Encuesta 2, relacionados netamente con el Caso.

Tabla 2. Evaluación del Caso 1.

No.	Ítem	Valor medio
1	El caso despertó mi interés	4.7
2	Los recursos fueron adecuados (apoyo y texto)	4.0
3	El tiempo para realizarla fue correcto	5.0
4	Las preguntas planteadas ayudaron a llegar a la conclusión correcta	4.3
5	El Caso contiene la información suficiente para concluir	4.0
6	Las rúbricas evalúan todo el esfuerzo puesto en la actividad	4.5
7	Las indicaciones fueron claras	4.5
8	Manejo docente de la discusión grupal	5
	Media	4.5

Referente al caso, los estudiantes están totalmente de acuerdo con que: éste despertó su interés, el tiempo para realizar la actividad fue adecuado y que la información proporcionada y las preguntas planteadas ayudaron a llegar a la conclusión correcta. La rúbrica evalúa todo en esfuerzo puesto en la actividad y que las indicaciones fueron claras.

En relación con la pertinencia de aplicar el método de los casos en las clases de Química Analítica indicaron que efectuar las actividades usando esta estrategia facilitó la comprensión de las técnicas cromatográficas, su habilidad crítica se desarrolló de mejor forma en comparación con una clase normal, el docente manejó

adecuadamente la discusión grupal, la actividad contribuyó al desarrollo de sus habilidades teórico-prácticas y laborales. Así mismo, manifestaron que la capacidad de trabajo grupal se desarrolló de mejor manera en comparación a una clase tradicional y el estudio del caso despertó su curiosidad por investigar más sobre las técnicas cromatográficas de una forma más amena con la aplicación de detección de sustancias ilícitas.

Los alumnos participantes en la aplicación de la prueba piloto opinan que el caso desarrolla la importancia de la selección y empleo de las técnicas analíticas de una forma concreta e interesante y consideran que el estudio de casos es una herramienta que permite aplicar los temas vistos en clase desde una mirada más didáctica que a su vez, fomenta la reflexión de los conocimientos de la Química Analítica.

Las oportunidades de mejora indicadas por los participantes fueron en torno a perfeccionar la redacción de algunas oraciones, adicionar preguntas más específicas para mayor claridad en la selección y propuesta de la técnica a emplear.

Conclusiones

La metodología del estudio de casos comprobó ser una propuesta altamente viable para la enseñanza de la Química Analítica. Este caso tiene aplicabilidad en asignaturas que se imparten a partir del quinto semestre para las carreras de Química, Química de alimentos y Química farmacéutica biológica. Para los estudiantes, la propuesta del estudio de las técnicas cromatográficas resultó atractiva al presentar su aplicación en situaciones reales, aumentó su curiosidad por investigar más sobre los temas de la asignatura y su habilidad crítica se desarrolló de mejor forma comparada con clases tradicionales, de la misma manera, los alumnos consideraron que la habilidad de trabajo grupal mejora en comparación con una clase tradicional, lo cual dotaría al alumno de mejores herramientas para desenvolverse en un equipo de trabajo durante su etapa profesional, ya que su tu ética profesional y su capacidad de interacción en un entorno multidisciplinario se ven enriquecidas al fortalecer sus habilidades de aprendizaje colectivo.

Con base en los resultados obtenidos por parte del panel de expertos, la propuesta del MEC es viable para la enseñanza de la Química Analítica.

Tanto el caso como las actividades de seguimiento deben entrar en el ciclo interactivo de investigación-acción para mejorar.

En el trabajo futuro está el diseño, aplicación y validación de tres casos propuestos ante grupos de materias de

Química Analítica, los cuales tendrán aplicación en los siguientes rubros: Química ambiental (Caso II “El río contaminado con medicamentos”), aplicación al deporte (Caso III “Control antidopaje en el Tour de Francia”) y arte (Caso IV “Autenticidad de una obra de arte” también factibles de resolverse con la aplicación de conocimientos de Química Analítica y de semestres anteriores.

Agradecimientos

Las autoras agradecen a la DGAPA por el apoyo otorgado a través del proyecto PAPIIME PE201022 Propuestas didácticas basadas en metodologías activas para la enseñanza-aprendizaje de la Química Analítica.

A los participantes en la evaluación docente y piloto del caso.

Referencias

- Caicedo, J. (2022). Desafíos de la educación en la sociedad actual. *Multi-Ensayos*, 8, 17-24.
- Cevallos, S. H. A., Marín, P. A. L., Santana, T. N. (2018). Aprendizaje de la química: Aplicación de casos de la ciencia en la educación superior. *Atenas*, 4, 109-126.
- Cohen, D. A., Newman, L. R., Fishman, L. N. (2017). Twelve tips on writing a discussion case that facilitates teaching and engages learners. *Medical Teacher*, 39, 147-152.
- Galván-Cardoso, A. P., Siado-Ramos, E. (2021). Educación Tradicional: Un modelo de enseñanza centrado en el estudiante. *Revista Interdisciplinaria de Humanidades, Educación, Ciencia y Tecnología*, 2, 963-975.
- Gargallo, R. (2003). El método del caso aplicado a la enseñanza de la química. *Noticias per a Químics*, 414, 5-7
- Gehring, H., Pastrana B. E. (2018). *La problemática del tráfico ilícito de drogas: impactos regionales y globales*. 1ª Ed. Editorial Pontificia Universidad Javeriana, pp. 13-18.
- Giani, C. (2022). *Estudio de caso*. Ejemplos. Recuperado el 09 de abril de 2023 de: <https://www.ejemplos.co/estudio-de-caso/>.
- Herrera, M. (2017). El estudio de casos como estrategia didáctica para el aprendizaje de la química analítica i en los estudiantes de quinto semestre de la carrera de biología, química y laboratorio. Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador.
- Hernández Sampieri, R., Fernández, C., y Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación*. 6ª Ed. McGraw Hill Education, México, pp-532-534.

Ramírez-Sánchez, M., Rivas-Trujillo, E., & Cardona-Longoño, C. M. (2019). La metodología del estudio de caso como método docente. *Espacios*, 40, 16-21.

Saldís, N. E., y Gómez, M. M. (2008). Enseñar con casos de diseño propio. *Revista Química Viva* 2, 160-169.

Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (UNODC). (2012). Métodos recomendados para la identificación y el análisis de cocaína en materiales incautados. *Manual para uso de laboratorios nacionales de análisis de estuoeficientes*. Naciones Unidas, pp. 20-37.

Yacuzzi, E. (2005). El estudio de caso como metodología de investigación: Teoría, mecanismos causales, validación. *Serie Documentos de Trabajo*, (296), 1-37.