



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE QUÍMICA**

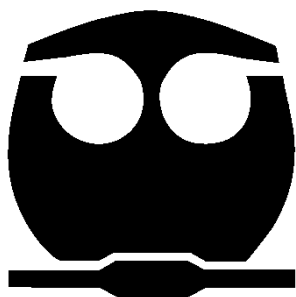
**EL MÉTODO DE CASOS PARA EL APRENDIZAJE EN LA QUÍMICA
ANALÍTICA**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERA QUÍMICA**

**PRESENTA:
MARIEL RAMÍREZ GARCÍA**

TUTORA: DRA. NORMA RUTH LOPEZ SANTIAGO



CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX. 2024



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE:	PROFESORA:	COVARRUBIAS HERRERA MARIA DEL ROSARIO
VOCAL:	PROFESOR:	MARTÍNEZ JARDÍNES LUIS GERARDO
SECRETARIO:	PROFESORA:	LÓPEZ SANTIAGO NORMA RUTH
1^{ER} SUPLENTE:	PROFESOR:	COLÍN SEGUNDO ALBERTO
2^{DO} SUPLENTE:	PROFESORA:	CARREÑO MENDOZA ANA GUADALUPE

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

FACULTAD DE QUÍMICA, UNAM

ASESORA DEL TEMA:

DRA. NORMA RUTH LÓPEZ SANTIAGO

SUSTENTANTE:

MARIEL RAMÍREZ GARCÍA

AGRADECIMIENTOS

A la UNAM por la oportunidad de estudiar en una de las instituciones educativas más prestigiosas de América Latina. Así como a la Facultad de Química y sus profesores por la formación profesional, social y cultural que plasmaron en mí.

A la Dra. Norma Ruth López Santiago por la oportunidad para desarrollar este tema, por el apoyo total, paciencia y guía proporcionados para el desarrollo y revisión del presente trabajo de investigación.

A las docentes, alumnos y egresados que participaron en las encuestas de evaluación de los casos de estudio.

A la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA) de la UNAM por el apoyo otorgado para la realización de esta investigación a través del proyecto ***PE201022 Propuestas didácticas basadas en metodologías activas para la enseñanza-aprendizaje de la Química Analítica.***

Contenido

Lista de Figuras	vi
Lista de Tablas	vii
Resumen.....	viii
Introducción	ix
Objetivos	xii
I. Marco teórico.....	1
1 Metodologías activas de enseñanza	1
2 Enseñanza y cognición situada.....	9
3 La metodología de estudio de caso	13
4 Evaluación	24
5 Aplicación del método de estudio de caso en la enseñanza de la Química	25
II. Metodología.....	29
6 Enfoque de la investigación y estrategia.....	29
7 Población y muestra	29
8 Fases de la investigación	30
9 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	31
III. Resultados y discusión.....	34
10 Caso I: Determinación de sustancias ilícitas.....	35
11 Caso II Toma de muestras en un río contaminado	42
12 Caso III Control antidopaje en el Tour de Francia	49
13 Caso IV: Autenticidad de una obra de arte	56
14 Discusión general	62
Conclusiones	70
Referencias.....	71
Anexo A. Encuestas	80
Anexo B. Caso I	87
Anexo C. Caso II	95
Anexo D. Caso III	99
Anexo E. Caso IV	104
Anexo F. Rúbrica de evaluación para los casos de estudio	110

Lista de Figuras

Figura 3.1. Tipos de estudio de casos.	15
Figura 3.2. Subtipos del modelo de estudio de casos centrados en la resolución de problemas.	17
Figura 3.3. Fases del estudio de caso.	21
Figura 10.1. Representación del problema de química legal.	35
Figura 11.1. Representación del problema de química ambiental.	43
Figura 11.2. Caso II: Resultados de Encuesta 1.	46
Figura 12.1. Representación del problema de química con aplicación al deporte.	50
Figura 12.2. Caso III. Resultados de la Encuesta 1.	52
Figura 13.1. Aplicada de la química analítica al análisis forense de obras de arte.	56
Figura 13.2. Caso IV. Resultados de la Encuesta 1.	59
Figura 14.1. Nubes de palabras Caso I. a) Oportunidades de mejora. b) Opiniones generales.	65
Figura 14.2. Nubes de palabras Caso II. a) Oportunidades de mejora. b) Opiniones generales.	65
Figura 14.3. Nubes de palabras Caso III. a) Oportunidades de mejora. b) Opiniones generales.	66
Figura 14.4. Nubes de palabras Caso IV. a) Oportunidades de mejora. b) Opiniones generales.	66

Lista de Tablas

Tabla 1. Resumen de las características de las metodologías activas revisadas	10
Tabla 2. Ejemplo de una Rúbrica de evaluación para la metodología del estudio de casos.	24
Tabla 3. Ejemplo de una Rúbrica de evaluación para la defensa oral del análisis del caso.....	24
Tabla 4. Ejemplo de una Rúbrica de evaluación de las habilidades empleadas a nivel grupal.....	25
Tabla 5. Encuestas diseñadas para la recolección de datos y opiniones del panel de expertos	33
Tabla 6. Encuestas diseñadas para la recolección de datos y opiniones de la prueba piloto	33
Tabla 7. Planeación del Caso I.....	37
Tabla 8. Caso I: Resultados de la Encuesta 1	39
Tabla 9. Caso I: Resultados de la Encuesta 2	40
Tabla 10. Planeación del Caso II	44
Tabla 11. Planeación del Caso III.....	50
Tabla 12. Planeación del Caso IV	57
Tabla 13. Resumen de las fortalezas de los Casos de estudio diseñados	63

Resumen

En este trabajo, se desarrollaron propuestas didácticas con la metodología de *Estudio de caso*, para fortalecer el aprendizaje y aplicar los conocimientos adquiridos para la resolución de problemas en química analítica.

Se diseñaron cuatro casos de estudio a partir de artículos científicos y noticias de divulgación de no más de cinco años de antigüedad, que pueden resolverse con la aplicación de los conocimientos que se adquieren en distintas materias de química analítica, en distintas áreas de especialidad: farmacéutica, detección de sustancias ilegales, antidopaje y análisis de pigmentos, con la finalidad de que el alumno analice la problemática que se presenta en cada caso, mediante uso de los conocimientos y proponga soluciones.

Estos casos fueron validados por un panel de expertos para evaluar su calidad educativa con la finalidad de que los profesores decidan su implementación en semestres posteriores y evaluados en pruebas piloto conformados por alumnos y egresados de las carreras de Química, Química de Alimentos y Química Farmacéutica Biológica de la Facultad de Química.

Los cuatro casos diseñados incrementaron el interés de los participantes de la prueba piloto y de la aplicación de la metodología del estudio de caso, ya que consideraron que el aprendizaje se vuelve más didáctico y reflexivo, la habilidad de pensamiento crítico y análisis de toma de decisiones se desarrolla mejor en comparación con las clases tradicionales y por último, que los casos son aptos para ser utilizados como elemento de enseñanza/aprendizaje de temas impartidos en las asignaturas de Química Analítica de la Facultad de Química

Palabras clave: química analítica, método de estudio de casos, metodologías activas.

Introducción

El tema de la educación y cómo responder a las necesidades emergentes es una constante a nivel mundial en los últimos años derivado de un vertiginoso cambio en las sociedades. Fenómenos como la globalización y las necesidades sociales de un entorno específico, son algunos de los factores que hoy día la desafían, por lo que se ha establecido un especial interés en enriquecerla y adaptarla de forma certera para poder responder a las demandas de una sociedad que se enfrenta a problemáticas complejas en un entorno competitivo (Caicedo, 2022).

La educación tiene como finalidad forjar personas íntegras, con capacidades de pensamiento crítico, análisis y toma de decisiones que permitan a los individuos enfrentar los retos que se desarrollan cada día en el mundo actual. Una formación con estas particularidades contempla desde aspectos humanísticos hasta matemáticos, científicos y tecnológicos, mismos que deben ser introducidos de forma racional y progresiva, comenzando desde los niveles básicos de enseñanza (Bevis, 1985). Al situarnos en las áreas de ciencia y tecnología, se debe prestar especial atención en adoptar una perspectiva de que contemple la dimensión humanística y cultural que presentan (Martín, Gómez, & Gutierrez, 2000; Garcia, 2004a).

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 para los estudiantes, una sola persona, el profesor, transmite la información y éstos se centran en memorizar la información sin tener conciencia de lo que ese conocimiento representa y las aplicaciones que puede tener en la vida cotidiana. Chávez (2011) (citado en (Galván-Cardoso & Siado-Ramos, 2021)) menciona que la educación tradicional ha sido y es, represiva y coercitiva en la parte moral, emplea únicamente la memoria en el entorno intelectual, y es discriminatoria y elitista en el plano social, forjando un estudiante carente de creatividad e iniciativa y dócil en lo intelectual.

La educación universitaria, tiene como propósito fundamental formar jóvenes con habilidades y conocimientos específicos, además, otro de los principales objetivos es

que los jóvenes que hoy se forman dentro de las aulas universitarias como personas íntegras y portadoras de conocimiento, el día de mañana reflejen una ética profesional, apliquen los conocimientos adquiridos a lo largo de años de estudios, y más importante aún, que sean capaces de resolver los problemas que demanda la sociedad.

Entre 2016-2017, en México, había 4.4 millones de jóvenes cursando una licenciatura (OECD, 2019), y es de principal interés saber y evaluar si estos jóvenes se están preparando con las habilidades necesarias que les permitirán analizar y entender las problemáticas que se presenten el día de mañana y aún más importante, si serán capaces de brindar respuesta a ellas. Al centrarse en la educación superior en México y sus resultados, se ha encontrado que casi la mitad de los empleadores alertan de una falta de competencias en su sector ya que consideran que la educación y formación de los solicitantes de empleo no es adecuada para sus necesidades (OECD, 2019).

Ante esta problemática, es urgente innovar la forma en la que la educación a nivel superior se imparte, puesto que la metodología de enseñanza que se ha trabajado a lo largo de estas décadas ha provocado un rezago educativo que ha derivado en que los estudiantes no desarrollen habilidades críticas, ya que su formación se ha basado en memorizar información para posteriormente ser evaluada de forma pasiva, sin una aplicación en la vida real. Diversos autores han propuesto la introducción de metodologías innovadoras para la generación de aprendizaje que promueva la discusión y el intercambio de ideas entre alumnos de forma dinámica, de tal forma que el profesor ya no figure como un elemento de transmisión de información, sino que funja como guía mediante la presentación de escenarios diseñados con elementos de situaciones reales, información certera y la invitación a los alumnos a alimentar su creatividad y curiosidad mediante la generación de preguntas que permitan al alumno entender la problemática, empatizar con ella y de esta forma, proponer alternativas útiles. Además, las metodologías activas incrementan el rendimiento de los alumnos en los exámenes y en general, presentan un mejor dominio del conocimiento, así como una menor probabilidad de reprobación de cursos, ya

que un alumno que recibe clases con el método tradicional de enseñanza tiene 1.5 más posibilidades de reprobación en asignaturas como ciencia, ingeniería y matemáticas (Wasserman, 1994; Cevallos Sánchez, Marín, & Toledo, 2018; Freeman, y otros, 2014; Theobald, y otros, 2020). Y así lograr que, durante la ejecución de este proceso, los estudiantes alcancen aprendizajes altos en los niveles de pensamiento de orden superior, además de desarrollar competencias analíticas, críticas y creativas (Cevallos Sánchez, Marín, & Toledo, 2018).

El área de Química Analítica es una parte medular de las carreras impartidas en la Facultad de Química, las materias son de carácter teórico-práctico, los cuales ayudan a la formación integral del alumno gracias a la aplicación de métodos y técnicas que ayudan a resolver situaciones reales y complejas mediante el uso de planteamientos matemáticos, conceptos de química y análisis de resultados, entre otros. Estas materias a menudo suelen tener un alto índice de reprobación, por lo que es de principal interés para el cuerpo académico y docente generar estrategias educativas que ayuden a disminuir el rezago académico y a su vez, lograr que los alumnos enriquezcan el conocimiento y su capacidad de análisis crítico para la resolución de problemas.

El propósito de esta tesis es diseñar casos de estudio para asignaturas de Química Analítica mediante la implementación del método de casos (también llamada metodología de estudio de caso), ya que es una herramienta dinámica que permite mejorar el aprendizaje, desarrollar habilidades de pensamiento y análisis crítico. El presente trabajo de investigación se llevó a cabo mediante el diseño de cuatro casos de estudio, basados en situaciones reales, en donde se propone que el alumno use los conocimientos previos adquiridos en su formación académica, su pensamiento crítico y la habilidad para la resolución de problemas.

Objetivos

Objetivo general

Aplicar la metodología de “Estudio de caso” como un modelo educativo innovador para el diseño y validación de casos de estudio para el área Química Analítica.

Objetivos particulares

1. Identificar las características del método de casos aplicado a la aplicación práctica de la química analítica
2. Diseñar y validar estudios de caso a partir de casos reales donde se aplique la química analítica para la resolución de problemas
3. Presentar una propuesta metodológica para el diseño y validación de casos

I. Marco teórico

1 Metodologías activas de enseñanza

Al abordar las formas en que se enseña la Química analítica, podemos observar el uso de metodologías activas de aprendizaje, tanto en México, como en otros países de Latinoamérica, un claro ejemplo, es el tema de tesis desarrollado por Marshuri Lisbeth Herrera Merino en el año 2017, su trabajo titulado *El estudio de casos como estrategia didáctica para el aprendizaje de la Química Analítica 1 centrada en los estudiantes de quinto semestre de la carrera de biología, química y laboratorio*, concluyó que:

“La mayoría de los estudiantes opinan que el estudio de casos comprende una serie de objetivos de modo que les facilita no solo la integración de los conocimientos de la materia, sino que también, les ayuda a generar fomentar el trabajo en equipo o de forma autónoma, demás permite llegar a un aprendizaje significativo, ya que como nueva estrategia, facilita su aprendizaje, pues relaciona la información nueva con la que ya posee, reajustando, reconstruyendo y dando como resultado un aprendizaje permanente.”

Por otro lado, Márquez Bautista (2022), en su trabajo de tesis de licenciatura, “Estilos de aprendizaje: una propuesta de estrategias didácticas para el aprendizaje de la Química Analítica”, cita a Ausubel, Novak & Hanesian (1976):

“Existe un tipo de aprendizaje que es esencial para el desarrollo profesional de las personas, éste es el aprendizaje significativo, el cual comprende la adquisición de nuevos significados a través de conocimientos base relevantes obtenidos previamente, a la vez que los nuevos conocimientos pueden utilizarse después como nuevos conocimientos base para adquirir más aprendizajes”

En la primavera de 2010 la implantación del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), con el objetivo de ofrecer sistemas de educación superior más competitivos y atractivos para estudiantes y profesorado en la región europea (Stockwell, Bangoetxea, & Tauch, 2011), condujo a un cambio sustancial en el proceso enseñanza-aprendizaje en el ámbito universitario haciendo necesaria la participación activa del profesorado en el uso de nuevas metodologías docentes, las cuales

buscan la adquisición de capacidades y/o habilidades para lograr la consecución de resultados académicos de forma efectiva (López, 2011).

Bajo este panorama, la aplicación y uso de metodologías activas de enseñanza adquieren una relevancia significativa ya que permitirán a los estudiantes promover, adquirir y fortalecer competencias transversales imprescindibles para su formación integral, como son: el trabajo en equipo, el uso de nuevas tecnologías para la búsqueda de información y exposición de resultados, la expresión oral y escrita y la interdisciplinariedad de los conocimientos adquiridos, entre otros (López, 2011).

Para introducir el concepto de metodología de enseñanza activa, es importante partir del concepto de metodología didáctica, el cual menciona que es una forma de llevar a cabo la práctica docente, considerando las intenciones educativas del profesor, sus postulados didácticos, la noción que tiene por el concepto de educación y de alumno, y otras capacidades intrínsecas, como lo son, la capacidad para gestionar la motivación (Herrán, 2008).

Por lo tanto, se entiende por metodología activa a aquella en que el aprendizaje se da considerando al alumno como eje central y al profesorado como un guía, teniendo como principal interés ayudarle a desarrollar competencias requeridas en la sociedad actual en la que el estudiante se desenvuelve, como por ejemplo, la resolución de problemas, análisis crítico y la capacidad para afrontar situaciones reales, entre otras, y así generar aprendizaje significativo (Muntaner, Pinya Medina, & Mut, 2020).

Las implicaciones y factores en las que este tipo de metodologías convergen son las siguientes (Baro, 2011):

- Enseñar es un proceso bidireccional. El docente aprende, el alumno ajusta su intervención educativa por la respuesta que éste muestra ante las intervenciones previas; así le enseña a su maestro a enseñarle; simultáneamente este último observa los resultados y ajusta su nivel de expectativas.
- La adquisición del conocimiento se lleva a cabo mediante metodologías activas.

- El alumno es el punto focal, debido a que es quien dota de sentido al término. Es de suma importancia recordar que cada estudiante aprende de una forma distinta, ya que es un individuo único y diferente del resto.

La Universidad del País Vasco (2016) ha recalcado otras características de las metodologías activas:

- Trabajo en grupo. Los estudiantes trabajan en pequeños grupos, los cuales proporcionan un marco de trabajo en donde los estudiantes prueban y desarrollan su nivel de comprensión, por lo que simulan entornos de trabajo reales.
- Solución de problemas. Las problemáticas que se presentan en las metodologías activas suelen ser complejas, por lo que implican el uso de habilidades de razonamiento e indagación. Esto aproxima al estudiante a problemas reales afrontados por los profesionales en sus actividades diarias.
- Descubrimiento de nuevos conocimientos. Al tener que encontrar una solución con sentido, los estudiantes son desafiados, por lo que tendrán que indagar nuevos conocimientos. Desde el inicio de la problemática planteada los estudiantes deben determinar *qué saben y qué necesitan saber* para poder continuar.
- Basado en el mundo real. El principal interés es animar a los estudiantes a pensar como profesionales desde el inicio de sus carreras, favoreciendo la transición de la Universidad al mundo laboral.

Al contrastar las metodologías tradicionales con las metodologías activas, estas últimas responden las siguientes preguntas (Baro, 2011):

¿Qué enseñar? El alumno aprende en el aprendizaje significativo, ya que se selecciona una amplia variedad de contenidos para que el alumno elija a qué temas dirige primero su atención.

¿Cómo enseñar? Se busca facilitar la manipulación del material objeto del conocimiento, por consiguiente, el alumno podrá descubrir y será guiado por el docente.

¿Cuándo enseñar? Las metodologías activas abogan por una flexibilización en los tiempos de aprendizaje del alumnado. Se tiene en cuenta el ritmo de aprendizaje de los alumnos, y a la par, se atienden a los condicionantes comunes de espacio tiempo y agrupamientos de las aulas de un sistema tradicional.

¿Dónde enseñar? Cualquier espacio educativo es útil siempre que contenga los estímulos para el aprendizaje necesarios para conseguir los objetivos propuestos.

A continuación, se revisan algunas metodologías activas de enseñanza.

A. Aprendizaje Basado en Problemas (ABP)

Esta metodología surgió entre las décadas 60's y 70's en la Facultad de Medicina de la Universidad de McMaster como una respuesta a la forma en la que se impartían los conocimientos de la carrera y a su vez, lograr una mejor preparación en los estudiantes para que pudieran enfrentarse con mayor éxito a las problemáticas del mundo real. Desde entonces, la metodología se ha ido desarrollando y evolucionando, dependiendo del área en donde se emplee, siendo definida por distintos autores de las siguientes formas (Morales & Landa, 2004):

- El ABP es un método de aprendizaje basado en el principio de usar problemas como punto de partida para la adquisición e integración de los nuevos conocimientos (Barrows, 1986a).
- El ABP es una aproximación al proceso de aprendizaje, los estudiantes afrontan problemas de naturaleza diversa en grupos pequeños, durante la experiencia practican y desarrollan habilidades, y pueden observar y reflexionar sobre las actitudes y valores (Boud (1997) citado en (López, 2011)).

Esta metodología contribuye a favorecer la creatividad de los estudiantes, ya que el docente traslada el conocimiento situando al alumno frente a diversas tareas, que, a su vez, lo incitan a buscar diversas alternativas para proponer una solución. Por lo general, los problemas que forman la base del estudio son descripciones de fenómenos que pueden observarse en la realidad, además, deben ser analizados por el grupo usando conocimientos previos, tomando como punto de partida habilidades de indagación y pensamiento reflexivo (López, 2011).

Se han desarrollado distintos requerimientos que permiten al ABP tener un diseño y ejecución característica, entre ellos destacan (Barrows, 1996):

- **El aprendizaje está centrado en el alumno.** Bajo la guía del profesor, el estudiante debe tomar responsabilidad de su propio aprendizaje, identificando lo que necesita saber para entender mejor y manejar el problema en el que está trabajando, esto le permitirá determinar de dónde obtendrá la información necesaria (maneja recursos como libros, artículos, fuentes en línea, entre otros).
- **El aprendizaje se produce en grupos pequeños de estudiantes.** Usualmente, los grupos de trabajo contemplan de cinco a nueve estudiantes.
- **Los profesores son facilitadores o guías.** Su rol es mejor entendido en términos de comunicación metacognitiva (es el conocimiento, concientización, control y naturaleza de los procesos de aprendizaje (Chrobak, S.F.)). El tutor hace preguntas a los alumnos, las cuales, en un entorno ideal, deberían hacerse ellos mismos con el fin de tener un mejor entendimiento y manejo del problema, eventualmente los estudiantes adquieren ese rol por sí mismos desafiándose entre sí (Barrows, A taxonomy of problem-based learning methods, 1986a).
- **La nueva información se adquiere a través del aprendizaje autodirigido.** El alumno, en su intento por entender el problema, toma conciencia de lo que necesita aprender de las ciencias básicas. El problema adopta un enfoque en el cual se integra información de varias disciplinas y a su vez, la nueva información se asocia a cuestiones de la vida real que son plasmadas en el problema. Durante este aprendizaje, los estudiantes trabajan discutiendo, comparando, revisando y debatiendo lo que han aprendido.
- **Los problemas son un vehículo para el desarrollo de las habilidades de solución de problemas.** Éstos se presentan de la misma forma en que ocurre en un entorno real, permite a los estudiantes hacer preguntas y llevar a cabo exámenes en cualquier secuencia. El alumno obtiene resultados de estas indagaciones mientras resuelve el problema.

B. Resolución de problemas y ejercicios

Son escenarios en los que se solicita a los estudiantes proponer soluciones a través de rutinas, aplicación de ecuaciones o algoritmos, la transformación de la información y la interpretación de los resultados. Comúnmente, complementa a la lección magistral (De Miguel, 2005).

C. Enfoque por competencias

Las competencias en el entorno educativo se definen como los conocimientos, procedimientos, y capacidades que una persona adquiere para abordar problemas de forma autónoma y creativa en un entorno multidisciplinario (Corominas, y otros, 2006). Para su adquisición, primero se lleva a cabo el proceso de aprendizaje y posteriormente se aplica. Mediante la ejecución de la acción, tomando como ejemplo la resolución de un problema, se verifica y evalúa el nivel de desarrollo de la competencia (Bernal & Martínez, 2009), ya sea capacidad analítica, adaptación, búsqueda de alternativas y trabajo en equipo (Lopez & Farfán, 2005).

La educación basada en competencias se centra en la necesidad, estilos de aprendizaje y potencialidades individuales para que el alumno maneje con gran dominio las destrezas y habilidades requeridas en el campo laboral. Por lo que, en otras palabras, en la educación una competencia es un conjunto de comportamientos sociales, afectivos y habilidades cognoscitivas, psicológicas, sensoriales y motoras que permiten ejercer adecuadamente una profesión. Así, las competencias se acercan a la idea de aprendizaje total y se considera una metodología activa porque reconoce el valor de las habilidades que construye y reconoce los procesos que permitieron tal construcción (metacognición) (Lopez & Farfán, 2005).

D. Método de caso (MdC)

Se divide en dos grandes variantes. En la primera, se plantea el caso cuando el alumno ya cuenta con conocimientos que se han adquirido previamente (por medio del trabajo cooperativo o expuestos por el docente). La actividad propuesta tiene por objetivo integrar los conocimientos, ya sea de una lección o de un conjunto de temas

y su aplicación en un entorno real. En la segunda variante, el caso se plantea como base del aprendizaje y su resolución llevará a los estudiantes a recolectar y aprender los conocimientos necesarios. El docente fungirá como guía en todo el proceso. Por lo usual, se trabajan habilidades para analizar el contenido del caso, el siguiente paso consiste en tomar decisiones, emitir juicios y evaluarlos (Universidad del País Vasco, 2016). Esta metodología se revisa con mayor detalle en el numeral 3.

E. Aprendizaje Basado en Proyectos (ABPy)

El Aprendizaje basado en proyectos (ABPy) puede definirse como una metodología centrada en la realización de tareas donde el principal objetivo es obtener un producto final. Este método es de gran utilidad, ya que permite al estudiante adquirir habilidades de aprendizaje autónomo dentro de un plan de trabajo con objetivos y procedimientos establecidos, fomenta la indagación en los estudiantes, la cual surge a partir de interrogantes (García-Varcácel & Gómez-Pablos, 2017).

El ABPy, dependiendo del enfoque, puede abordar una temática centrada en una única asignatura o ser de índole interdisciplinar con un tiempo de desarrollo variable, ya sea un mes, un cuatrimestre o un semestre. Otro de los objetivos de esta metodología es integrar el mayor número de conceptos de la o las asignaturas involucradas y así comprender de la mejor manera, la relación existente entre la teoría y su aplicación en un caso concreto (Universidad del País Vasco, 2016).

Por su naturaleza, implica dividir el proyecto central en subproyectos, diseñar un cronograma de actividades, realizar la planeación, asignar responsabilidades dentro del grupo de trabajo, aplicar los conocimientos previamente adquiridos, diseñar un producto, proponer alternativas de solución al problema, desarrollar una propuesta, analizar la viabilidad de los posibles caminos de desarrollo, evaluar cuál es la más óptima y justificar las decisiones tomadas en el desarrollo del proyecto (García-Varcácel & Gómez-Pablos, 2017).

F. Aprendizaje Cooperativo

El aprendizaje cooperativo es un proceso de aprendizaje en comunidad: un grupo de personas reunidas en un tiempo y lugar determinado, con actividades específicas e interactuando para el logro común (Bernal & Martínez, 2009). Es una estrategia didáctica que inicia con la formación de pequeños grupos de trabajo donde el alumnado trabaja de forma coordinada para resolver tareas académicas y de forma simultánea desarrollar su propio aprendizaje, además, esta metodología se puede trabajar de forma aislada o combinarse con otras metodologías activas, sean MdC, ABP y ABPy (Universidad del País Vasco, 2016). Una característica singular de este método es que el alumno solamente construye el aprendizaje y alcanza sus objetivos si y solo si sus compañeros también lo hacen, esto se debe a que los alumnos están interconectados y son conscientes de la responsabilidad mutua de trabajar para el éxito del otro (Mayordomo & Onrubia, 2016). El aprendizaje cooperativo se desarrolla bajo los siguientes lineamientos: interdependencia positiva, exigibilidad y responsabilidad individual, interacción cara a cara, habilidades interpersonales, trabajo y reflexión en grupo (Johnson, Johnson, & Holubec, 1994).

La interdependencia positiva se ve reflejada cuando en el desarrollo de una tarea, todos los miembros del grupo son indispensables para realizarla de forma exitosa. De la misma forma, la exigibilidad individual se observa cuando cada miembro del grupo se hace responsable no solo de sus actividades de trabajo sino también de las realizadas por el resto de su equipo. Por lo tanto, el estudiante no aprende solo, ya que dentro de la dinámica de trabajo hay que coordinar, planificar y evaluar. Al ejecutar las tareas, las decisiones se toman en conjunto, y todos los integrantes son responsables tanto de las tareas individuales asignadas como del resultado final del trabajo, independientemente de la parte realizada por cada uno. Todos los miembros del grupo deben cumplir los objetivos de aprendizaje establecidos. Dentro de la evaluación individual se contempla la consecución del logro a nivel grupal, por lo que el alumno se hace consciente de que la cooperación mutua es indispensable para concluir de forma exitosa la actividad (Universidad del País Vasco, 2016).

Las características de las metodologías activas revisadas se presentan de forma resumida en la Tabla 1.

2 Enseñanza y cognición situada

El aprendizaje situado comprende un proceso multidimensional, el cual engloba la apropiación cultural, pues se trata de una experiencia que involucra el pensamiento, la efectividad y la acción en el estudiante, es parte y producto de la actividad, el contexto y la cultura de quien lo desarrolla y aplica (Brown & Collins, 1995).

La enseñanza situada tiene por objetivo llevar al alumno a adquirir un aprendizaje significativo donde encuentre sentido y utilidad durante su estancia en el aula. De esta manera, el conocimiento se basa en lo que el estudiante realmente va a saber, podrá hacer y desea saber (Gómez O. M., 2014).

(Díaz Barriga, 2006) en su libro *“Enseñanza situada: vínculo entre la escuela y la vida”* menciona que *“El conocimiento es situado, es parte y producto de la actividad, del contexto y de la cultura en que se desarrolla y utiliza, se genera y recrea en determinada situación”*.

La enseñanza situada centra su atención en la labor del docente, ya que, de esta forma, diseña y ejecuta las actividades con las que él cree que el alumno puede poner en práctica los aprendizajes adquiridos en el aula o establecer una relación entre un momento o historicidad en su entorno. Debido a esto, el docente debe prestar especial atención a lo que rodea al alumno, su ambiente, los objetos y el significado que tienen para él y lo más importante, cómo es que relaciona el entorno con todos los factores anteriormente mencionados para aprender (Gutiérrez, 2019).

Si bien las propuestas de enseñanza situada presentan diferencias sutiles, también tienen algunas características comunes (Hernández Rojas, 2006):

- a) Proporcionan aprendizajes de alta situatividad que tienen por objetivo buscar situaciones genuinas o semejantes a las que los alumnos se enfrentarán en su entorno social mediante la creación de contextos educativos.

Tabla 1. Resumen de las características de las metodologías activas revisadas

Metodología activa	Descripción	Rol del estudiante	Rol del docente	Evaluación
Aprendizaje basado en problemas (Barrows, 1986a; De Miguel, 2005)	Se usan problemas como punto de partida para la adquisición e integración de nuevos conocimientos mediante el análisis y la discusión.	Buscar la información que necesita a través de diversos medios para solucionar el problema.	Fungir como guía al hacer preguntas a los estudiantes que les permita tener un mejor entendimiento y manejo del problema.	Memoria o informe en el que se trabajó la hipótesis de trabajo, diseño de investigación, conclusiones, entre otros.
Resolución de problemas y ejercicios (De Miguel, 2005)	Los estudiantes desarrollan soluciones mediante la aplicación de fórmulas y la interpretación de los resultados.	Repasar conocimientos, toma notas de la información proporcionada por el profesor, aplicar los procedimientos enseñados por el docente y desarrollar soluciones mediante la ejecución de rutinas o aplicar algoritmos.	Seleccionar objetivos y contenidos, elaborar o recopilar los ejercicios a desarrollar, explicar claramente los procedimientos o estrategias a usar, resolver los problemas ante los estudiantes, evaluar los ejercicios y proponer ideas para mejorar el desempeño.	Se puede componer de pruebas de respuesta corta y ejecución.
Enfoque por competencias (Valverde et al, 2012, SEP, 2012; López, 2012)	Busca que el alumno desarrolle y maneje con maestría, habilidades sociales, afectivas, psicológicas y sensoriales en el entorno laboral.	Ser autónomo con su aprendizaje y de la adquisición de competencias.	Fungir como guía. Ejercer una evaluación constante para determinar y desarrollar las fortalezas del estudiante. Tener una alta preparación en situaciones directas de trabajo y en la asignatura.	En una ficha de evaluación se establecen las competencias, subcompetencias e indicadores a ser evaluados y se puntúan, también se puede hacer uso de rúbricas o recolección de evidencias sobre el desempeño del estudiante.

Tabla 1. Resumen de las características de las metodologías activas revisadas (continuación)

Metodología activa	Descripción	Rol del estudiante	Rol del docente	Evaluación
Método de caso (De Miguel, 2005; López A. , 2008)	Se desarrolla una historia sobre un suceso real en la cual ésta se analiza, se discute, se integra información y se buscan posibles respuestas.	Formular preguntas, poner en práctica los conocimientos adquiridos previamente para analizar el problema y proponer soluciones. Indaga para obtener más información al respecto y la discute de forma grupal.	Guiar a los estudiantes mediante preguntas clave encaminadas a la comprensión y análisis del problema expuesto.	Rúbricas de evaluación de algunos aspectos, como: grado de preparación del caso, calidad de las participaciones, nivel de aporte a la comunicación, comunicación, adaptación a la audiencia, etc.
Aprendizaje basado en proyectos (De Miguel, 2005; Universidad del País Vasco, 2016; García-Varcácel & Gómez-Pablos, 2017)	Los estudiantes ejecutan un proyecto en un tiempo determinado para resolver un problema o abordar una tarea.	Adquirir conocimientos de forma autónoma, interactuar con el profesor para despejar dudas, definir un plan de trabajo, proponer soluciones y elaborar un informe con la entrega de resultados.	Tutelar a los estudiantes durante la ejecución del proyecto, ofrece recursos y orientación. Guía a los estudiantes hacia el aprendizaje autodidacta.	Entrega de un informe escrito del proyecto, exposición del proyecto ante el docente y los otros estudiantes de la clase.
Aprendizaje cooperativo (De Miguel, 2005; Bernal & Martínez, 2009; (CEDEC), 2020)	Se aprende en grupo o comunidad para resolver una tarea en la cual es necesario que cada miembro asuma una función específica para lograr una meta en común.	Trabajar de forma coordinada para resolver las tareas y desarrollar su propio aprendizaje, desarrolla un plan de trabajo.	Organizar, promover y monitorizar las actividades que realizarán los estudiantes para alcanzar objetivos educativos. Desplegar las conductas y actitudes que desea que aprendan los alumnos.	Rúbricas de observación de aprendizaje donde se evalúan aspectos como la preparación previa, colaboración con el equipo, contribución con el equipo y atención.

- b) Proveen contextos educativos que favorecen el aprendizaje significativo y reflexivo.
- c) El alumno es involucrado activamente de tal forma que logra un aprendizaje experiencial multidimensional.
- d) Promueven la autonomía del alumno.
- e) Emplean situaciones de aprendizaje cooperativo y colaborativo (alumno-alumno) y de enseñante-alumno

Estas propuestas son tratadas con lucidez y profundidad, tienen como propósito principal el otorgar al alumno una mayor autonomía y facultamiento, por tanto, también lo estará preparando para una mejor inserción en la sociedad, según sea el caso (Hernández Rojas, 2006).

Uno de los principales retos que enfrenta la enseñanza situada es el de lograr que el proceso educativo se desarrolle desde las vivencias y no sólo desde el hacer. Por lo que es necesario que el conocimiento traspase las fronteras de las aulas, dejando atrás la dinámica pasiva y desarrollar en los estudiantes habilidades que les permitan saber qué y cómo hacer para afrontar los obstáculos que se les presenten en distintas circunstancias en sus distintos entornos sociales, así como favorecer su desarrollo personal. De esta forma el alumno dará paso a soluciones creativas con alto sentido de responsabilidad (Palechor, Mera, & Zúñiga, 2016).

Cognición situada

(Hendricks, 2001, p. 302) señala que “La cognición situada asume diferentes formas y asume distintos nombres como aprendizaje cognitivo, aprendizaje situado, comunidades de práctica y participación periférica legítima.”

En términos simplificados, la cognición situada es el proceso de aprendizaje por medio de la percepción, que busca desarrollar el *saber hacer* y el *cómo hacer* tomando en cuenta el contexto cultural del estudiante y su participación en la solución de problemas sociales (Díaz Barriga, 2003).

Desde la perspectiva de la cognición situada, se sostiene que la adquisición de habilidades intelectuales no puede separarse del contexto sociocultural (Martín, Rinaudo, & Ordoñez, 2012). En la cognición situada el escenario sociocultural y las actividades que las personas realizan dentro de este escenario son los aspectos de mayor relevancia, de modo que hay una relación mutuamente co-constitutiva entre las personas, las actividades y el contexto. Por tanto, el aprendizaje se entiende como una participación creciente y continua en determinados escenarios, prácticas y sociedades culturales (Hernández Rojas, 2006).

A manera de conclusión, desde la perspectiva situada, el aprendizaje se comprende como un proceso multidimensional de apropiación cultural, puesto que se trata de una experiencia que involucra el pensamiento, la afectividad y la acción. Se destaca la importancia de las actividades y el contexto para el aprendizaje y se reconoce que el aprendizaje escolar es ante todo un proceso de enculturación mediante el cual, los estudiantes se integran de manera gradual a una comunidad o cultura con determinadas prácticas sociales. En consecuencia, los alumnos deberán aprender del contexto pertinente (Díaz Barriga, 2006).

3 La metodología de estudio de caso

La metodología de estudio de caso o método del caso se originó en la Facultad de Derecho de Harvard a principios del Siglo XX, con la finalidad de que los estudiantes aprendieran leyes mediante la propuesta de una solución a una historia concreta (caso) y la defendieran.

(Wasserman, 1994, p. 5) define a los casos de la siguiente forma:

“... instrumentos educativos complejos que revisten la forma de narrativas. Un caso incluye información y datos: psicológicos, sociológicos, científicos, antropológicos, históricos y de observación, además de material técnico. Los casos son por naturaleza multidisciplinarios. Los buenos casos se construyen en torno de problemas o de “grandes ideas”. Por lo general, las narrativas se basan en problemas de la vida real que se presentan a personas reales.”

El método de casos utiliza la experiencia para la construcción de conocimiento. Los casos son especialmente útiles 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).

Al ser una metodología activa, se requieren de algunas condiciones, por mencionar algunas dirigidas al docente destacan: creatividad, interés por la formación integral del alumnado, habilidades para el manejo de grupos, buena comunicación y una vocación docente definida. El caso no proporciona soluciones, sino datos concretos para que el alumno reflexione, analice y discuta en grupo las posibles alternativas de solución para la problemática planteada. Por lo tanto, se puede decir que el método de caso no brinda soluciones al estudiante, mucho menos acotadas, sino que le entrena para encontrarlas. Lo invita a contrastar sus conclusiones con los otros miembros del grupo, expresar sugerencias, y practicar su desempeño en ambientes colaborativos, tener un pensamiento creativo, innovador y ser un puente entre la teoría y un entorno práctico real (Ramírez-Sanchez, Rivas-Trujillo, & Cardona-Longoño, 2019).

El estudio de caso se diferencia en otras formas de investigación por su estructura, por su metodología y, sobre todo, por su objeto de estudio que puede ser un caso único (si se estudia un solo fenómeno) o un caso múltiple (si se estudia más de un caso para dar cuenta de un fenómeno). Generalmente, el objeto de estudio es de actualidad o contemporáneo, cuyas características lo diferencian de otros y cuyo análisis no permite hacer generalizaciones (Giani, 2022). El estudio de caso para (Giani, 2022) se ejemplifica en la Figura 3.1.

Las clasificaciones se establecen de acuerdo con las características del informe o a las conclusiones que se pueden elaborar (Álvarez & San Fabian, 2012). Existen otras clasificaciones de estudio de caso según diferentes autores, las cuales se presentan a continuación:

- Estudio de caso descriptivo: presenta un informe detallado del fenómeno bajo estudio sin fundamentación teórica previa
- Estudio de caso interpretativo: proporciona descripciones profundas, los datos desafían presupuestos teóricos.

- Estudio de caso evaluativo: para llegar a emitir un juicio o teoría sobre el objeto bajo estudio hace uso de una descripción y explicación.

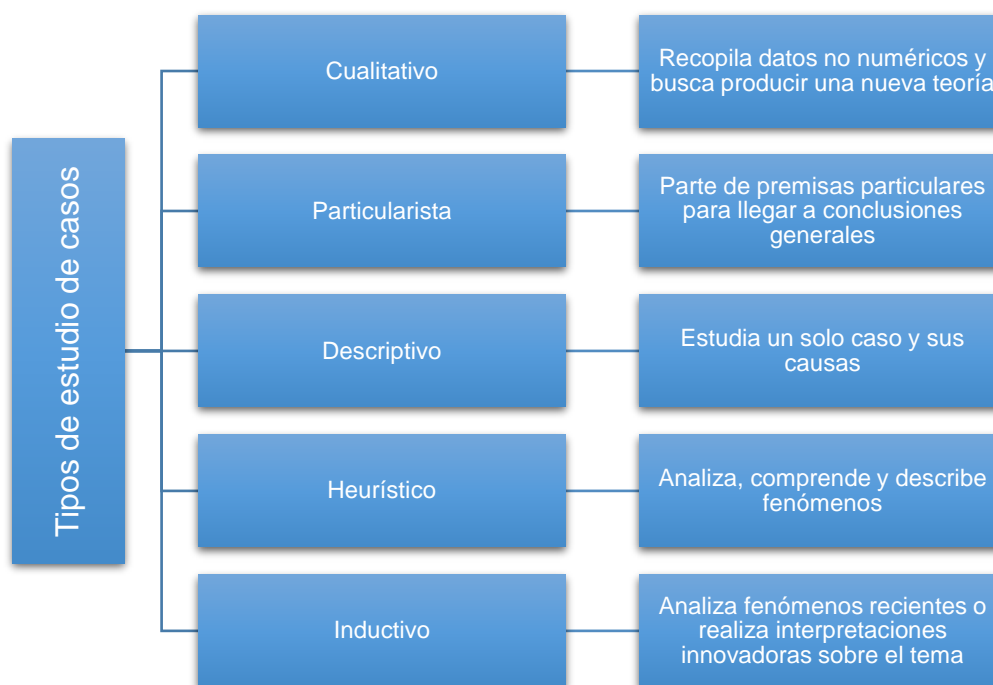


Figura 3.1. Tipos de *estudio de casos*.
Elaboración propia con información de Giani (2022)

(Martínez y Musitu, 1995), describen tres modelos:

1. Centrado en el análisis de casos, pretende que los estudiantes conozcan, analicen y valoren las intervenciones hechas por expertos en la resolución de casos específicos.
2. Centrado en aplicar principios y normas legales establecidos, se centra en casos particulares y tiene por objetivo lograr que los estudiantes ejerciten y seleccionen de forma acertada los principios adecuados para la problemática bajo estudio.
3. Centrado en la resolución de problemas, requiere la consideración de un marco teórico, así como atender la singularidad y complejidad del contexto, por último, el caso no da una respuesta correcta, sino que puede haber diversas soluciones.

El tercer modelo posee subtipos, que tienen variaciones de acuerdo con la finalidad didáctica descritos en la Figura 3.2 (Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, 2015).

Por último, cabe destacar que los estudios de caso pueden desarrollarse bajo varias modalidades, ya que el estudio de caso se adapta al tipo de investigación bajo desarrollo.

Los casos mostrados en esta tesis se clasifican dentro de los “casos centrados en la resolución de problemas”, diseñando dos casos bajo la primera subclasificación, los casos centrados en el análisis crítico de toma de decisiones y los dos casos restantes bajo la segunda subclasificación, centrados en generar propuestas de toma de decisiones.

Elementos del estudio de casos

El estudio de caso se compone de varios rubros que permiten diseñarlo de tal forma que cumpla su cometido educativo (Wasserman, 1994) menciona los siguientes apartados:

- **Preguntas críticas.** Al final de cada caso hay una lista de preguntas críticas que invitan a los alumnos a examinar ideas importantes, y problemas relacionados con el caso. Estas preguntas, requieren que los estudiantes realicen una reflexión inteligente sobre la problemática planteada. La finalidad de las preguntas críticas es que los alumnos comprendan la información, apliquen sus conocimientos adquiridos al examinar ideas y propongan soluciones, no limitándose a conocer fragmentos de información sobre los hechos, descripciones, fechas, nombres, entre otros.
- **Trabajo en pequeños grupos.** Los alumnos tienen la oportunidad de reunirse en pequeños grupos y discutir las respuestas que darán a las preguntas críticas. Los grupos de estudio pueden reunirse durante la clase o fuera de ella. El principal interés es que los alumnos tengan la oportunidad de discutir los casos y las preguntas entre sus respectivos equipos de trabajo antes de que se realice la discusión grupal.

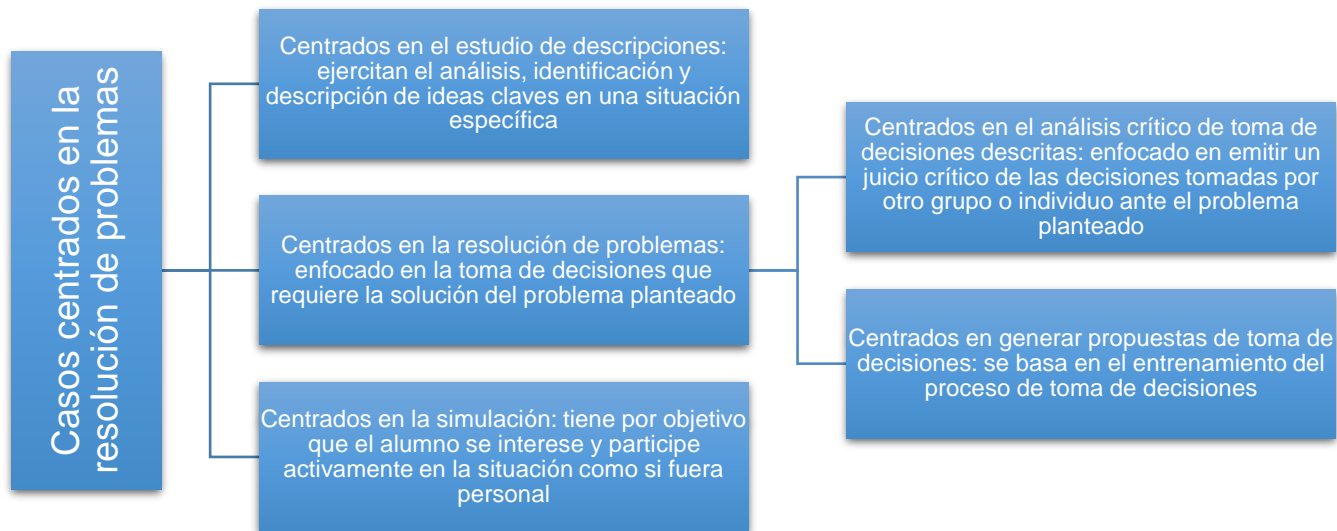


Figura 3.2. Subtipos del modelo de estudio de casos centrados en la resolución de problemas. Elaboración propia con in formación del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (2015)

Cuando los grupos se reúnen para la discusión durante la clase, el docente tiene la oportunidad de observar su funcionamiento y así reflexionar sobre:

- El comportamiento de cada alumno dentro del grupo
 - El nivel de profundidad en el que se discuten inteligentemente las preguntas
 - Qué alumnos toman la iniciativa
 - A cuáles les cuesta decidirse o hablar, incluso en el contexto del equipo de trabajo
 - Quiénes dominan la discusión
- **Interrogatorio sobre el caso.** Uno de los aspectos fundamentales de esta metodología reside en la capacidad del docente para conducir la discusión, ayudar a los alumnos a realizar un análisis profundo de los problemas, y motivarlos a esforzarse para obtener una comprensión más profunda. Esta característica determina el éxito o el fracaso de la enseñanza con casos (Christensen & Hanssen, 1987).

Con demasiada frecuencia suele suceder que la “discusión de la clase” no es más que un discurso dominado por el maestro, con el objetivo de hacer preguntas destinadas a verificar la información que poseen los estudiantes, formuladas a razón de dos o tres por minuto (Cuban, 1993).

En los intercambios de preguntas y respuestas comunes generalmente son los docentes los que hablan en un mayor porcentaje (64%) y la intervención de los estudiantes corresponde el 34% restante por respuestas cortas o monosilábicas (Wasserman, 1994).

Durante el sondeo, el docente requiere de habilidades para escuchar a los alumnos y comprender lo que quieren decir, para resumir sus ideas en una paráfrasis, organizar la discusión de tal forma que las ideas de todos los alumnos sean respetadas y no haya temor a compartirlas, mantener la discusión bien encaminada, evitando que se desvíe a causa de la introducción de anécdotas y asuntos que no conciernen a la discusión. Una sesión de preguntas exitosa reside en el modo como el profesor interactúa con los

alumnos, ya que siempre debe mostrar respeto por ellos y por sus ideas, sin emitir juicios, en consecuencia, éstos se expresan sin temor. Los resultados de esta etapa a la que se someten las ideas se traslucen en el análisis crítico, en el trabajo de los pequeños grupos, así como en el foro de la clase, además desarrolla en el alumno su capacidad para reconocer y apreciar situaciones complejas, razonar a partir de los datos proporcionados, alcanzar nuevos y mejores niveles de comprensión, aumentar su tolerancia a la incertidumbre y mantener centrada su atención en el caso (Wasserman, 1994).

- **Actividades de seguimiento.** El estudiante incrementa su necesidad de saber, de averiguar. Ante este fenómeno, es necesario suministrarle más información sobre el problema bajo estudio.

Algunos casos incluyen como actividades de seguimiento: libros de texto, artículos de periódico, revistas, tablas y gráficos con datos primarios, informes de investigaciones, editoriales y otros comentarios. Recursos como películas o documentales pueden ser una fuente primordial de información y ofrecer perspectivas novedosas. Los alumnos tienen la libertad de realizar estas actividades de seguimiento en forma individual o colectiva. Las pueden incorporar a las tareas del aula como complemento de las discusiones sobre el caso. Al realizar discusiones sobre las actividades de seguimiento, el alumnado se beneficiará gracias a una evaluación de las problemáticas con la introducción de perspectivas creativas. A través de este proceso, el examen reflexivo y crítico que hacen los alumnos evoluciona continuamente.

Ante la cuestión del tiempo destinado al estudio de cada caso, es válido responder que varía, ya que no hay reglas establecidas. Algunos autores detallan que el profesor puede introducir un caso cada dos semanas aproximadamente, sin embargo, debe haber tomado en cuenta el tiempo destinado a las discusiones adicionales gracias a la información obtenida de las actividades de seguimiento. De la misma forma, el análisis de un caso puede variar dependiendo de su complejidad, la dinámica de trabajo en grupo, la defensa oral y las actividades de seguimiento (Wasserman, 1994).

Fases del estudio de casos

A continuación, se mencionan las fases del estudio de caso, es relevante mencionar que las fases varían dependiendo del autor al que se consulte, ya que dentro de la comunidad científica aún no hay un consenso respecto a las fases del estudio de caso (Álvarez & San Fabian, 2012; Giani, 2022):

- **Determinar los objetivos, las preguntas y la metodología.** Como primer punto se debe establecer qué se pretende lograr con la investigación. Algunos ejemplos pueden ser: describir, evaluar o explicar el caso, o plantear una posible solución a un problema. Para plantear las preguntas, se deben hacer proposiciones en relación con el fenómeno, cómo es y por qué se manifiesta.
- **Revisar la bibliografía existente en relación con el caso.** Es recomendable leer y consultar diversas fuentes de información sobre el tema, de esta forma se pueden conocer mejor las características del caso y analizarlo desde una perspectiva novedosa. También se sugiere consultar bibliografía para diseñar un marco teórico y así elegir un enfoque de análisis para los datos recopilados. Además, es conveniente consultar bibliografía con el objetivo de establecer el marco teórico que se utilizará para abordar el fenómeno y para elegir un enfoque de análisis de los datos reunidos.
- **Delimitar el objeto de estudio.** Se sugiere especificar las unidades del caso a analizar, ya que debe elegirse ser un tema puntual para que el caso no divague entre toda la información que puede obtenerse de las unidades de análisis.
- **Recopilar datos.** Se puede hacer uso de encuestas, entrevistas, cuestionarios, revisión de fuentes y documentos para obtener información sobre el caso. Además, se debe determinar qué papel adoptará el investigador, ya que podría participar o intervenir en el tema bajo estudio.
- **Analizar los datos.** El caso debe estudiarse partiendo de sus características, las relaciones y las comparaciones entre los datos recopilados, las fuentes

bibliográficas y diversos recursos consultados, ya que de esta forma se podrán redactar conclusiones que describan el fenómeno.

- **Elaborar el informe o la conclusión.** Se presenta un informe que reúne la información obtenida de las fases previas, acompañada de una narración cronológica del estudio o también puede entregarse un texto en el que se escriben la explicación del fenómeno o las alternativas de solución para un problema.

En la Figura 3.3. se muestran las fases del estudio de casos definidas por Giani (2022).

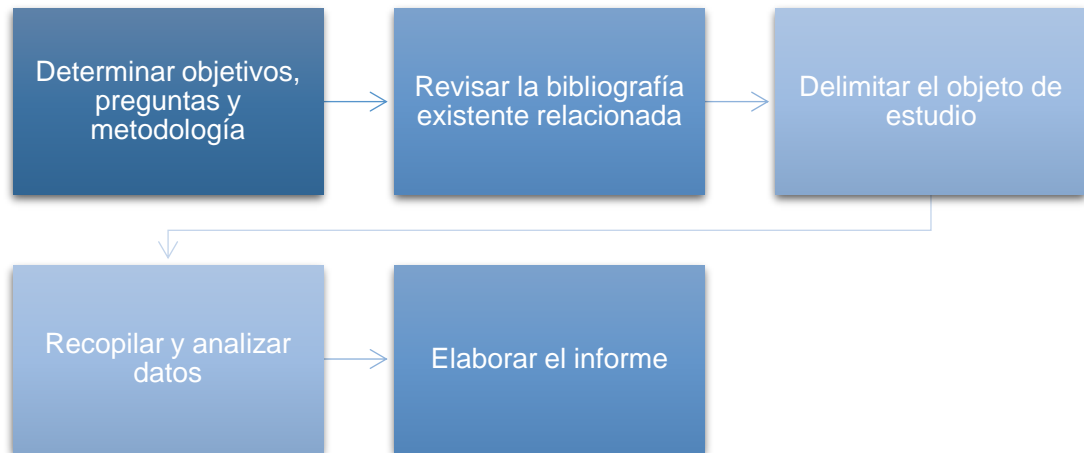


Figura 3.3. Fases del estudio de caso.
Elaboración propia con información de Giani (2022)

Autores como Pérez (1994) y Bonafé (1990) citados en (Álvarez & San Fabian, 2012), mencionan que las fases generales para un caso se catalogan de la siguiente forma:

1. **Fase proactiva.** Se toman en cuenta los fundamentos epistemológicos que enmarcan el problema, los objetivos comprendidos, la información de la que se dispone en el caso, los recursos, las técnicas a utilizar y una ubicación temporal aproximada. Uno de los requerimientos más complejos, es el de esclarecer el tamaño o los límites del caso (Carbaugh, 2007).

2. **Fase interactiva.** Se refiere al trabajo de campo, los procedimientos y desarrollos del estudio utilizando diversas técnicas cualitativas.
3. **Fase proactiva.** Se elabora el informe final del estudio en el que se detallan las reflexiones sobre el caso bajo estudio.

Ahora bien, para que un caso sea exitoso al ser expuesto en clase, debe cumplir con una serie de elementos que le confieren a la estructura de éste la capacidad de atraer la atención, en este caso, del estudiante y lograr así su objetivo educativo (Freman, 1997). Siendo así, un buen caso aquel que:

- **Cuenta una buena historia.** Un relato interesante contiene un inicio, un intermedio y un final, el final podría no existir aún en el relato, y esto se debe a que serán los estudiantes los que lo proporcionen con base en la discusión del caso.
- **Se ubica en los últimos cinco años.** El caso de estudio debe lidiar con problemáticas actuales y reales para que el alumno sienta que es importante.
- **Crea empatía con el personaje central.** Un caso logra generar más compromiso en los alumnos cuando éstos generan empatía con el personaje principal. Las decisiones que debe tomar el personaje principal deben estar alineadas a la persona y nivel de autoridad de éste.
- **Es relevante para el lector.** Los casos deben involucrar situaciones con las que los estudiantes y la audiencia se puedan sentir familiarizados y de esta forma sientan que vale la pena que el problema sea resuelto. Una estrategia puede ser que un problema menor lleve a lidiar con uno mucho más grande en el caso o que vaya de lo general a lo particular (Abell, 1997).
- **Debe tener utilidad pedagógica.** Para este punto, hay dos preguntas que funcionan como guías. ¿Qué función tendrá el caso? ¿Qué puede hacer este caso por la clase y por el alumno? ¿Cuál es el punto de la historia en la educación del alumno y, hay una mejor forma de hacerlo?

- **Provoca conflicto.** En su mayoría, los casos están contruidos sobre temas controversiales. Una pregunta guía para este punto podría ser ¿Es este asunto algo por lo que la gente podría no estar de acuerdo? Un buen caso es aquel en donde la información se presta a diferentes interpretaciones, juicios, decisiones y por ende a tomar acciones distintas (Abell, 1997).
- **Incluye decisiones forzadas.** No todos los casos tienen dilemas que necesitan ser resueltos, sí contienen criterios de urgencia y seriedad que deben ser resueltos. En los casos de dilema o decisión, los estudiantes no pueden eludir el problema, sino que deben enfrentarlos. Cuando los estudiantes se ven forzados a tomar una posición se les está impulsando a tomar acción en el caso.
- **Tiene generalidades.** Un caso debe hacer uso de problemas locales, ya que tienen aplicabilidad generalizada.
- **Es breve.** Los casos deben ser lo suficientemente extensos como para introducir los hechos del caso, pero no demasiado como para aburrir al lector o hacer el análisis tedioso.
- **Está bien estructurado y es sencillo leerlo.** Muchos casos pueden no tener éxito debido a que su estructura es muy pobre o confusa (Abell, 1997).

A modo de conclusión, cabe destacar que los docentes que utilizan la enseñanza basada en el método de casos se sienten orgullosos de los resultados que con ella obtienen y que se manifiestan en el aprendizaje de los alumnos. Entre las principales cualidades que desarrollan, destacan la comunicación de ideas de forma eficaz, su capacidad para analizar problemas complejos de forma más crítica, mayor asertividad en la toma de decisiones, aumento de la curiosidad por consultar información, su incremento de interés en el aprendizaje y el respeto ante la exposición de opiniones por parte del grupo (Wasserman, 1994).

A pesar de que no es sencillo construir un caso de estudio, es importante tener en cuenta que un caso bien diseñado y estructurado puede aportar grandes beneficios, tanto para el alumnado por el desarrollo de habilidades críticas y su

asertividad, como para el curso, ya que será una experiencia enriquecedora y menos tediosa, lo que en consecuencia hará que los alumnos disfruten del proceso de aprendizaje.

4 Evaluación

En el artículo “*Enseñar con casos de diseño propio*” (Saldís & Gómez, 2008), se utilizó la rúbrica (indicador organizado) como recurso evaluativo de esta metodología aplicados a un grupo de estudio en criterios de “Malo a Excelente”, incluyendo criterios como los que se describen a continuación en la Tabla 2.

Tabla 2. Ejemplo de una Rúbrica de evaluación para la metodología del estudio de casos.

Criterio	Excelente	Muy bueno	Bueno	Regular	Malo
Organización del informe					
Jerarquización de contenidos					
Lenguaje técnico específico utilizado					
Nivel de dificultad de contenidos abordados					
Construcción de gráficos					
Interpretación de gráficos					
Bibliografía utilizada					

Referencia: Saldís & Gómez (2008)

De la misma forma, se diseñó una segunda rúbrica para la evaluación de la defensa oral del análisis del caso descrita en la Tabla 3.

Tabla 3. Ejemplo de una Rúbrica de evaluación para la defensa oral del análisis del caso.

Criterio	Excelente	Muy bueno	Bueno	Regular	Malo
Interpreta el contenido					
Establece relaciones					
Sabe conceptualizar					
Emite un juicio crítico					

Referencia: Saldís & Gómez (2008)

Por último, también se diseñó una rúbrica de evaluación de las habilidades empleadas a nivel grupal, las cuales se detallan en la Tabla 4.

Tabla 4. Ejemplo de una Rúbrica de evaluación de las habilidades empleadas a nivel grupal

Criterio	Siempre	A veces	Nunca
Participa en el grupo			
Reconoce errores			
Respeto opiniones			
Demuestra interés en estudiar a partir de historias, relatos, cuentos, hechos, etc.			

Referencia: Saldis & Gómez (2008)

Saldis & Gómez, 2008 en su trabajo “*Enseñar con casos de diseño propio concluyeron* que: El 78.2% de los estudiantes presentaron informes excelentes, el 82% tuvo un desempeño excelente en la defensa oral, el 92% del grupo estudiado se mostró participativo y el 96.4% del grupo demostró interés en estudiar a partir de hechos, relatos, etc.

5 Aplicación del método de estudio de caso en la enseñanza de la Química

La Química Analítica ha jugado un papel fundamental para el desarrollo de la ciencia, misma que se ha desarrollado desde los inicios de la historia de la Química. De igual modo, gracias a sus cualidades interdisciplinarias en el análisis químico, se ha convertido en una herramienta fundamental en laboratorios clínicos, industriales, académicos y gubernamentales, entre otros (Campillo, 2011). Adicionalmente se ha caracterizado por la confiabilidad de sus resultados y la resolución de problemas complejos y reales que se presentan en el día a día en diversos contextos y sectores industriales. De tal forma que, “Los dos principales objetivos son garantizar una alta calidad metrológica y resolver los problemas analíticos con exactitud (bio) química que permita tomar las decisiones correctas y oportunas” (Valcárcel, 1999)

La Química Analítica se caracteriza por ser sustancialmente práctica. Una de sus más grandes fortalezas se debe a la transmisión de conocimientos por medio de la resolución de ejercicios, sin embargo, es en este rubro donde se ha detectado que los alumnos tienen serias dificultades, principalmente por la aplicación de los conocimientos matemáticos, a esto se suma, que los estudiantes tienen un

conocimiento limitado y una destreza poco desarrollada para el manejo instrumental en el laboratorio, lo cual ha impactado enormemente su rendimiento académico. Como respuesta a estas problemáticas, se ha sugerido usar nuevas estrategias de aprendizaje (Herrera, 2017).

El aprendizaje de la Química Analítica debe insistir en la comprensión y asimilación por parte de los educandos, de los conceptos y técnicas básicas y rudimentarias de la materia, como etapa previa indispensable para futuros desarrollos y perfeccionamientos en el campo del análisis químico (Lazo, 2012, citado en Herrera, 2017, p. 12).

La forma en la que comúnmente se transmite el aprendizaje de la Química en instituciones de nivel superior, es la clase magistral, la cual consiste en la transmisión de información por parte del profesor hacia el alumno; este proceso es unidireccional a la par de práctico, porque permite comunicar información sintetizada, obtenida de diversas fuentes de información, entre ellas, la información que el profesor ha adquirido a través de la experiencia. Sin embargo, el mayor obstáculo de esta metodología es que el alumno adquiere un rol pasivo y secundario, ya que solamente recibe información con una preferencia mayor por el dato que por los conceptos (Gargallo, 2003).

Tanto la enseñanza como el aprendizaje de la Química en los primeros semestres de educación superior son una preocupación constante debido a las altas tasas de reprobación, lo cual hace evidente una problemática que no debe tomarse a la ligera. Ante estos hechos, se ha planteado desarrollar un modelo de enseñanza centrado en una estrategia didáctica caracterizada por implementar actividades que favorezcan el aprendizaje de los alumnos tomando en cuenta sus necesidades de formación y el establecimiento de actividades contextualizadas en el aula y el laboratorio que finalmente se complementan con ambientes virtuales especialmente diseñados para dichos propósitos (Lazo, 2012, citado en Herrera, 2017).

Por otro lado, debido a problemas de sobrepoblación en aulas, metodologías de trabajo adaptadas a clases magistrales y falta de tiempo para explorar en su

totalidad el contenido del curso escolar, es imposible aplicar el método de casos en la mayor parte de las asignaturas de la carrera de Química, sin embargo, esta metodología se podría aplicar en múltiples escenarios concretos. Se ha pensado que la aplicación del método de caso en asignaturas de cursos avanzados daría paso a hacer menos académico el desarrollo de la clase y abriría nuevas vías para que el alumno desarrolle habilidades críticas, pierda el temor a hablar en público, aprenda a escuchar y entender las ideas y opiniones de otras personas. Cabe destacar que la aplicación de esta metodología implica que el profesor debe desistir de la clase magistral con la que posiblemente ha trabajado la mayor parte de su trayectoria, para protagonizar el papel de moderador y conductor en la discusión, el cual es mucho más difícil y exigente por la preparación previa que implica y las habilidades de escucha activa y atención grupal que implica (Gargallo, 2003).

Olmos, 2021, en su trabajo titulado *“Estudio de caso como método de enseñanza y estilos de aprendizaje: una estrategia para promover el concepto “disolución”*, concluyó que en lo que respectaba a la percepción del grupo, fue posible evidenciar que en general los estudiantes concordaron en que la metodología trabajada contribuyó a comprender mejor el concepto de disolución, resaltando que las actividades motivaron el aprendizaje y el interés hacia la temática en cuestión. Así mismo, la autora menciona que, para el uso de esta metodología como método de enseñanza, es recomendable que el número de sesiones se extienda (más de tres sesiones) para generar espacios en los cuales se alcancen relaciones más profundas a nivel conceptual y la inclusión de actividades experimentales para dinamizar el abordaje conceptual, motivando a los estudiantes a participar.

La enseñanza basada en el método de caso necesita la preparación individual previa del caso por parte del alumno como un aspecto crucial de esta metodología, seguida de una exposición de ideas ante el pequeño grupo de estudiantes y la discusión en clase junto con el profesor. En las asignaturas de química que se cursan a nivel superior, suelen presentarse al estudiante problemáticas con

características puntuales. En la mayor parte de las ocasiones, éstos tienen solución única, son relativamente sencillos y han sido planteados de forma que el alumno sepa claramente qué es lo que se le pide. Por otra parte, los problemas designados no tienen presente el entorno económico, técnico y humano en el que se va a desarrollar la labor del futuro químico (Gargallo, 2003).

Marshuri Lisbeth Herrera Merino en el año 2017, su trabajo titulado *El estudio de casos como estrategia didáctica para el aprendizaje de la Química Analítica 1 centrada en los estudiantes de quinto semestre de la carrera de biología, química y laboratorio*, obtuvo como resultados de los cuestionarios a la población escolar estudiada que:

- El 72% considera que el método de casos permite llegar a aprendizajes significativos.
- El 58% considera que el estudio de casos es considerado como una estrategia didáctica que facilita el aprendizaje de la asignatura.
- El 40% considera que esta estrategia les ayuda en una formación integral (actitud favorable, análisis metódico y entrenamiento en toma de decisiones).

Es así como el método de casos 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 y a la vez 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.

II. Metodología

6 Enfoque de la investigación y estrategia

La investigación está diseñada sobre un enfoque mixto. La naturaleza del planteamiento del problema, la recolección y análisis de datos hace uso de herramientas cuantitativas (cuestionarios) 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, 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, y así dar paso a la implementación de los casos como plan de acción para resolver la problemática de construcción del aprendizaje de la Química Analítica.

7 Población y muestra

Las actividades están dirigidas principalmente para los estudiantes que cursen las asignaturas de Química Analítica I y II, Química Analítica Instrumental II (MS/MEE), Analítica experimental II y Analítica Experimental III, de las carreras de Química, Química farmacéutica bilógica y Química de alimentos dentro de la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México.

La población comprende a la población estudiantil de la Facultad de Química que cursan estas materias. La muestra empleada para esta investigación fueron 7 estudiantes y 8 egresados que cursaron las asignaturas de Química Analítica Instrumental II (MS/MEE), Analítica Experimental II y Analítica Experimental III, de las carreras de Química, Química Farmacéutica Bilógica y Química de Alimentos. En total, participaron 15 personas de las distintas carreras.

En el caso del panel de expertos, la población comprende a profesores del departamento de Química Analítica de la Facultad de Química y a profesionistas con actividades laborales en esa área. La muestra total empleada para el panel

de expertos consistió en 4 profesores del departamento de Química Analítica, los cuales imparten las asignaturas de Química Analítica I y II, Analítica Experimental I, II y III; y 1 profesionista con experiencia en el área de la química analítica, el cual participó solamente en la evaluación del Caso I (D2). Cabe recalcar que cada caso se evaluó por un panel de tres expertos.

El muestreo es no probabilístico, por lo que la elección de los encuestados no dependió de la probabilidad, sino de las causas relacionadas con las características de la investigación, es decir, a través de la documentación de las experiencias, por lo tanto, el interés de esta investigación no es generalizar resultados, sino recabar información para entender mejor el tema de estudio.

8 Fases de la investigación

La investigación se diseñó y desarrolló en 6 fases, las cuales se aplicaron para el desarrollo de todos los casos.

Fase 1. Alcance de aplicación. Se definió el alcance de aplicación del caso de acuerdo con las asignaturas de química analítica en las que se desea aplicar.

Fase 2. Búsqueda de Información. Se buscaron noticias y/o artículos con al menos cinco años de antigüedad de interés para el público joven y que a su vez contuvieran situaciones con las que pueden familiarizarse para incrementar su interés. La recolección de información se hizo a través de internet, revistas y artículos, para tener una mejor comprensión y perspectiva de los recursos a utilizar para el desarrollo del caso.

Fase 3. Diseño del caso. Los casos se desarrollaron tomando en cuenta dos vertientes, la de casos centrados en generar propuestas para la toma de decisiones y la de casos centrados en el análisis crítico. Cada caso tuvo una extensión máxima de dos cuartillas, adicionalmente se agregaron las preguntas críticas y actividades de seguimiento, las cuales variaron dependiendo del caso diseñado. El nivel de complejidad de los casos fue variable para poder modificar el tiempo de trabajo destinado a cada uno.

Fase 4. Validación de los casos por el panel de expertos. La validación de cada caso se realizó con un panel de expertos conformado por 3 participantes con experiencia laboral y docente en el área de química analítica, los cuales respondieron una encuesta para cada caso (Encuesta 1), en la que compartieron su opinión sobre los distintos aspectos que conformaron los casos, así como la actividad a desarrollar en clase, las imágenes representativas de la Encuesta 1 se encuentran disponible en el Anexo A.

Fase 5. Aplicación piloto. La percepción de los casos se realizó con una prueba piloto aplicada a estudiantes y egresados (Encuesta 2) de las carreras de Química, Química de Alimentos y Química Farmacéutica Biológica. Misma que se llevó a cabo respondiendo una encuesta con preguntas tipo Likert y un par de preguntas abiertas para conocer opiniones puntuales; en donde se evaluaron aspectos como el diseño de cada caso, las indicaciones del docente, la utilidad de los recursos de apoyo a manera de consulta, el uso de las habilidades críticas y grupales, evaluación de los aprendizajes adquiridos, los criterios de las rúbricas de evaluación, entre otros. Las instrucciones para leer la planeación de clase, el caso y contestar la encuesta se compartieron por medios electrónicos, la encuesta se dejó abierta por una semana y media aproximadamente y los participantes tuvieron tiempo libre para contestarla. Las imágenes representativas de la Encuesta 2 se encuentran disponible en el Anexo A.

Fase 6. Mejora de los casos. Con base en la retroalimentación recibida, tanto por panel de expertos, como por los participantes de las pruebas piloto, el diseño de los casos y los recursos de apoyo se mejoraron.

9 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la obtención de la opinión del panel de expertos sobre los cuatro casos de estudio, se desarrolló una encuesta tipo Likert, con niveles de respuesta en una escala de 1 a 5 y de “Acuerdo”, donde un valor de 5 corresponde a estar “Totalmente de acuerdo” y un valor de 1 corresponde a estar “Totalmente en desacuerdo”. La “Encuesta 1” fue aplicada para la evaluación de cada caso. El

desarrollo de estas encuestas se realizó a través de la plataforma *Google Forms*. Cabe destacar que dentro de la misma encuesta se añadieron un par de preguntas abiertas con la finalidad de obtener retroalimentación sobre el contenido de los casos, puntos de mejora, comentarios acerca de los tiempos establecidos para llevar a cabo las actividades grupales y otros aspectos que la panelista considerara significativo externar. De esta forma fue posible realizar las correcciones convenientes a cada caso y así, obtener una versión final.

Se diseñó la “Encuesta 2” para la evaluación de la aplicación de la prueba piloto por parte de los estudiantes y/o egresados de las asignaturas de Química Analítica. La encuesta también incluyó preguntas tipo Likert¹ con niveles de respuesta en una escala de 1 a 5 y de “Acuerdo”, donde un valor de 5 corresponde a estar “Totalmente de acuerdo” y un valor de 1 corresponde a estar “Totalmente en desacuerdo”. En ella, se evaluaron aspectos de cada caso como: diseño del caso, aprendizajes adquiridos, diseño y conducción de la actividad, habilidades empleadas en la actividad, las rúbricas de evaluación, entre otros. También se añadieron preguntas abiertas para obtener retroalimentación del diseño de los casos, la actividad grupal, tiempos de desarrollo, y cualquier comentario que el estudiante considerara valioso externar para mejorar la experiencia durante la actividad. De igual modo, el desarrollo de esta encuesta se llevó a cabo a través de la plataforma *Google Forms*. Gracias a la obtención de respuestas fue posible realizar las modificaciones correspondientes a cada caso y obtener una versión final. En las Tablas 5 y 6 se muestran las encuestas diseñadas para la recolección de la opinión del panel de expertos en la materia y los estudiantes participantes en la prueba piloto.

¹ Las preguntas tipo Likert o escala de Likert consisten en un conjunto de ítems que presentan afirmaciones o juicios, de los cuales se pide al participante su reacción, eligiendo uno de los cinco puntos o categorías de la escala. A cada punto se le asigna un valor numérico, de tal forma que el participante obtendrá una puntuación sobre cada afirmación y al final, la puntuación total se obtendrá al sumar las puntuaciones obtenidas en relación con todas las afirmaciones. El objeto a evaluar puede ser cualquier “cosa física” o actividad (Hernandez, Fernández, & Baptista, 2014).

Tabla 5. Encuestas diseñadas para la recolección de datos y opiniones del panel de expertos

Tema de la actividad	Instrumento	Características	Muestra
Encuesta de opinión sobre los Casos I-IV	Encuesta 1 (Docentes)	<p>Elaborada en la plataforma Google Forms. Está conformada por tres secciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sección I. Datos personales (nombre, correo electrónico, experiencia docente y materias de Química Analítica que imparte o experiencia profesional). • Sección II. Preguntas tipo Likert: evaluación de la información y estructura del caso. Evaluación de la aplicación del caso a nivel grupal. • Sección III. Preguntas abiertas para retroalimentación, comentarios y/u opiniones. • La encuesta completa se encuentra disponible en el siguiente link: Caso I: https://forms.gle/R2eQuJgiDNBL64zz6 Caso II: https://forms.gle/6hgpp8vMMAQnWka8A Caso III: https://forms.gle/pVgQUETcLzS4u3vH7 Caso IV: https://forms.gle/eAFQ9iZgUazVYGmC9 	Panel de expertos

Tabla 6. Encuestas diseñadas para la recolección de datos y opiniones de la prueba piloto

Tema de la actividad	Instrumento	Características	Muestra
Encuesta de opinión sobre los Casos I-IV	Encuesta 2 (Estudiantes)	<p>Elaborada en la plataforma Google Forms. Está conformada por cuatro secciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sección I. Datos personales (nombre, correo electrónico y selección de la materia que cursa). • Sección II. Preguntas tipo Likert: evaluación de la actividad previa del análisis del caso. • Sección III. Preguntas tipo Likert: evaluación del contenido del caso. • Sección IV. Preguntas tipo Likert: evaluación de la actividad. • Sección V. Preguntas abiertas para retroalimentación, comentarios y/o opiniones. • La encuesta completa se encuentra disponible en el siguiente link: Caso I: https://forms.gle/qw6CNLK1x5z23NE58 Caso II: https://forms.gle/RPDcAE2ruwn7hZq29 Caso III: https://forms.gle/eYyK4YyKNDybgbgG8 Caso IV: https://forms.gle/sYKLzjvZmJYPckmk8 	Estudiantes y/o egresados que cursaron la asignatura de Química Analítica

III. Resultados y discusión

Para la construcción de los casos, se optó por adquirir una estructura de resolución de problemas con dos variantes:

- En la primera variante los casos se encuentran centrados en generar propuestas de toma de decisiones (A). Tiene por objetivo el estudio de situaciones que requieren solucionar un problema, la diferencia más notoria en esta variante es que los estudiantes se implican en el proceso de toma de decisiones y proponen una solución, los casos diseñados de esta forma son: “Caso I. Determinación de sustancias ilícitas”, “Caso III Control antidopaje en el Tour de Francia” y “Caso IV: Autenticidad de una obra de arte”. Para los tres casos se construyeron historias que tomaron como punto de partida una situación problemática en donde el o los personajes principales fueran personas con las que los alumnos de las asignaturas de Química Analítica pudieran sentirse identificados.
- En la segunda variante los casos se encuentran centrados en el análisis crítico de toma de decisiones (B), el cual es diseñado para emitir un juicio crítico sobre las decisiones tomadas por otro individuo o grupo a lo largo de una historia para solucionar una problemática, el caso diseñado bajo esta variante es el “Caso II. El río contaminado con medicamentos”.

Posteriormente, para la creación de los casos de ambas variantes se adoptó un diseño similar a la narración de una historia, en donde se plantea un inicio o introducción, en el cual se presenta al personaje y se estudia la problemática.

En el desarrollo de la variante A, se presentan los datos, las técnicas analíticas, y la información necesaria para que el alumno analice todas las perspectivas del caso y empiece a tomar decisiones, además, se presentan las diversas propuestas que puede escoger el personaje para plantear una solución. En el desarrollo, para la variante B se presentan las decisiones que va tomando el personaje, respaldada por datos, técnicas, estudios, entre otros datos, y de esta forma, el alumno empieza a construir su análisis crítico en cuanto a la toma de

decisiones que se van tomando en la historia. Para el cierre de ambas variantes, se establecen preguntas de “cierre” que invitan a los estudiantes a la reflexión y a tomar acción sobre la problemática, así como condicionantes que asemejan a las que pueden reflejarse en entornos laborales reales.

Es importante aclarar que, para la variante A, los casos no cuentan con un final escrito, ya que el caso se diseñó de tal forma que el estudiante, guiado por el profesor, sea quien lo defina al articular y compartir su alternativa de solución.

Finalmente, y a manera de actividades de seguimiento, se presentan una serie de preguntas que invitan al estudiante a indagar sobre más información y a su vez, a construir y/o complementar el análisis crítico junto con las otras actividades, investigación, discusión en equipo, discusión grupal, entre otras.

10 Caso I: Determinación de sustancias ilícitas

Como primer caso se seleccionó un problema de química legal que se tituló “*Determinación de sustancia ilícitas*”, en la Figura 10.1. se ejemplifica de manera ilustrativa la temática del caso.



Figura 10.1. Representación del problema de química legal.
Fuente: University of West Indies. Licencia de Creative Commons

La problemática de tráfico de drogas ilícito ha sido y es una de las principales inquietudes de los gobiernos de todo el mundo por el impacto que tiene en su población y sus 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, estas actividades representan 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 del mundo (Gehring & Pastrana Buelvas, 2018).

El caso estudia el análisis de muestras en el laboratorio. La historia se desarrolla en un laboratorio ficticio, donde el personaje principal y un equipo con poca experiencia en el área debe tomar una decisión en cuanto a la elección de la técnica cromatográfica más adecuada para analizar las muestras de supuestas drogas ilícitas extraídas de un cargamento sospechoso e identificar sus componentes. La selección de la técnica toma en cuenta factores como tiempo para la preparación y análisis de cada muestra, rentabilidad, experiencia y dominio de la técnica por parte del equipo de trabajo. Por último, el sentido de urgencia se añade cuando se establece un tiempo límite para entregar los resultados del análisis de las muestras. En la Tabla 7 se presenta la planeación del Caso I.

Validación del panel de expertos

El Caso I fue evaluado por un primer panel de 3 expertos docentes (D1, D2 y D3), con experiencia promedio de 11 años en el área de química analítica. El equipo de expertos revisó la actividad y sus opiniones fueron compiladas en la Encuesta 1, entre los datos recopilados se encuentran: opinión de los tiempos de desarrollo de la actividad, habilidades observadas en el alumno, puntos de mejora de la actividad y el caso, redacción del caso, extensión y los recursos de apoyo, entre otros.

Tabla 7. Planeación del Caso I

Título del caso	<i>Determinación de sustancia ilícitas</i>
Objetivo de aprendizaje	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	<p>3 horas:</p> <p>15 minutos, indicaciones generales de trabajo y rúbricas de evaluación</p> <p>5 minutos para la formación de equipos</p> <p>20 minutos, introducción a la problemática del tráfico de drogas, cómo se combate en la actualidad y qué alternativas hay para su análisis.</p> <p>40 minutos, para la revisión y discusión del caso en equipos</p> <p>40 minutos para la discusión grupal, planteamiento de la posible solución del caso y proporcionar las preguntas guía</p> <p>50 minutos Elaboración del producto final solicitado.</p> <p>10 minutos para responder la encuesta de evaluación de la actividad.</p>
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 líquidos de alto rendimiento.
Organización	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	<p>Revisión crítica del siguiente recurso:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Presentación visual resumida de “Métodos recomendados para la identificación y el análisis de cocaína en materiales incautados”
Producto solicitado	<p>Informe elaborado en 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.

Tabla 7. Planeación del Caso I (continuación)

Información sobre el caso	
Evaluación de aprendizajes	Rúbricas de evaluación del informe del estudio del caso y de las habilidades empleadas a nivel grupal (Anexo F)
El caso	<ul style="list-style-type: none"> Se hace la presentación del Caso I a los estudiantes mediante la consulta del Anexo B.
Preguntas propuestas	<p>Las preguntas propuestas son las siguientes:</p> <p>2 preguntas acerca de los métodos presuntivos.</p> <p>1 pregunta con relación a las técnicas analíticas</p> <p>1 pregunta 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>

La Tabla 8 ejemplifica el valor medio obtenido para cada pregunta de la Encuesta 1 de la escala de Likert de 1 a 5, donde 1 significa estar totalmente en desacuerdo y 5 totalmente de acuerdo, por lo que es apreciable que, en 7 de 8 ítems, las evaluadoras están totalmente de acuerdo con los planteamientos de redacción, planteamiento de un conflicto que puede presentarse en la realidad, el caso es de interés y actualidad, la información del caso está bien estructurada, el caso se considera óptimo para usarlo como elemento de enseñanza/aprendizaje en las asignaturas de Química Analítica, los tiempos propuestos para su discusión y resolución son viables y el recurso de apoyo es adecuado. El panel está en desacuerdo con que el caso plantea una decisión forzada, es decir, se crea un interés real para decidir emplear una técnica analítica u otra.

El panel de expertos consideró que el Caso I es óptimo para usarlo como elemento de enseñanza/aprendizaje en la asignatura de Analítica Experimental II y III, se consideró que la actividad en general está bien desarrollada y se cumplen los objetivos de aprendizaje planteados, de la misma forma, la media global de 4.1 puntos de 5 en la encuesta indica que el caso cumple con parámetros de redacción, información, tiempos de ejecución y recursos de apoyo.

Tabla 8. Caso I: Resultados de la Encuesta 1

No.	Ítem	Valor medio
1	La redacción es lo suficientemente clara y sencilla para entender la problemática	4.7
2	El caso plantea un conflicto que puede presentarse en la realidad	4.3
3	El caso es de interés y de actualidad, y aplicable a química analítica	4.7
4	La información del caso está bien estructurada:	4.7
5	Considera óptimo este caso para usarlo como elemento de enseñanza/aprendizaje en las asignaturas de Química Analítica	4.3
6	Los tiempos propuestos para su discusión y resolución son viables	4.3
7	El recurso de apoyo ¿es adecuado?	4.3
8	El caso plantea la toma de una decisión forzada:	1.7
	Media	4.1

Como área de oportunidad, el panel de expertos consideró que era necesario mejorar la redacción del caso para hacer la información más clara, hacer correcciones de forma, así como una clarificación de acrónimos y mayor especificidad de las preguntas adjuntas a la actividad a manera de seguimiento o la técnica cromatográfica a emplear y, por último, considerar introducir material visual para presentar el caso. La versión actualizada se presenta en el Anexo B.

Aplicación de la prueba piloto

La aplicación de la prueba piloto contó con la participación de tres egresados de las carreras de Química y Química de alimentos. Los tres participantes realizaron la actividad conducida por la docente D1 en un periodo de tres horas, el 33.3% del género masculino, 33.3% del género femenino y el porcentaje restante concierne a una persona agénero².

Al término de la actividad los participantes respondieron la Encuesta 2, en la Tabla 9 se presenta la información obtenida. Esta encuesta también está diseñada bajo un esquema de puntuación de la escala de Likert de 1 a 5, donde 1 significa estar totalmente en desacuerdo y 5 totalmente de acuerdo, por lo que es apreciable que, en los 8 ítems, los participantes están totalmente de acuerdo con los aspectos de

² Persona que no se identifica con el género masculino o femenino

interés, recursos de apoyo adecuados, tiempos destinados a la realización de la actividad, las preguntas planeadas son de ayuda para establecer una conclusión correcta, el caso contiene la información suficiente para concluir, las rúbricas evalúan todo el esfuerzo puesto en la actividad, las indicaciones fueron claras y el manejo del docente en la discusión grupal.

Referente al caso, los participantes están totalmente de acuerdo con que: el caso despertó su interés, el tiempo para realizar la actividad fue adecuado, la información proporcionada y las preguntas planteadas ayudaron a llegar a la conclusión correcta, que la rúbrica evalúa todo el esfuerzo puesto en la actividad (elaboración del informe habilidades desarrolladas a nivel grupal y defensa oral) y que el docente tuvo un buen manejo de la discusión global.

Tabla 9. Caso I: Resultados de la Encuesta 2

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	5.0
Media		4.5

Las opiniones de los participantes indican 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 habilidad 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.

La media general obtenida de la Encuesta 2 revela que, en general, el caso tiene una puntuación de 4.5 (totalmente de acuerdo) en la escala de tipo Likert usada en este estudio, lo cual indica que los alumnos participantes consideran que el caso desarrolla la importancia de la selección y empleo de las técnicas analíticas de una forma concreta e interesante, 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 las habilidades críticas, de comprensión y trabajo grupal desarrolladas. Además, se mencionó que a través de esta metodología se pueden tener aplicaciones de la Química Analítica en situaciones concretas y reflexionar sobre los contenidos adquiridos en las asignaturas.

Las oportunidades de mejora indicadas por los participantes fueron en torno a mejorar la redacción de algunas oraciones, refinar las preguntas haciéndolas más específicas para tener una mayor claridad sobre la selección y propuesta de la técnica cromatográfica a emplear.

Mejoras del caso

La retroalimentación obtenida de la Encuesta 1 y la Encuesta 2, hizo énfasis en mejorar la redacción del caso para tener una mayor claridad de la redacción, significado de los acrónimos y también para que el alumno respondiera de forma más precisa a las preguntas definidas como actividades de seguimiento. Las mejoras en estos aspectos del caso permitirán a los alumnos tener una mayor comprensión de la información y responder de forma más puntual a las preguntas, mismas que ayudarán al estudiante a proponer una solución con mayor detalle. El caso actualizado con las modificaciones sugeridas se presenta en el Anexo B.

Por otra parte, se observó que las Encuestas 1 y 2 debían robustecerse en las distintas secciones (I, II y III, etc.) para recolectar mayor información en cuanto a la opinión de los expertos y los estudiantes encuestados para identificar puntos de mejora adicionales en el diseño del caso de estudio.

Para la Encuesta 1 se hicieron las siguientes modificaciones:

- Obtener información sobre el área química en la que se desempeña

- Evaluación para cada sección de las rúbricas de evaluación
- Mayor especificidad en cuanto a los aspectos técnicos del informe
- Evaluación del material de apoyo como fuente de información
- Puntos de mejora para la actividad en cuanto a tiempo de ejecución, materiales consultados, rúbricas de evaluación y los criterios evaluados
- Medir el nivel de contribución de la actividad en los aspectos del desempeño del alumno
- Tiempo designado para el desarrollo de las actividades (antes, durante y después de la lectura del caso)
- Opinión sobre el uso de la metodología para la enseñanza de temas de Química Analítica

Para la Encuesta 2 se realizaron los siguientes cambios:

- Adicionar preguntas para obtener datos demográficos de los encuestados como género, edad, carrera que cursa o cursó, y la condición (estudiante o egresado)
- Ampliar las preguntas en cuanto a la actividad, material de apoyo, preguntas de seguimiento
- Agregar preguntas relacionadas con el nivel de guía del docente a nivel grupal para el manejo de la discusión
- Opinión sobre los tiempos destinados al trabajo previo al estudio del caso, discusión, responder dudas y preparación del informe entre otros
- Consulta de materiales adicionales a los ya proporcionados para plantear una propuesta de solución
- Opinión sobre el uso de la metodología para la enseñanza de temas de Química Analítica

11 Caso II Toma de muestras en un río contaminado

Para el segundo caso se seleccionó un problema de química ambiental titulado "*Toma de muestras en un río contaminado*". La Figura 11.1. ejemplifica de manera ilustrativa la temática del caso.

El tratamiento de aguas residuales, concretamente ríos de México y el mundo es un problema que se ha tratado desde hace algunos años con diversos métodos de tratamientos de agua, sin embargo, estudios recientes realizados por expertos pertenecientes a instituciones como el Tecnológico de Monterrey, la Universidad de Nueva York o la Universidad Autónoma del Estado de Morelos han encontrado que estos métodos no han sido del todo efectivos, ya que se han encontrado que más del 25% de ríos en el mundo albergan niveles de fármacos por encima de las concentraciones consideradas como aptas y en el caso de México, esta cifra es desconocida, ya que no hay estudios suficientes sobre el tema para establecer un diagnóstico exacto. La presencia de estos fármacos e incluso narcóticos tienen un gran impacto a nivel ambiental y de salud, ya que afecta tanto a la flora como a la fauna de los ecosistemas causando alteraciones reproductivas, cambios en el comportamiento, crecimiento y supervivencia de las especies, así como daños a la salud de las personas (Ortega, 2019; López, 2022; Rivera, 2023).



Figura 11.1. Representación del problema de química ambiental.
Fuente: Elaboración propia.

El caso estudia el proceso de toma de muestras *in situ*. La historia plantea la problemática de ríos contaminados con fármacos como punto de partida en donde a una estudiante en su servicio social le han solicitado que acompañe a un equipo de trabajo para tomar muestras del agua del río contaminado por comportamientos anormales en la fauna. El caso describe la serie de pasos en las que las muestras fueron tomadas y transportadas, el conflicto se establece cuando el lector debe responder una pregunta sobre la confiabilidad de los resultados. Para responder a esa pregunta se establecen una serie de preguntas guía que ayudarán al estudiante a identificar inconsistencias en el proceso de muestreo y emitir un análisis sobre si el proceso estuvo bien hecho, lo que en consecuencia ayudará a responder la pregunta hecha en el caso. En la Tabla 10 se presenta la planeación del Caso II.

Tabla 10. Planeación del Caso II

Título de la actividad	Toma de muestras en un río contaminado
Objetivo	<ul style="list-style-type: none"> • Conocer a nivel general cómo obtener una muestra representativa que contenga las sustancias o analitos a determinar. • Identificar errores en el proceso de muestreo.
Duración	<p>3 horas divididas de la siguiente forma: 15 minutos, indicaciones generales de trabajo y rúbricas de evaluación 5 minutos para la formación de equipos. 20 minutos, introducción a la problemática de la contaminación de ríos y cuerpos de agua con medicamentos y la importancia de la toma y tratamiento de muestras, cómo se combate en la actualidad y qué alternativas hay para su análisis. 40 minutos, para la revisión y discusión del caso en equipos 40 minutos para la discusión grupal, análisis de la toma de decisiones del caso y proporcionar las preguntas guía. 50 minutos Elaboración del producto final solicitado. 10 minutos para responder la encuesta de evaluación de la actividad.</p>
Temas abordados	<ul style="list-style-type: none"> • Importancia del tamaño y representatividad de la muestra y de la concentración del analito para la elección del método de análisis. • Generalidades del muestreo.
Organización	Equipos de 2-5 personas

Tabla 10. Planeación del Caso II (continuación)

<p>Recursos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Dispositivos con acceso a internet. • Material de apoyo “Proyecto de Norma Mexicana PROY-NMX-AA121/1-SCFI-2008” “Instructivo para la toma de muestra de agua” • Texto del Caso II. • Videos en youtube: “Muestreo de agua en río para análisis fisicoquímico y microbiológico” “Toma de muestras” • Encuesta de evaluación de la Actividad para los alumnos. • Otras fuentes que consideren necesarias para aumentar su comprensión del tema.
<p>Trabajo previo</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Lectura y revisión de la presentación resumen generada a partir del documento “Proyecto de Norma Mexicana PROY-NMX-AA121/1-SCFI-2008” “Instructivo para la toma de muestra de agua” • Revisión de los videos en YouTube proporcionados en la ventana de recursos • Anotar las posibles dudas que surjan a partir del material de lectura y los videos consultados
<p>Producto solicitado:</p>	<p>Un informe elaborado en equipo con una extensión máxima de cinco cuartillas que cumpla con los siguientes requisitos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Resumen (exposición condensada del contenido del informe). • Introducción que aborde las generalidades e importancia del muestreo, la problemática social relacionada con la contaminación de ríos y otros cuerpos de agua con medicamentos y qué se ha estado haciendo al respecto. • Objetivo la investigación • Respuesta a las preguntas guía/de seguimiento • Análisis del Caso II • Resultados que incluyan la argumentación del equipo acerca del análisis de decisiones tomadas en el caso y los errores identificados. • Conclusiones. • Referencias en formato APA.
<p>Evaluación de aprendizajes</p>	<p>Rúbricas de evaluación del informe del estudio del caso y de las habilidades empleadas a nivel grupal (Anexo F)</p>
<p>Información sobre el caso</p>	
<p>El caso</p>	<p>Se hace la presentación del Caso II a los estudiantes mediante la consulta del Anexo C.</p>
<p>Preguntas propuestas</p>	<p>3 preguntas acerca del procedimiento de muestreo. 3 preguntas relacionadas con la opinión personal del caso 1 pregunta para el tipo de análisis 1 pregunta para la toma de decisión del método 1 pregunta sobre la recolección de datos para la identificación de muestras</p>

Validación del panel de expertos

La validación del caso por parte del panel de expertas contó con la participación de tres docentes (D1, D4 y D5), con una experiencia docente promedio de 16 años en asignaturas de Química Analítica I y II, Analítica Experimental II, III, y Química Analítica Instrumental II (MS/MEE). El panel de expertas también se caracterizó por desempeñarse en áreas de química analítica, ambiental, técnicas electroanalíticas, tratamiento de residuos y validación de métodos.

En la Figura 11.2 se muestra la puntuación promedio para algunos de los ítems contenidos en la Encuesta 1.

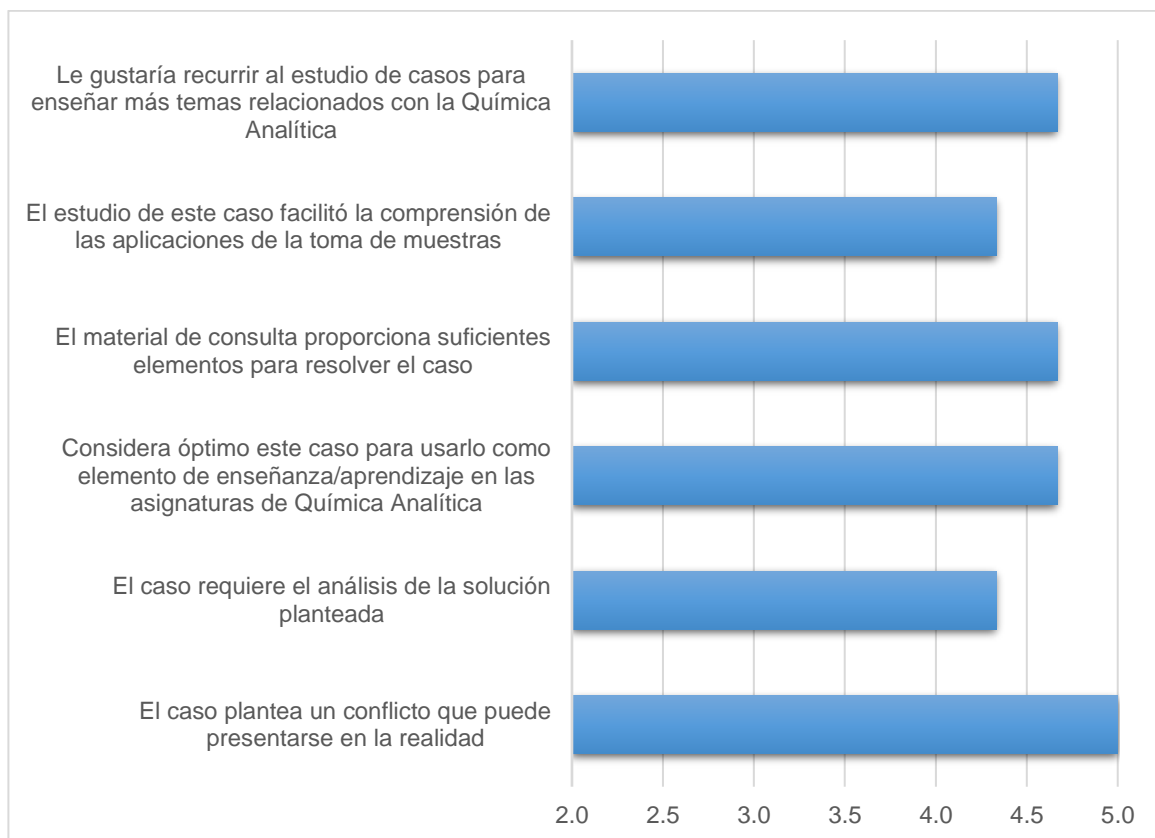


Figura 11.2. Caso II: Resultados de Encuesta 1

Sobre los resultados obtenidos, las evaluadoras están totalmente de acuerdo con que la redacción es lo suficientemente clara y sencilla para entender la problemática, la habilidad crítica se desarrolló de mejor forma que cuando se

suele tener clases normales, y, por último, las preguntas guía permiten al profesor guiar hacia un análisis crítico de la toma de decisiones propuestas en el caso.

En torno al caso las expertas están de acuerdo con que la información está bien estructurada, el estudio de éste despertó la curiosidad en los estudiantes por investigar más sobre la toma de muestras, los temas para abordar la problemática (problemática de contaminación de ríos y toma de muestras) son adecuados para establecer un contexto básico para la comprensión del caso, la actividad contribuyó al desarrollo de las habilidades de pensamiento crítico del estudiante y trabajo grupal, de mejor manera que cuando se toman clases tradicionales.

Por último, el panel de expertas consideró óptimo este caso como elemento de enseñanza/aprendizaje para el temario de la asignatura de Analítica Experimental II y III y Química Analítica Instrumental II (MS/MEE).

Aplicación de la prueba piloto

La aplicación de la prueba piloto contó con la participación de nueve personas, siete egresados de las carreras de Química, Química de Alimentos y Química Farmacéutico Biológica, y dos estudiantes de la carrera de Química de Alimentos. Los participantes contaban con una edad promedio de 30 años y el 55.5 % fueron del género masculino.

Referente al caso, los estudiantes están de acuerdo con que: fue ameno estudiar la toma y manejo de muestras, despertó el interés de los participantes por el estudio de la toma y el manejo de muestras, la redacción fue sencilla para entender la problemática. Los resultados medios indicaron interés de los participantes por aumentar el conocimiento del tema específico cuando se emplea la metodología del Estudio de casos.

El 66.7% de los encuestados consultó el material de consulta proporcionado, el 44% de los encuestados consultó otro material para analizar las decisiones tomadas en el caso y el porcentaje restante consultó una tesis de alumnos egresados u otra información referente a toxicología e información gubernamental, sin embargo, consideran que fue posible analizar el caso y

detectar los errores o inconsistencias del caso con la información proporcionada. Esto indicaría que el caso maneja un nivel de complejidad manejable, haciendo sentir cómodo al alumno y permitiéndole poner en práctica los conocimientos adquiridos en semestres anteriores para complementar el análisis crítico y de esta forma, contribuir a afianzar el aprendizaje adquirido con una mejor disposición a la par de práctico y realista.

Las oportunidades de mejora indicadas por los participantes fueron en torno a proporcionar más tiempo destinado a la discusión en equipos junto con el acompañamiento del docente, ya que consideran que no es suficiente, nutrir mejor la estructura del proyecto, considerar mejores tiempos de entrega, además, consideran que se deben dar más ejemplos prácticos, y establecer los objetivos con el grupo desde el inicio de la actividad para evaluar el éxito de la actividad, por otra parte, se sugirió tener material de resumen para que los estudiantes comprendan los puntos clave de los temas y así se responda con mayor facilidad a las preguntas de la actividad e identificar los fallos o inconsistencias en el caso.

Por último, los participantes están de acuerdo con que les gustaría recurrir al estudio de casos para aprender temas relacionados con la Química analítica, ya que consideran que el estudio de casos es una herramienta extremadamente útil para desarrollar el pensamiento crítico y la resolución de problemas, que es lo que más se aplica en el campo laboral, también consideran que el conocimiento se adquiere de mejor forma cuando se ejemplifica en un contexto real y que el conocer casos reales da oportunidad de aplicar el conocimiento adquirido gracias a los distintos escenarios ya que el planteamiento o análisis de soluciones es más robusto, como opinión puntual sobre el caso, una de las participantes consideró que el caso es motivador y formativo.

Mejoras del caso

El equipo de expertas externó que se necesita optimizar el tiempo para ejecutar la actividad, ya que tres horas es demasiado tiempo para asignaturas que se imparten una vez a la semana; como oportunidades de mejora, se identificó que

el caso tiene un área de oportunidad en el planteamiento de los tiempos para el desarrollo de cada punto de la actividad, desde el planteamiento de la problemática, hasta el tiempo destinado a la discusión grupal o los tiempos de ejecución, ya que se compartió que en la planeación no había un desglose del tiempo para cada paso de la actividad, únicamente se proporcionó un tiempo global de desarrollo de tres horas, además de que los recursos proporcionados como material de apoyo pueden optimizarse e indicarse de forma más explícita desde la planeación de clase para que la preparación del estudiante a manera de trabajo previo, lo sensibilice más sobre la temática que abordará el caso.

Por consiguiente, los cambios hechos en el caso se hicieron a nivel de planeación, especificando el tiempo destinado a cada punto de la actividad y así dotar al docente de mayor claridad en los tiempos de ejecución, otorgándole mayor libertad para modificar los tiempos de ejecución a su conveniencia y dependiendo del desempeño del grupo.

12 Caso III Control antidopaje en el Tour de Francia

Para el tercer caso se seleccionó un problema con aplicación al deporte titulado "*Control antidopaje en el Tour de Francia*". Es bien sabido que los rumores y escándalo por dopaje en el mundo del ciclismo siempre han existido, ya que, al ser un deporte de alta exigencia, algunos ciclistas se han visto involucrados en la administración de sustancias para obtener mejoras significativas en el rendimiento y la aceleración de la recuperación física, sin embargo, estas acciones son de gran riesgo para el deportista, ya que podrían encaminar a muertes prematuras o súbitas por infartos, trombosis, entre otros sucesos (Peces, 2003; Romo, 1997).

El caso plantea una situación ficticia en donde el lector es miembro de un comité científico, el cual debe decidir qué conjunto de técnicas analíticas se deben emplear cumpliendo con requisitos de sencillez en la preparación de la muestra y tiempos de ejecución breves. Por consiguiente, el alumno debe proponer una alternativa de solución brindando argumentos sólidos del por qué la elección de

la(s) técnica cromatográfica elegida es la más viable. La Figura 12.1. ejemplifica de forma ilustrativa la temática del caso.



Figura 12.1. Representación del problema de química con aplicación al deporte.
Fuente: Tasnim News. Licencia de Creative Commons

En la Tabla 11 se presenta la planeación.

Tabla 11. Planeación del Caso III

Título de la actividad	Control antidopaje en el Tour de Francia
Objetivo	<ul style="list-style-type: none"> • Conocer la aplicación de las técnicas analíticas espectroscópicas en combinación con técnicas cromatográficas para el análisis clínico. • Profundizar en las aplicaciones de las técnicas cromatográficas y espectroscópicas en el área del análisis clínico de esteroides en una situación específica. • Optimizar la toma de decisiones con base en el conocimiento teórico de técnicas alternativas para la propuesta de una solución del escenario propuesto.
Duración	<p>3 horas divididas de la siguiente forma:</p> <p>15 minutos, indicaciones generales de trabajo y rúbricas de evaluación</p> <p>5 minutos para la formación de equipos</p> <p>20 minutos, introducción a la problemática del dopaje en el deporte, las consecuencias en la salud de los deportistas y los esfuerzos de distintos organismos internacionales por detectarlo de forma oportuna.</p> <p>40 minutos, para la revisión y discusión del caso en equipos</p> <p>40 minutos para la discusión grupal, planteamiento de la posible solución del caso y proporcionar las preguntas guía</p> <p>50 minutos Elaboración del producto final solicitado.</p> <p>10 minutos para la responder la encuesta de evaluación de la actividad.</p>

Tabla 11. Planeación del Caso III (continuación)

Temas abordados	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicaciones de las técnicas espectroscópicas • Aplicaciones de las técnicas cromatográficas • Problemática y controversia del dopaje
Organización	Equipos de 3-5 personas
Recursos	<ul style="list-style-type: none"> • Dispositivos con acceso a internet. • Material de apoyo A. Noticia: La hormona peligrosa. La Unión Ciclista Internacional va a controlar el consumo de eritropoyetina B. Artículo científico: Eritropoyetina y otras sustancias para incrementar el rendimiento en los deportistas C. Artículo científico: GC/MS in recent years has defined the normal and clinically disordered steroidome: Will it soon be surpassed by LC/Tandem MS in this role? • Texto del Caso III. • Encuesta de evaluación de la Actividad para los alumnos. • Otras fuentes que consideren necesarias para aumentar su comprensión del tema.
Trabajo previo	<ul style="list-style-type: none"> • Lectura de la presentación con un resumen de la información generada a partir de los materiales de apoyo A, B y C. • Anotar las posibles dudas que surjan a partir del material de lectura y los videos consultados
Producto solicitado:	<p>Un informe elaborado en equipo con una extensión máxima de cinco cuartillas que cumpla con los siguientes requisitos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Resumen (exposición condensada del contenido del informe). • Introducción que aborde la problemática del dopaje en el deporte, y cuáles son los últimos avances en cuanto a pruebas de optimización en detección de sustancias prohibidas en deportistas. • Objetivo de la investigación • Respuesta a las preguntas guía/de seguimiento • Análisis del Caso III • Resultados que incluyan la argumentación del equipo acerca del análisis de las técnicas analíticas descritas en el caso y la propuesta de una posible solución. • Conclusiones. • Referencias en formato APA. <p>Nota: El producto solicitado se entregará a la siguiente clase</p>
Evaluación de aprendizajes	Rúbricas de evaluación del informe del estudio del caso y de las habilidades empleadas a nivel grupal (Anexo F)
Información sobre el caso	
El caso	Se hace la presentación del Caso III a los estudiantes mediante la consulta del Anexo D.
Preguntas propuestas	<p>El propósito de estas preguntas es invitar al alumno a construir su análisis y con ello desarrollar el pensamiento crítico centrado en el apartado de técnicas analíticas. Las preguntas propuestas son las siguientes:</p> <p>3 preguntas de tipo de análisis 1 pregunta para la propuesta de solución</p>

Validación del panel de expertos

Este caso fue evaluado por las docentes D1, D4 y D5. En la Figura 12.2. se pueden apreciar algunos de los puntajes medios de las preguntas de la Encuesta 1.

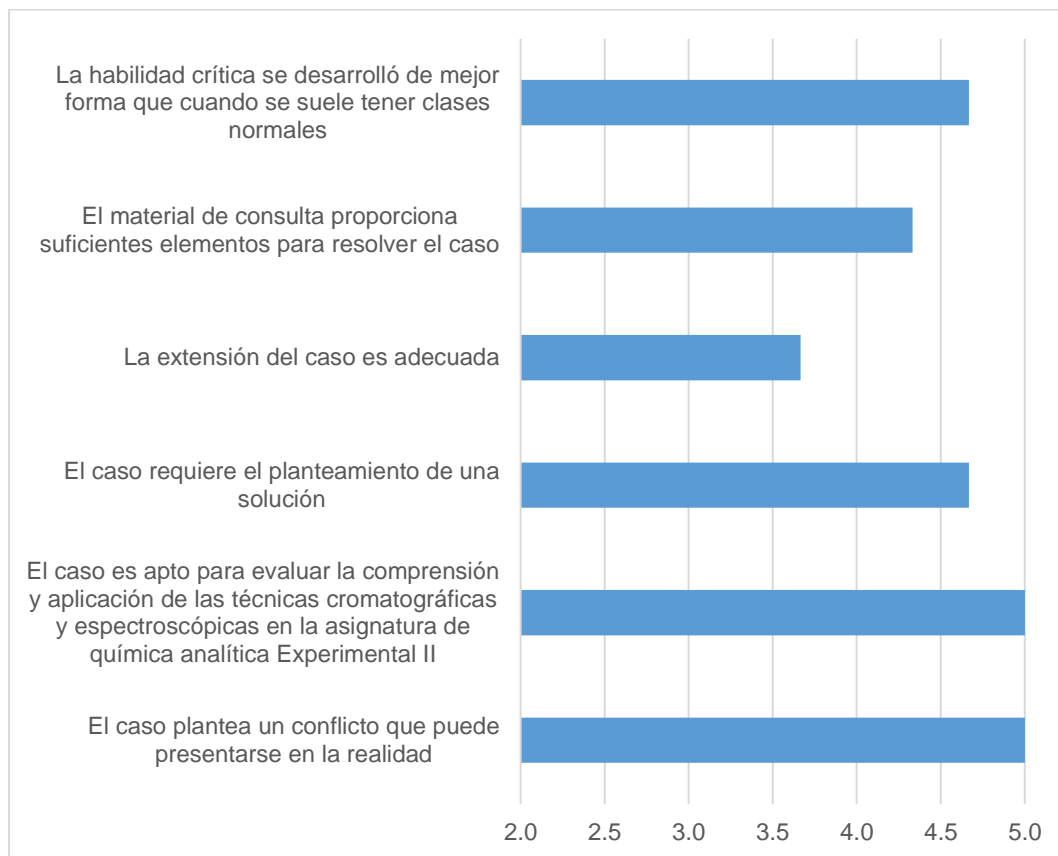


Figura 12.2. Caso III. Resultados de la Encuesta 1.

De la encuesta y referente al desarrollo de la actividad, las expertas concuerdan con que las rúbricas de evaluación proporcionan suficientes criterios para resolver el caso, el informe cubre los aspectos indicados de introducción, propuestas, discusión, conclusiones, ortografía y gramática, la habilidad crítica y de trabajo grupal se desarrolló de mejor forma que cuando se suelen tener clases tradicionales, el estudio de este caso despertaría la curiosidad en los estudiantes por investigar más sobre las técnicas cromatográficas y espectroscópicas, la actividad contribuiría al desarrollo de las habilidades teórico-prácticas del estudiante, esto se logra gracias al análisis de distintas técnicas analíticas

complementarias, ya que el alumno debe poner en práctica conocimientos que se han adquirido previamente para construir un análisis crítico, complementado desde distintas perspectivas de otras asignaturas, ya sean teóricas o experimentales, las cuales le ayudarán a discernir entre los elementos en los que puede apoyarse para proponer una solución realista, bien estructurada y fundamentada. El desarrollo de este tipo de pensamiento crítico es fundamental para el estudiante, ya que cuando se encuentran en el campo laboral e incluso de investigación, el poder analizar de esta forma las problemáticas y necesidades específicas de un escenario le hace ser más preciso con el planteamiento de una solución (Aguilar, Alcántara, & Braun, 2020).

Por otra parte, estuvieron de acuerdo que la redacción es lo suficientemente clara y sencilla para entender la problemática, la información del caso está bien estructurada, la rúbrica para la evaluación de las habilidades empleadas por los estudiantes a nivel grupal cubre los aspectos básicos a nivel universitario, lo cual sugiere un nivel apto en la evaluación de estos rubros.

Sin embargo, se identificaron apartados en los que la planeación de la actividad que debe fortalecerse o mejorarse, falta especificar con claridad cuál es el trabajo previo que debe realizarse, los tiempos de ejecución de cada punto de la actividad. Los puntajes obtenidos en estos ítems revelan que el caso debe detallarse más en el apartado de planeación de la clase, principalmente en los tiempos de ejecución de cada punto de la actividad, indicaciones de trabajo previo y evaluación, discusión del caso en equipos y de forma grupal, y la optimización de preguntas en la encuesta para hacerla más digerible y obtener información más puntual. Estas observaciones se tomaron en cuenta para establecer las mejoras en la planeación didáctica del caso. El panel consideró que este caso es óptimo para usarse en las asignaturas de Analítica Experimental II y Analítica Instrumental II.

Aplicación de la prueba piloto

La prueba piloto contó con la participación de 7 personas, siendo el 70% de ellos estudiantes de las carreras de Química y Química de alimentos, junto con dos egresados de la carrera de Química y Química de alimentos. La edad promedio de los participantes fue de 27 años y medio y el 71% de los participantes fueron del género femenino. Los participantes revisaron la actividad y posteriormente contestaron la Encuesta 2.

En lo referente al caso los participantes estuvieron totalmente de acuerdo con que fue ameno, y despertó su interés y curiosidad en estudiar la aplicación de las técnicas espectroscópicas y cromatográficas de esta forma, y que el informe evalúa lo aprendido a lo largo del desarrollo de la actividad. El alto puntaje (4.2/5) de las afirmaciones anteriores indica que los participantes disfrutaron estudiar y aplicar sus conocimientos, esto repercute en la facilidad con la que los alumnos podrán construir el aprendizaje, ya que en palabras de Francisco Mora (2019) “El cerebro sólo aprende si hay emoción”.

Estuvieron de acuerdo con que la redacción es lo suficientemente clara y sencilla para entender la problemática, el caso requiere el planteamiento de una solución, el estudio de este caso facilitó la comprensión de las aplicaciones de las técnicas cromatográficas y espectroscópicas. Además, la habilidad crítica se desarrolló de mejor forma que cuando se suele tener clases tradicionales, la habilidad de trabajo grupal se desarrollaría de mejor manera que cuando se toman clases tradicionales gracias a la puesta en marcha del trabajo colaborativo, que es el trabajo en equipo centrado en compartir distintas opiniones y en un entorno de colaboración para lograr un objetivo común, además de afianzar el aprendizaje tanto social como académico (Carrió, 2007; Ruiz, Anguita, & Jorrín, 2006); el estudio de este caso despertó la curiosidad por investigar más sobre las técnicas cromatográficas y espectroscópicas, la actividad contribuyó al desarrollo de las habilidades teórico-prácticas, el recurso de material de apoyo fue suficiente, las preguntas de seguimiento ayudaron a llegar a la propuesta de solución, el caso contiene la información suficiente para proponer una solución, la rúbrica de

habilidades empleadas a nivel grupal del caso evalúa todo el esfuerzo puesto en la actividad, y, por último, le gustaría recurrir al estudio de casos para aprender más temas relacionados con la química analítica.

De lo anterior se puede concluir que los participantes consideran que el caso influye positivamente en la adquisición de conocimiento con esta metodología, ya que desarrolla habilidades críticas fundamentales a nivel universitario que le permitirán a los futuros egresados afrontar las necesidades que lleguen a presentárseles en el campo laboral, logrando un desempeño satisfactorio en los aspectos profesional, técnico y social (Aguilar, Alcántara, & Braun, 2020).

Algunas de las opiniones de los encuestados en la prueba piloto hicieron alusión a que les gustaría aprender más sobre el tema de técnicas cromatográficas y espectroscópicas aplicadas a la identificación de esteroides, también se mencionó que es muy interesante estudiar más las técnicas de análisis y conocer más las aplicaciones que tienen en la vida cotidiana, las técnicas que aborda el caso de estudio son muy poderosas y permiten resolver una gran cantidad de problemas y, por último, cuando se plantea un caso de la vida real llama más la atención aprender del tema para poder saber qué hacer en la situación o problemática.

Mejoras del caso

La mejora realizada en función de las opiniones proporcionadas por las panelistas fue en la planeación de la actividad y el desglosar de forma detallada los tiempos asignados.

Las mejoras realizadas con base en las opiniones del panel y la prueba piloto fueron modificaciones a las Encuestas 1 y 2 para obtener información más detallada y eliminación de algunas preguntas que no proporcionan información adecuada para analizar el caso.

13 Caso IV: Autenticidad de una obra de arte

¿Qué hace que el arte sea realmente original y a su vez, única? ¿Por qué se le da tanta importancia al concepto de autenticidad en el mundo del arte? La Figura 13.1. ejemplifica la temática del caso.



Figura 13.1. Aplicación de la química analítica al análisis forense de obras de arte.

Fuente: Cuaderno de Cultura Científica. Licencia de Creative Commons.

Cada obra es una expresión única de la creatividad individual de una persona, así como el resultado de un contexto personal, cultural, social e histórico preciso. Por lo tanto, aunque una obra falsificada sea estéticamente atractiva o en cuestión de técnica casi idéntica a la pintura original, carecen de la expresión que plasma el artista original. Además, una interpretación errónea podría tener consecuencias dañinas en el ámbito académico y del mercado artístico (Ricci, 2020).

Existen dos tipos de falsificaciones: a. Réplicas creadas a partir de obras existentes y b. Creaciones nuevas inspiradas o acreditadas a célebres pintores.

Aunque las falsificaciones en el mundo artístico han existido siempre, antaño era difícil analizar diversos aspectos de la pintura, por lo que la revisión de las obras se limitaba a un nivel superficial, sin embargo, en la actualidad el análisis superficial se complementa con técnicas forenses, las cuales emplean métodos analíticos para analizar la composición de los pigmentos y barnices, retoques, intervenciones, técnica del pintor, entre otros (Ricci, 2020). De esta forma,

museos, coleccionistas y galerías de arte tratan de combatir esta problemática que desde la segunda mitad del siglo XX ha alcanzado niveles alarmantes por el interés en la adquisición de arte como medio de inversión (López P. , 2020).

Este caso estudia el análisis e interpretación de la espectroscopía de infrarrojo. La historia habla sobre la preocupación de una galería de arte por las posibles falsificaciones de algunas de sus obras. En el caso se analiza una pintura, en la cual se analizan los pigmentos de la pintura usando técnicas invasivas y no invasivas, con la finalidad de determinar si la pintura es auténtica o se trata de una falsificación. Además, se presentan figuras para que el alumno pueda ver e interpretar los resultados. Al final del caso se plantean preguntas de seguimiento para robustecer el análisis crítico y técnico del caso y así presentar una solución. En la Tabla 12 se presenta la planeación del caso.

Tabla 12. Planeación del Caso IV

Título de la actividad	Autenticidad de una obra de arte
Objetivo	<ul style="list-style-type: none"> • Estudiar las aplicaciones de los espectros de infrarrojo con muestras preparadas por película. • Que los alumnos exploren las aplicaciones de los espectros de infrarrojo, y otros métodos de análisis en el campo del análisis forense en obras de arte.
Duración	<p>3 horas divididas de la siguiente forma:</p> <p>15 minutos, indicaciones generales de trabajo y rúbricas de evaluación</p> <p>5 minutos para la formación de equipos</p> <p>20 minutos, introducción a la problemática de falsificación de obras de arte y técnicas de análisis forense consolidadas o emergentes que se aplican en la actualidad para la detección de falsificaciones</p> <p>40 minutos, para la revisión y discusión del caso en equipos</p> <p>40 minutos para la discusión grupal, planteamiento de la posible solución del caso y proporcionar las preguntas guía</p> <p>50 minutos Elaboración del producto final solicitado.</p> <p>10 minutos para responder la encuesta de evaluación de la actividad.</p>
Temas abordados	<ul style="list-style-type: none"> • Obtención e interpretación de espectros de infrarrojo con muestras preparadas en sólidos • Análisis de pigmentos • Técnicas forenses para análisis de obras de arte
Organización	Por equipos de 2-5 personas

Tabla 12. Planeación del Caso IV (continuación)

Recursos	<ul style="list-style-type: none"> • Dispositivos con acceso a internet. • Materiales de apoyo “Métodos de examen no destructivos aplicados al estudio de obras de arte” • “Fundamentos de espectroscopia Raman” • Texto del Caso IV. • Encuesta de evaluación de la Actividad para los alumnos. • Otras fuentes que consideren necesarias para aumentar su comprensión del tema.
Trabajo previo	<ul style="list-style-type: none"> • Lectura de la presentación resumen de la información generada a partir de los materiales de apoyo “Métodos de examen no destructivos aplicados al estudio de obras de arte” y “Fundamentos de espectroscopia Raman” • Anotar las posibles dudas que surjan a partir del material de lectura y los videos consultados
Producto solicitado:	<p>Un informe elaborado en equipo con una extensión máxima de cinco cuartillas que cumpla con los siguientes requisitos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Resumen (exposición condensada del contenido del informe). • Introducción que aborde la problemática la falsificación en el mundo del arte, y cuáles son los últimos avances en la aplicación de técnicas analíticas para el análisis de obras de arte. • Objetivo de la investigación • Respuesta a las preguntas guía/de seguimiento • Análisis del Caso IV. • Resultados que incluyan la argumentación del equipo acerca del análisis de las técnicas analíticas descritas en el caso y la propuesta de una posible solución. • Conclusiones. • Referencias en formato APA. <p>Nota: El producto solicitado se entregará a la siguiente clase</p>
Evaluación de aprendizajes	<p>Rubricas de evaluación del informe del estudio del caso y de las habilidades empleadas a nivel grupal (Anexo F)</p>
Información sobre el caso	
El caso	<p>Se hace la presentación del Caso IV a los estudiantes mediante la consulta del Anexo E.</p>
Preguntas propuestas	<p>El propósito de estas preguntas es invitar al alumno a empezar a construir su análisis y con ello desarrollar el pensamiento crítico centrado en el apartado técnico. Las preguntas propuestas son las siguientes:</p> <p>2 preguntas acerca de los aspectos técnicos de la obra.</p> <p>3 preguntas sobre las técnicas empleadas.</p> <p>1 pregunta sobre la conclusión del caso.</p> <p>Nota: Las preguntas se responden de forma individual</p>

Validación del panel de expertos

El caso IV contó con la participación de las expertas docentes D1, D4 y D5. En la Figura 13.2. se muestra el promedio de algunas preguntas hechas en la Encuesta 1 para el caso IV.

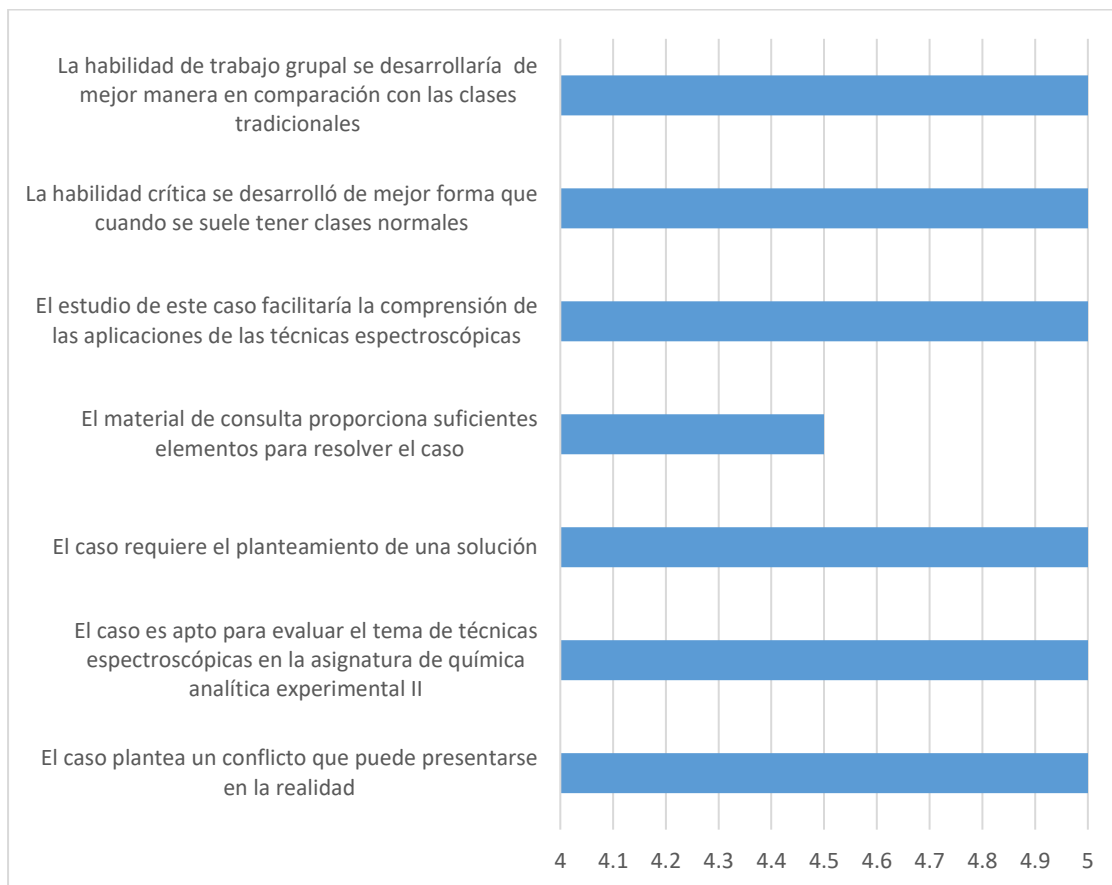


Figura 13.2. Caso IV. Resultados de la Encuesta 1

Los resultados arrojaron que las evaluadoras están totalmente de acuerdo en que la redacción es lo suficientemente clara y sencilla para entender la problemática, el estudio de este caso despertó la curiosidad en los estudiantes por investigar más sobre las técnicas espectroscópicas, la habilidad crítica se desarrolló de mejor forma que cuando se suelen tener clases normales. Esto indicaría que el caso es un buen elemento de construcción de aprendizaje para el tema de técnicas espectroscópicas, ya que impulsaría el incremento de conocimiento de los alumnos por los temas relacionados, lo cual facilitaría en gran forma la adquisición de conocimientos y, por otra parte, el alumno empezaría a hacerse

más responsable del conocimiento que está adquiriendo y que desea adquirir para tener más perspectiva de las técnicas analíticas a usar en este caso.

Derivado de las observaciones hechas por las docentes, se determinó que es necesario hacer modificaciones en la planeación del caso para especificar mejor los tiempos destinados a cada punto de la actividad y el trabajo previo para los estudiantes.

El puntaje global obtenido de la evaluación correspondiente a 4.34/5, indica que el caso es adecuado para ser considerado como elemento de aprendizaje en la asignatura de Analítica Experimental II y Química Analítica Instrumental II (MS/MEE).

Aplicación de la prueba piloto

La aplicación de la prueba piloto para este caso contó con la participación de 7 personas: 4 de ellas estudiantes, y 3 egresadas. El 57.1% de los estudiantes pertenece a la licenciatura de Química, mientras que el 28.6 % estudia la licenciatura de Química Farmacéutica Biológica. Además, el 71.4% de participantes son del género femenino y el porcentaje restante pertenece al género masculino, con una edad promedio de 27 años.

Sobre la evaluación del caso, los estudiantes estuvieron totalmente de acuerdo con que fue interesante estudiar y comprender las técnicas espectroscópicas Raman y FTIR pensando en la aplicación en el campo de análisis de obras de arte. Estuvieron de acuerdo con que la temática abordada se puede presentar en el mundo laboral. No obstante, los alumnos no están ni de acuerdo ni en desacuerdo con que el escenario es sencillo de resolver. En cuanto a la actividad, los participantes estuvieron de acuerdo con que el caso, las preguntas de seguimiento y los recursos de material de apoyo fueron suficientes para proponer una solución, las rúbricas de defensa oral del análisis del caso y habilidades empleadas a nivel grupal evalúan todo el esfuerzo empleado en la actividad. Sobre el material de apoyo, solo el 33.7% de los encuestados consultó otros recursos para presentar una propuesta del método a utilizar, la preparación de la

muestra para cada método, la degradación de los pigmentos con el tiempo y vídeos respecto al tema.

En cuanto a opiniones, los participantes consideran que la actividad desarrolló de mejor forma su habilidad crítica y el desarrollo de las habilidades teórico-prácticas en comparación con las clases normales. La aplicabilidad en la interpretación de espectros de compuestos en el campo artístico generó interés y la aplicabilidad en el mundo real provoca que el estudiante ponga más empeño en el caso

Como opiniones enfocadas a mejoras, se obtuvo que, aunque la redacción es buena, se necesita mayor especificidad en cuanto a las técnicas analíticas que se van a utilizar. Un participante mencionó que prefiere aprender de forma más teórica ya que no es necesario profundizar en aspectos fuera de la materia, faltó hacer énfasis en el apartado de pruebas invasivas y no invasivas para ver qué es más determinante, si obtener resultados analíticos o profundizar en el análisis artístico-técnico. A manera de sugerencia, uno de los encuestados consideró incluir videos para los trabajos previos por ser una herramienta de aprendizaje más dinámica, otra propuesta es agregar tareas previas con enfoque en el uso de las técnicas a estudiar para discutirlos en clase y complementar la introducción del caso.

En conclusión, los participantes están de acuerdo con recurrir al estudio de casos para aprender más temas relacionados con la Química Analítica, ya que, “para los estudios de casos, se tratan cosas que inicialmente no se sabrían cómo abordar y la resolución no es tan obvia, por lo que el razonamiento es más profundo y también el aprendizaje final.” El caso obtuvo una calificación global de 4.2/5 puntos, lo cual valida al caso como viable para emplearse en clase y ayudar a la construcción de aprendizaje en la asignatura de Analítica Experimental II.

Mejoras del caso

Las mejoras del caso se realizaron tomando en cuenta los comentarios de las expertas y los participantes en la encuesta piloto con base en las Encuestas 1 y 2.

De las opiniones proporcionadas por las panelistas se concluye que como mejoras del caso es necesario:

- El apartado de tiempos de desarrollo de los distintos puntos o etapas de la actividad necesita un desarrollo más puntual, especificando el tiempo destinado a los rubros de introducción, desarrollo en equipos, discusión grupal, resolución de dudas, desarrollo del caso entre otros.
- La mayor especificidad en estos apartados otorgará mayor claridad al docente en materia de tiempos de ejecución, otorgándole mayor libertad para modificarlos a su conveniencia y dependiendo del desempeño del grupo. Los cambios quedaron asentados en la Tabla 12.
- Generar y especificar a alumnos y docentes el trabajo previo a la actividad para clarificar mejor los métodos y/o técnicas a revisar en el caso y así tener un panorama más amplio del escenario a revisar.

Con las opiniones de la prueba piloto se realizaron las siguientes mejoras:

- Incrementar, dentro del caso, la especificidad sobre las técnicas a emplear
- Mayor énfasis en el apartado de pruebas invasivas y no invasivas para determinar la relevancia de los resultados analíticos y la del análisis artístico-técnico.
- Especificación del trabajo previo a la clase.

14 Discusión general

En la Tabla 13 se presenta un concentrado de los conocimientos y habilidades construidas y/o fortalecidas con el empleo de la metodología de estudio de casos y las materias donde se considera que son aplicables los casos propuestos.

Sobre la Tabla 13, se encuentra que a pesar de que los casos se diseñaron bajo dos sub variantes, al final comparten el desarrollo de las mismas habilidades, con diferencia en la redacción del final del caso, pudiendo ser cerrada o abierta, por lo que la aplicación de uno u otro caso dependerá de la asignatura en la que se quiera emplear, el objetivo y necesidades de aprendizaje del grupo, así como la preferencia del docente por una u otra subvariante.

Tabla 13. Resumen de las fortalezas de los Casos de estudio diseñados

Caso	Tipo	Conocimientos que fortalecen o construyen	Habilidades que se fortalecen o construyen	Materias donde es aplicable
I. Determinación de sustancias ilícitas	A	<ul style="list-style-type: none"> Técnicas cromatográficas con énfasis en el análisis y selección de muestras Métodos analíticos para la detección de sustancias ilegales. Problemática de tráfico de sustancias ilegales 	<ul style="list-style-type: none"> Investigación de conceptos y métodos Capacidad para discernir información Pensamiento crítico y creativo 	Analítica Experimental II y III
II. Toma de muestras en un río contaminado	B	<ul style="list-style-type: none"> Concienciación sobre el aspecto normativo en un problema de índole química Recolección de muestras Generalidades del muestreo Problemática ambiental de la contaminación de ríos por la presencia de medicamentos 	<ul style="list-style-type: none"> Trabajo en equipo Escucha activa Exposición y argumentación oral Solución de problemas Aprendizaje cooperativo 	Analítica Experimental II y III, Química Analítica Instrumental (MS/MEE).
III. Control antidopaje en el Tour de Francia	A	<ul style="list-style-type: none"> Técnicas analíticas espectroscópicas en combinación con técnicas cromatográficas para el análisis clínico Problemática del uso de sustancias ilegales para mejorar el rendimiento físico 		Analítica Experimental II y Química Analítica Instrumental II
IV. Autenticidad de una obra de arte	A	<ul style="list-style-type: none"> Técnicas espectroscópicas para el análisis de pigmentos Interpretación de aspectos infrarrojo para el análisis de pigmentos Aplicación de técnicas analíticas en el análisis forense aplicado a obras de arte 		Analítica Experimental II, Química Analítica Instrumental (MS/MEE).

Adicionalmente, se observa que los casos encuentran su aplicabilidad en asignaturas que se imparten a partir del quinto semestre para las carreras de Química, Química de alimentos y Química farmacéutica biológica, con inclinación hacia el área de la cromatografía y espectroscopía, permitiendo al estudiante integrar el conocimiento que ha adquirido en semestres anteriores, sin embargo, se hace hincapié en que las áreas de estudio de cada caso se pueden modificar dependiendo del objetivo de aprendizaje o las necesidades del grupo. Se percibe que los casos, además de dar un contexto técnico por el empleo de técnicas analíticas, también proporcionan un contexto social, contribuyendo a desarrollar su sensibilidad ante problemáticas

sociales, legales o ambientales, algunas más complejas que otras, fortaleciendo así, su ética profesional y su capacidad de interacción en un ambiente multidisciplinario como resultado de haber fortalecido sus habilidades de aprendizaje cooperativo.

Después de analizar los casos tipo A, es decir, aquellos que requieren plantear una solución al problema mostrado en el caso, se determinó que fueron casos que tuvieron buena aceptación entre los participantes de la prueba piloto por el interés en los temas de estudio, como lo fueron las técnicas analíticas y la forma en la que las aplicaciones se introdujeron a los casos, ya que al ser tan variadas, expande el panorama de los jóvenes estudiantes sobre las aplicaciones que pueden tener, encontrando un área en la cual disfruten desarrollarse, e incluso, puede funcionar como incentivo de investigación para explorar nuevas aplicaciones. Otro punto a favor es que la aplicación de esta metodología les permite aprender de forma dinámica a través de recurrir a todos los conocimientos previos adquiridos en semestres anteriores, despertando la creatividad y fomentando la participación en equipo para proponer una solución.

Entre los comentarios destacables de los participantes de la prueba piloto se menciona que el caso atrae la atención de los alumnos para aprender sobre el tema y proponer una solución, pone en práctica el criterio para decidir qué técnica es la mejor e hizo considerar nuevos ámbitos laborales en los que algunos estudiantes podrían interesarse, entre otras.

Algunas de las opiniones proporcionadas tanto por el panel como por los participantes de la prueba piloto para los casos se concentraron en nubes de palabras, mismas que se dividieron, en la Figura 14.1 a), Figura 14.2 a), 14.3 a) y 14.4 a), donde se concentraron las palabras más comunes referentes a las mejoras de los casos, mientras que en la Figura 14.1 b), Figura 14.2 b), 14.3 b) y 14.4 b), se concentraron las palabras con relación a las opiniones relacionadas con percepción del caso, la metodología en general, fortalezas, experiencia de la actividad, entre otras.

decisiones que se van tomando en un procedimiento tendrían un impacto significativo en el resultado, producto de una mala ejecución.

El trabajar el tema desde una forma general y con preguntas básicas tiene como finalidad que el alumno se cuestione en un futuro, cuando llegue a repetir un procedimiento, cuáles son los parámetros que debe tener en cuenta para no afectar una medición, qué consideraciones debe tener presentes y cómo debe proceder en todo momento para que, en su trabajo, el porcentaje de error humano disminuya, teniendo como efecto excelentes resultados, impactando en su desempeño profesional.

Entre los comentarios de los participantes, este caso se describió como formativo, que invitó al pensamiento crítico y que el conocimiento se entiende mejor en un contexto más real, por mencionar algunas.

Por último, es importante reiterar que, a través de la metodología del estudio de casos, al alumno se le permite conocer las aplicaciones de la Química Analítica en un contexto real. El conocimiento generado a partir de esta acción adquiere un impacto mayor porque los estudiantes encuentran un significado más profundo y motivación al saber que su esfuerzo para aprender no está siendo en vano, sino que se hacen conscientes de que en verdad están adquiriendo conocimientos y herramientas que les ayudarán a satisfacer las necesidades laborales, que cuentan con las habilidades técnicas necesarias y de la misma forma, les permite conocer cuáles son aquellas que se deben perfeccionar para complementar su perfil profesional.

Mejoras globales

Las mejoras globales de los casos se realizaron tomando en cuenta las sugerencias por parte del panel de expertas y de los participantes en la prueba piloto.

Los cambios implementados consistieron en detallar el tiempo destinado a cada punto de la actividad, desde la presentación de la problemática y la introducción del caso, hasta el tiempo destinado a la discusión en equipos, grupal y la respuesta a las preguntas guía de cada caso. De la misma forma, en la planeación de cada caso se

aclaró cuál será el trabajo previo de la clase que llevarían a cabo los estudiantes; esto permitió definir un tiempo estimado de acompañamiento por parte del docente durante la clase. Otra oportunidad fue la de facilitar más recursos de apoyo sobre las técnicas empleadas en los casos o de las que se requieren para dar propuestas de solución, ya que, por un lado, nos permite introducir mejor al alumno a cada caso y por otro, le será más sencillo plantear soluciones o bien analizar con más detalle la toma de decisiones.

Se modificaron las Encuestas 1 y 2 de cada caso, eliminando preguntas que no aportaban información sobre la metodología y el caso, se agregaron preguntas para profundizar en otros aspectos de la construcción de aprendizaje y evaluar los casos apoyándose en las rúbricas.

Las mejoras descritas para la planeación de clase se encuentran en las Tablas 7, 10, 11 y 12. Las mejoras de las encuestas se pueden observar entrando al link proporcionado en la sección 9, Tablas 5 y 6.

Fortalezas y oportunidades del proyecto

Partiendo de la premisa de que, al igual que los casos pueden mejorarse y modificarse constantemente, así lo pueden hacer este tipo de proyectos, se identifican como áreas de oportunidad:

- Hacer un sondeo amplio en cuanto a las asignaturas y temas de los planes de estudios de las materias de Química Analítica en las que la población estudiantil está presentando más dificultades para adquirir y aplicar de forma práctica el conocimiento, ya que de esta forma será más fácil idear estrategias y/o establecer los objetivos de aprendizaje de cada caso, así como una planeación más personalizada de acuerdo a las necesidades del temario.
- Establecer mejores canales de difusión para que más personas comprendidas en las muestras de la investigación puedan participar expresando su opinión y sus necesidades educativas, ya que la idea es ofrecer alternativas educativas que contribuyan a una formación profesional más integral, moderna, y cercana al entorno laboral que se presenta en la actualidad.

- Perfeccionar las encuestas o instrumentos de evaluación para evaluar de forma puntual el caso, la metodología, esto permite modificar la cantidad y la calidad de la información recolectada por caso.

Como áreas de fortaleza de este proyecto se encuentran que:

- Esta metodología activa de aprendizaje tuvo una gran aceptación entre los participantes de la prueba piloto, ya que despertó su interés por profundizar en los temas abordados, consideran que el aprendizaje es dinámico, más representativo de entornos reales.
- Para los estudiantes, la puesta en práctica de los conocimientos de técnicas analíticas, sus habilidades críticas y de desarrollo grupal mejoraron en comparación a una clase tradicional, de igual modo, es un formato con el que pueden desarrollar diversas habilidades de expresión, análisis, trabajo grupal y pensamiento creativo entre otras.
- Por último, la amplia aceptación del cuerpo docente para implementar el uso de estos casos como elemento de enseñanza/aprendizaje en las aulas.

Conclusiones

Se identificaron las características del método de caso, así como las características de cada sub-variante de esta metodología enfocada en la resolución de problemas, generando de forma exitosa cuatro casos de estudio a partir de casos verídicos y de actualidad, donde se aplicó de forma práctica la Química Analítica para resolver las problemáticas planteadas en distintas ramas de la química, los cuales pusieron en práctica las habilidades de toma de decisiones, detección de errores, propuestas de solución y discusión grupal entre los participantes en la prueba piloto, entre otras.

Se aplicó la metodología de Estudio de caso como un modelo educativo innovador a través del diseño y validación de cuatro casos de estudio centrados en el área de la Química Analítica, con énfasis en las asignaturas de Química Analítica Instrumental II (MS/MEE) y Analítica Experimental II y III, de las carreras de Química, Química farmacéutica biológica y Química de alimentos, teniendo como objetivo mejorar la adquisición de aprendizaje, el incremento del interés en los temas expuestos, el desarrollo de las habilidades de pensamiento y análisis crítico, toma de decisiones, trabajo en equipo y habilidades sociales en un ambiente laboral, mismos que se cumplieron de forma exitosa a través de la validación correspondiente de cada caso tanto para la prueba piloto, como para el panel de expertas reflejados en la aprobación para su aplicación en clases.

Se presentó una propuesta metodológica para el diseño y validación de casos de estudio para las asignaturas de Química Analítica, con la cual se pueden elaborar casos de estudio a partir de un enfoque determinado (toma de decisiones o propuesta de solución), cubriendo los criterios básicos que un caso debe tener para ser exitoso, así como elementos de validación que permiten recabar opiniones puntuales mediante preguntas abiertas y una escala de satisfacción a través de las preguntas tipo Likert tanto para docentes, como para estudiantes. Esto con la finalidad de mantener los casos en un ciclo de mejora continua, la cual permitirá refinar aspectos y necesidades específicas de cada caso, así como la ejecución de la actividad en clase.

Referencias

- (CEDEC), C. N. (Julio de 2020). *Rúbrica para evaluar el aprendizaje cooperativo*.
Obtenido de <https://cedec.intef.es/rubrica/rubrica-para-evaluar-el-aprendizaje-cooperativo/>
- (UNODC), O. d. (2012). Obtenido de UNODC:
https://www.unodc.org/documents/scientific/Cocaine_S.pdf
- Abell, D. (1997). What makes a good case? *ECCHO: THE NEWSLETTER OF THE EUROPEAN CASE CLEARING HOUSE*, 1-6.
- Aguilar, L., Alcántara, I., & Braun, K. (2020). Impacto del Pensamiento Crítico en las habilidades para el campo laboral. *Academo*, 166-174.
- Álvarez, Á. C., & San Fabian, M. J. (2012). La elección del estudio de caso en investigación educativa. *Gazeta de Antropología*.
- Baro, C. A. (2011). METODOLOGÍAS ACTIVAS Y APRENDIZAJE POR DESCUBRIMIENTO. *Revista digital Innovación y experiencias educativas*, 1-11.
- Barrows, H. (1986a). A taxonomy of problem-based learning methods. *Medical Education*, 481-486.
- Barrows, H. (1996). Problem-Based Learning in Medicine and Beyond: A Brief Overview. *New directions for teaching and learning*, 3-12.
- Bernal, G. M., & Martínez, D. M. (2009). METODOLOGÍAS ACTIVAS PARA LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE. *Revista Panamericana de Pedagogía*, 101-106.
- Bevis, G. (1985). Ban Electronics from school physics. *Physics Education*, 109-110.
- Brown, J. S., & Collins, A. D. (1995). Situated cognition and the culture of learning. En *Subject Learning in the Primary Curriculum: Issues in English, science and mathematics* (págs. 301-319). Devon: Routledge.

- Caicedo, J. (2022). Desafíos de la educación en la sociedad actual. *Revista Multi-Ensayos*, 17-24.
- Campillo, S. N. (2011). *Tema 1. Introducción al Análisis Químico*. Obtenido de <https://www.um.es/documents/4874468/11830096/tema-1.pdf/1c49a077-8b02-405d-9100-ee5f7f1b1b7b>
- Carbaugh, D. (2007). Cultural discourse analysis: Communication practices and intercultural encounters. *Journal of Intercultural Communication Research* , 167-182.
- Carrió, M. L. (2007). Ventajas del uso de la tecnología en el aprendizaje colaborativo. *Revista Iberoamericana de Educación*, 2-10.
- Cevallos Sánchez, H. A., Marín, P. A., & Toledo, S. N. (2018). Aprendizaje de la química: Aplicación de casos de la ciencia en la educación superior. *Atenas*, 109-126.
- Christensen, C. R., & Hanssen, A. (1987). *Teaching and the case method*. Boston: Harvard Business School.
- Chrobak, R. (S.F.). LA METACOGNICIÓN Y LAS HERRAMIENTAS DIDÁCTICAS. *Universidad Nacional del Comahue*.
- Corominas, E., Tesouro, M., Capell, D., Teixodó, J., Pélach, J., & Cortada, R. (2006). Percepciones del profesorado ante la incorporación de las competencias genéricas en la formación universitarias. *Revista de educación*, 301-336.
- Cuban, L. (1993). *How teachers taught*. Nueva York: Teachers Colleague Press.
- De Miguel, D. M. (2005). *Modalidades de enseñanza Centradas en el desarrollo de competencias. Orientaciones para promover el cambio metodológico en el espacio europeo de educación superior*. Oviedo (Asturias): Ediciones de Universidad de Oviedo.
- Díaz Barriga, A. F. (2003). Cognición situada y estrategias para el aprendizaje significativo. *Revista electrónica de investigación educativa*.

- Díaz Barriga, A. F. (2006). *Enseñanza situada: Vínculo entre la escuela y la vida*. Ciudad de México: McGraw-Hill Interamericana.
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wanderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 8410-8415.
- Freman, H. (1997). What makes a good case? Some basic rules of good storytelling help teachers generate student excitement in the classroom. *Journal of College Science Teaching*, 163-165.
- 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*, 963-975.
- García, C. A. (2004a). Física... ¿para qué? *Revista Española de Física*, 11-13.
- García-Varcácel, M.-R. A., & Gómez-Pablos, V. B. (2017). Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP): evaluación desde la perspectiva de alumnos de Educación Primaria. *Revista de Investigación Educativa*, 113-131.
- Gargallo, R. (2003). EL MÉTODO DEL CASO APLICADO A LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA ANALÍTICA. *NPQ*, 5-7.
- Gehring, H., & Pastrana Buelvas, E. (2018). *Pontificia Universidad Javeriana Bogotá*. Obtenido de <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/44382>
- Giani, C. (2022). *Estudio de caso*. Obtenido de <https://www.ejemplos.co/estudio-de-caso/>
- Gómez, M. A. (2021). *Evaluación de la metodología mediante técnicas analíticas no invasivas para la investigación, caracterización y diagnóstico aplicada a casos del patrimonio cultural andaluz*. Tesis de doctorado. Universidad Pablo de Olavide.

- Gómez, O. M. (2014). Enseñanza Situada, vínculo entre la escuela y la vida. *Boletín Científico Tepexi*.
- Grant, F., Martin, W., & Quackenbush, R. (01 de 01 de 1975). *United Nations Office on Drugs and Crime (UNODC)*. Obtenido de A simple sensitive specific field test for cocaine based on the recognition of the odour of methyl benzoate as a test product: https://www.unodc.org/unodc/en/data-and-analysis/bulletin/bulletin_1975-01-01_2_page005.html
- Gutiérrez, M. S. (2019). *La enseñanza situada: Propuesta de intervención para el aprendizaje de las Matemáticas en el primer año de la Escuela Secundaria Diurna No. 6 "Carlota Jaso" Turno matutino*. [Tesis de licenciatura] Universidad Nacional Autónoma de México.
- Hendricks, C. C. (2001). Teaching Causal Reasoning Through Cognitive Apprenticeship: What Are Results From Situated Learning? *The Journal of Educational Research*, 302-311.
- Hernández Rojas, G. (2006). Enseñanza situada: Crear contextos de aprendizaje de alto nivel de situatividad. *Revista del Centro de Investigación*, 109-114.
- Hernandez, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. Ciudad de México: McGrawHill.
- Herrán, A. d. (2008). *7-III Metodología didáctica en Educación Secundaria: Una perspectiva desde la Didáctica General*. Madrid: Mc Graw-Hill.
- 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, periodo Marzo-Mayo 2017*. [Tesis de licenciatura] Universidad Nacional del Chimborazo.
- Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. (2015). *El estudio de casos como técnica didáctica*. Obtenido de https://sitios.itesm.mx/va/dide2/tecnicas_didacticas/casos/casos.pdf

- Jiménez, H. D., González, O. J., & Tornel, A. M. (2020). METODOLOGÍAS ACTIVAS EN LA UNIVERSIDAD Y SU RELACIÓN CON LOS ENFOQUES DE ENSEÑANZA. *Revista de curriculum y formación del profesorado*, 77-94.
- Johnson, D., Johnson, R., & Holubec, E. (1994). *El aprendizaje cooperativo en el aula*. Virginia: Paidós SAICF.
- Jorge, D. (12 de Septiembre de 2019). *Atlántico Hoy*. Obtenido de Opinión. Francisco Mora: "El cerebro sólo aprende si hay emoción": https://www.atlanticohoy.com/opinion/francisco-mora-el-cerebro-solo-aprende-si-hay-emocion_1027519_102.html
- Lave, J. (1991). Chapter 4: Situating learning in communities of practice. 63-82.
- López. (2011). EMPLEO DE METODOLOGÍAS ACTIVAS DE ENSEÑANZA PARA EL APRENDIZAJE DE LA QUÍMICA. *Revista de Enseñanza Universitaria*, 13-22.
- López. (15 de Febrero de 2022). *National Geographic en Español*. Obtenido de La contaminación de los ríos con medicamentos podría provocar la próxima pandemia: La contaminación de los ríos con medicamentos podría provocar la próxima pandemia
- López, A. (2008). *El método de casos*. Obtenido de <https://www.icesi.edu.co/blogs/metododecaso/files/2008/12/elmetododecasos11.pdf>
- Lopez, C. S. (28 de Junio de 2019). *EL MODELO DE COMPETENCIAS EN EDUCACIÓN SUPERIOR, ANÁLISIS, FUNCIONALIDAD E IMPORTANCIA*. Obtenido de <https://revista.universidadabierta.edu.mx/2019/06/28/el-modelo-de-competencias-en-educacion-superior-analisis-funcionalidad-e-importancia/#:~:text=En%20el%20modelo%20de%20competencias,evaluaci%C3%B3n%20para%20determinar%20sus%20fortalezas>
- Lopez, O. A., & Farfán, F. P. (2005). El Enfoque por Competencias en la Educación. 434-438.

- López, P. (14 de Octubre de 2020). *AD Arte y Diamantes*. Obtenido de Falsificaciones de arte, un problema muy habitual: <https://arteydiamantes.com/falsificaciones-de-arte-un-problema-muy-habitual/>
- López, P. G. (2011). Empleo de metodologías activas de enseñanza para el aprendizaje de la química. *Enseñanza Universitaria*, 13-22.
- Márquez, A. (2022). *Estilos de aprendizaje: una propuesta de estrategias didácticas para el aprendizaje de la Química Analítica*. [Tesis de licenciatura] Universidad Nacional Autónoma de México.
- Martín, M. J., Gómez, M. A., & Gutierrez, M. S. (2000). *La Física y la Química en Secundaria*. Madrid: Narcea.
- Martín, R. B., Rinaudo, M. C., & Ordoñez, G. R. (2012). Cognición situada en contextos de aprendizaje no formales. La experiencia en un curso de guardavidas. *IV Congreso Internacional de Investigación y Práctica Profesional en Psicología XIX Jornadas de Investigación VII Encuentro de Investigadores en Psicología del Mercosur* (págs. 251-254). Buenos Aires: Facultad de Psicología de la Universidad de Buenos Aires.
- Mayordomo, R. M., & Onrubia, J. (2016). *El aprendizaje cooperativo*. Barcelona: Editorial UOC.
- Morales, B. P. (2004). APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS PROBLEM – BASED LEARNING. *Theoria*, 145-157.
- Morales, B. P., & Landa, F. V. (2004). Aprendizaje Basado en Problemas. *Theoria*, 145-157.
- Muntaner, G. J., Pinya Medina, C., & Mut, A. B. (2020). El impacto de las metodologías activas en los resultados académicos: Un estudio de casos. *Profesorado. Revista de currículum y formación del profesorado*, 96-114.
- OECD. (2019). *Higher Education in Mexico: Labour Market Relevance and Outcomes*. París: OECD Publishing.

- Ortega, A. (09 de Agosto de 2019). *CONECTA*. Obtenido de Estudio compila hallazgos de contaminación por fármacos en el agua.: <https://conecta.tec.mx/es/noticias/nacional/investigacion/estudio-compila-hallazgos-de-contaminacion-por-farmacos-en-el-agua>
- Palechor, J. E., Mera, M. P., & Zúñiga, Q. C. (2016). Prácticas pedagógicas emergentes: retos para una enseñanza situada. *Plumilla Educativa*, 53-78.
- Peces, R. (2003). Eritropoyetina y otras sustancias para incrementar el rendimiento en los deportistas. *Revista nefrología*, 475-563.
- Ramírez-Sánchez, M., Rivas-Trujillo, E., & Cardona-Longoño, C. M. (2019). La metodología del estudio de caso como método docente. *Revista Espacios*, 16-21.
- Ricci, B. (17 de Abril de 2020). *Artland Magazine*. Obtenido de The Art of Forgery – Art Forgers Who Duped The World: <https://magazine.artland.com/the-art-of-forgery-art-forgers-duped-world/>
- Rivera, S. (06 de Abril de 2023). *La Unión de Morelos*. Obtenido de Rios de México, contaminados con medicamentos: <https://launion.com.mx/morelos/sociedad/noticias/225301-rios-de-mexico-contaminados-con-medicamentos.html>
- Romo, I. (13 de Marzo de 1997). *La hormona peligrosa. La Unión Ciclista Internacional va a controlar el consumo de eritropoyetina*. Obtenido de Salud y Medicina: <https://www.elmundo.es/salud/Snumeros/97/S238/S238deporte.html>
- Rosado, L., & García, C. A. (2004). Razones didácticas y epistemológicas de la introducción. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*.
- Ruiz, I., Anguita, R., & Jorrín, I. (2006). Un estudio de casos basado en el análisis de competencias para el nuevo maestro/a experto en Nuevas Tecnologías Aplicadas a la Educación. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, 357-368.

- Saldis, E. N., & Gómez, M. M. (2008). Enseñar con casos de diseño propio. *Química Viva*, 160-169.
- Secretaría de Educación Pública. (s.f.). *Enfoque Basado en Competencias. Gobierno de México*. Obtenido de https://dgesum.sep.gob.mx/reforma_curricular/planes/lepree/plan_de_estudios/enfoque_centrado_competencias
- Sgamellotti, A. (Noviembre de 2017). Entrevista al profesor Antonio Sgamellotti. (J. E. Burucúa, Entrevistador)
- Shackleton, C., Pozo, O., & Marcos, J. (2018). GC/MS in Recent Years Has Defined the Normal and Clinically Disordered Steroidome: Will It Soon Be Surpassed by LC/Tandem MS in This Role? *Journal of Endocrine Society*, 974 - 996.
- Smith, G., Hamm, J., Kushel, D., & Rogge, C. (2012). What's Wrong with this Picture? The Technical Analysis of a Known Forgery. *American Chemical Society Symposium Series*, 1-21.
- Stockwell, N., Bangoetxea, E., & Tauch, C. (2011). El Espacio Europeo de Educación Superior y la promoción de la cooperación académica y de la movilidad con México. *Perfiles Educativos*, 198-205.
- Theobald, E. J., Hill, M. J., Tran, E., A, S., Arroyo, E. N., Behling, S., . . . Littlefield, C. (2020). Active learning narrows achievement gaps for underrepresented students in undergraduate science, technology, engineering, and math. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 6476-6483.
- TOLEDO, M. (S.F.). *Mettler Toledo. Análisis cromatográfico: preparación de muestras y patrones*. Obtenido de https://www.mt.com/mx/es/home/applications/Laboratory_weighing/chromatography-sample-and-standard-prep.html#overviewaf
- Universidad del País Vasco. (2016). *Euskal Herriko Unibertsitatea*. Obtenido de <https://www.ehu.eus/es/web/sae-helaz/eragin-irakaskuntza-metodologia->

Anexo A. Encuestas

Encuesta 1. Validación por panel de expertos

El panel de expertos se designó con base en los siguientes rubros:

- Tener tiempo de desarrollo en áreas relacionadas con la Química Analítica
- Tiempo de experiencia docente/experiencia profesional en el campo de la Química Analítica

La forma en la que se estableció la secuencia de preguntas se presenta a continuación:

Preguntas para obtención de datos de experiencia del panel docente

<p>Tiempo de experiencia docente *</p> <p>Tu respuesta _____</p>
<p>Asignatura(s) de Química Analítica que ha impartido o imparte <i>(puede seleccionar más de una)</i></p> <p><input type="checkbox"/> Química Analítica I</p> <p><input type="checkbox"/> Química Analítica II</p> <p><input type="checkbox"/> Analítica Experimental I</p> <p><input type="checkbox"/> Analítica Experimental II</p> <p><input type="checkbox"/> Analítica Experimental III</p> <p><input type="checkbox"/> Otros: _____</p>
<p>Área de la Química en la que se desempeña <i>(puede seleccionar más de una)</i></p> <p>Tu respuesta _____</p>

Preguntas sobre la información y estructura del caso I

A continuación se presentan una serie de preguntas para evaluar algunos aspectos sobre la información y la estructura presentada en el Caso I. (Seleccione la opción que más se asemeja a su opinión)

Después de leer el caso I, ¿Cuál es su opinión sobre las siguientes preguntas relacionadas con la información presentada en el caso? *

Totalmente de acuerdo (5)
De acuerdo (4)
Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3)
En desacuerdo (2)
Muy en desacuerdo (1)

	5	4	3	2	1
La redacción es lo suficientemente clara y sencilla para entender la problemática	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
El caso plantea un conflicto que puede presentarse en la realidad	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
El caso es apto para evaluar el tema de las técnicas cromatográficas en la asignatura de química analítica	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La información del caso está bien estructurada:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Preguntas abiertas sobre el material de apoyo y mejoras de la actividad desarrollada en clase

¿Consultó algún otro material para analizar las propuestas del método a utilizar?
¿Cuál?

Tu respuesta _____

¿Qué puntos de mejora considera que se podrían implementar para mejorar la actividad en clase en cuanto a tiempos de ejecución, materiales de consulta, las rúbricas de evaluación y los criterios evaluados en ellas? *

Tu respuesta _____

Preguntas sobre la contribución de la actividad en el desempeño del alumno

Sobre la contribución de la actividad en los siguientes aspectos del desempeño para el alumno. (Seleccione la opción que más se asemeje a su opinión)

	5	4	3	2	1
El estudio de este caso facilitó la comprensión de las aplicaciones de las técnicas cromatográficas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La habilidad crítica se desarrolló de mejor forma que cuando suelo tener clases normales	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La habilidad de trabajo grupal se desarrolló de mejor manera que cuando tomo clases tradicionales	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
El estudio de este caso despertó la curiosidad en los estudiantes por investigar más sobre las técnicas cromatográficas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Preguntas abiertas sobre retroalimentación y puntos de mejora del caso

A continuación se presentan un par de preguntas abiertas sobre puntos de mejora para el Caso I:

Por favor conteste con la mayor sinceridad posible, ya que conocer su opinión permitirá incrementar la calidad del Caso I.

¿Qué piensa que se debe mejorar para que este caso sea de mayor utilidad tanto * para el profesor como para el estudiante en el proceso de enseñanza / aprendizaje de los temas abordados para las asignaturas de Química analítica?
¿Cuáles consideraría?

Tu respuesta _____

Por último se proporciona este espacio para externar algún comentario adicional.

Tu respuesta _____

Ejemplo de la encuesta de opinión realizada al grupo piloto

Los integrantes de la prueba piloto se designaron con base en los siguientes rubros:

- Ser alumno/egresado de la Facultad de Química
- Cursar materias del área de Química Analítica

La forma en la que se estableció la secuencia de preguntas se puede apreciar a continuación:

. Preguntas para obtención de datos de los estudiantes en la prueba piloto

The image shows a screenshot of a survey form with two distinct sections. The first section is titled 'Género' and contains three radio button options: 'Masculino', 'Femenino', and 'Otros: _____'. The second section is titled '¿Cuál es tu edad? Por favor selecciona la opción que corresponda a tu edad *' and contains six radio button options: '19', '20', '21', '22', '23', and 'Otros: _____'. The form is presented in a light gray border.

Preguntas para la obtención de datos de carrera y materias que cursa el encuestado

Selecciona la carrera que cursas o cursaste

Química Farmacéutica Biológica (QFB)

Química (Q)

Ingeniería Química (IQ)

Ingeniería Química de Materiales (IQM)

Química de Alimentos (QA)

Otros: _____

Selecciona tu condición: *

Estudiante

Egresado

Selecciona la materia que cursas

Elegir ▼

Preguntas sobre el trabajo previo en clase

Sobre las actividades previas en clase... (Por favor selecciona la opción que más se asemeje a tu opinión)

Totalmente de acuerdo (5)

De acuerdo (4)

Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3)

En desacuerdo (2)

Muy en desacuerdo (1)

	5	4	3	2	1
Fue ameno estudiar las técnicas cromatográficas pensando en esta aplicación	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
profesor(a) abordó de forma interesante la aplicación de las técnicas cromatográficas en la problemática del tráfico de drogas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Preguntas sobre la contribución de la actividad en aspectos de desempeño

A continuación se presentan una serie de preguntas para conocer tu opinión sobre la contribución de la actividad en los siguientes aspectos de tu desempeño. (Selecciona la opción que más se asemeja a tu opinión)

Totalmente de acuerdo (5)
De acuerdo (4)
Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3)
En desacuerdo (2)
Muy en desacuerdo (1)

	5	4	3	2	1
El estudio de este caso facilitó la comprensión de las aplicaciones de las técnicas cromatográficas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mi habilidad crítica se desarrolló de mejor forma que cuando suelo tener clases normales	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mi habilidad de trabajo grupal se desarrolló de mejor manera que cuando tomo clases tradicionales	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Preguntas sobre la actividad desarrollada en clase

En cuanto a la actividad (5: Totalmente de acuerdo, 4 (de acuerdo), 3 (Neutro), 2 (Parcialmente en desacuerdo), 1 (completamente en desacuerdo))

	5	4	3	2	1
El recurso de material de apoyo fue suficiente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Las preguntas de seguimiento ayudaron a llegar a la propuesta de solución	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
El Caso contiene la información suficiente para proponer una solución	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La rúbrica de la defensa oral del análisis del caso evalúa todo el esfuerzo puesto en la actividad	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Preguntas abiertas para obtener retroalimentación de la actividad y el material de apoyo

¿Consultaste algún otro material para presentar la propuesta del método a utilizar? ¿Cuál? *

Tu respuesta

Por favor da tu opinión general de la actividad resaltando lo que se puede mejorar.

Tu respuesta

Pregunta el uso del método del estudio de casos para aprender temas relacionados con la Química Analítica

Comentario final

Por favor responde las siguientes preguntas

Me gustaría recurrir al estudio de casos para aprender más temas relacionados con la Química Analítica. Por favor selecciona la opción que más se asemeje a tu opinión

Totalmente de acuerdo (5)
De acuerdo (4)
Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3)
En desacuerdo (2)
Muy en desacuerdo (1)

5
 4
 3
 2
 1

Con base a la respuesta anterior ¿Por qué seleccionaste esa opción?

Tu respuesta

Anexo B. Caso I

Texto del Caso

¡Felicitaciones! El joven Armando, egresado de la Facultad de Química acaba de encontrar un nuevo puesto de trabajo en el laboratorio del Instituto de Investigación en Ciencias de la Salud que trabaja al servicio de la Secretaría de Marina (SEMAR), específicamente en el área de análisis de estupefacientes.

Apenas han pasado unos meses desde que Armando se integró al Laboratorio, sin embargo, el día de hoy, el personal se encuentra inquieto ya que, al parecer, la SEMAR, en coordinación con la Aduana y con la ayuda de un binomio canino, ha encontrado algo sospechoso en un gran lote de productos de belleza, concretamente, cerca de ocho toneladas, con destino a Australia.

El personal de la SEMAR, ante la sospecha, ha ordenado al Laboratorio donde Armando trabaja, hacer un muestreo y un análisis de los productos de belleza a fin de terminar con cualquier sospecha de una sustancia ilegal. Desafortunadamente, por motivos legales, sólo se ha podido extraer la muestra representativa de los productos de belleza para muestreo, además, por ser épocas festivas, el personal en el laboratorio es escaso y solo ha quedado personal de reciente ingreso.

Por tal razón, Armando, junto con un pequeño equipo de trabajo, ha quedado a cargo de determinar los métodos analíticos con los cuales se harán las pruebas para determinar de qué sustancias se trata en la brevedad posible, ya que cada hora perdida representa un riesgo y una pérdida de dinero para el personal que trabaja en las instalaciones de la Aduana.

Al inspeccionar los productos de belleza, Armando y su equipo se encuentran con un producto en polvo y blanquecino, por lo que se decide hacer una prueba rápida para determinar el tipo de sustancia que podría ser, sí cocaína o heroína. Para esto, se efectuó por única vez el ensayo de Scott³, dando como resultado, positivo

³ El ensayo de Scott es una prueba de campo utilizada para la detección de sustancias ilícitas, comúnmente cocaína. Los resultados obtenidos no son más que indicios de la posible presencia de cocaína, por lo que

para cocaína (coloración azul), sin embargo, se deben hacer análisis adicionales ya que el equipo de trabajo debe confirmar y en dado caso, determinar qué otros componentes contiene la muestra.

Armando y su equipo se encuentran ante una amplia variedad de métodos analíticos para la confirmación y/o detección de los componentes adicionales con los que el estupefaciente alcaloide ha sido adulterado. Por un lado, el equipo recibió recientemente una capacitación para el uso de la técnica de análisis por Cromatografía de gases y espectrometría de masas (GC-MS), ya que suele ser la técnica más común en los laboratorios de análisis, es económica, tiene una alta sensibilidad y no se requiere que aislen las sustancias, sin embargo, un gran inconveniente de trabajo es que ninguno de los miembros del equipo tiene experiencia previa con el análisis de este tipo de sustancias, además, el principal obstáculo a vencer es el manejo de los datos. Se requieren herramientas que faciliten el manejo de un volumen considerable de información que genera la técnica, por lo que el equipo decide explorar otras técnicas de análisis.

Dos miembros de su equipo, han planteado que se efectúe el análisis por Cromatografía de capa delgada (TLC), la cual también es muy común para la separación e identificación de drogas, es económica, rápida y con alta sensibilidad, sin embargo, el equipo debe tomar en cuenta que al no ser un proceso automatizado, el error humano podría aumentar en comparación con otras técnicas analíticas, sus resultados son difíciles de reproducir y al operar en un sistema abierto, la temperatura y humedad podrían tener un impacto en los resultados, ante estos aspectos a considerar Armando no está del todo convencido de que, por esta ocasión, estos sean los métodos más adecuados para determinar la sustancia ya que el margen de tiempo y la presión por la obtención de los resultados es mayor. Armando nota que su equipo de trabajo

pueden darse falsos positivos. Para llevarlo a cabo se coloca una pequeña cantidad del material sospechoso (estado sólido) en un tubo de ensayo. Se añaden cinco gotas del reactivo 1 (tiocianato de cobalto con ácido acético y glicerina) y se agita el tubo, la posible presencia de cocaína se deduce por la coloración azul del precipitado y la solución. Se añade una gota del reactivo 2 (ácido clorhídrico concentrado) y se agita la mezcla durante algunos segundos, la solución azul debería volverse rosa. Por último, se añaden cinco gotas del reactivo 3 (cloroformo) y se agita. Si hay cocaína presente, la capa inferior del cloroformo se volverá de un intenso color azul y la capa superior se tornará rosa ((UNODC), 2012).

quiere imponer su proceso de trabajo pensando en que siempre se puede “improvisar sobre la marcha”, no obstante, él propone plantear otro método analítico que no requiera correr riesgos.

Armando propone que el análisis se haga mediante cromatografía de líquidos de alto rendimiento (CLAR), ya que tiene una alta precisión, no es destructiva, y una gran capacidad de detección, además, el tiempo de análisis por muestra no es mayor a 30 minutos, por último, el laboratorio cuenta con la infraestructura para llevarlo a cabo, y Armando está familiarizado con la técnica para el análisis de sustancias alcaloides, pero tendría que ayudar al resto del equipo para la preparación de las muestras.

La SEMAR requiere que los resultados se entreguen en un plazo máximo de 6 horas, por lo que es crucial tomar una decisión sobre el curso del análisis químico a seguir ¿Cuál consideras que es la mejor técnica analítica?

Preguntas de seguimiento para el análisis del caso (planeación docente)

- **¿Consideras que el ensayo presuntivo fue el adecuado? ¿por qué?**

Es importante recalcar en los alumnos que los ensayos presuntivos son procedimientos rápidos para facilitar la indicación de la presencia o ausencia de determinadas clases de drogas en la muestra. En el caso particular del ensayo de color o prueba Scott, es importante mencionar que este método es especialmente propenso a dar falsos resultados positivos; para considerar que un ensayo para la determinación de cocaína ha arrojado un resultado positivo, es necesario que se haya obtenido un resultado positivo en cada una de las etapas (3). Por otra parte, el ensayo de color se debe complementar con otras técnicas de análisis para confirmar los resultados. Como nota aclaratoria, son pocas las drogas sujetas o no a fiscalización, que producen una secuencia de color similar.

- **¿Existen otros métodos presuntivos en sustitución de la prueba de color efectuada?**

Algunos de los ensayos presuntivos que se pueden usar como alternativa al ensayo de color o ensayo de Scott son:

- **Ensayos del olor.** La cocaína es única de entre las drogas más consumidas ya que entre sus componentes se encuentra presente el éster benzoico. Aunque no se cuenta con ensayos de color para este grupo, los ésteres alquílicos más bajos del ácido benzoico poseen olores muy característicos que pueden detectarse incluso a bajas concentraciones. La transferencia benzoica de la cocaína desde la metilecgonina al metanol se consigue fácilmente en presencia de hidróxido de sodio o potasio metanólico seco. La evaporación del exceso de metanol deja un residuo que contiene benzoato metílico fácilmente identificable por su olor ((UNODC), 2012).

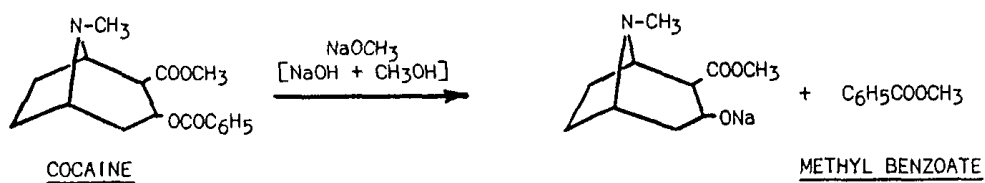


Figura B.1. Reacción química de la transferencia benzoica de la cocaína desde la metilecgonina al metanol. Fuente: Grant, Martin y Quackenbush (1975)

- **Ensayos de microcristales.** Son rápidos, sencillos y altamente sensibles para la identificación de sustancias. El ensayo consta de la formación de cristales a partir de la reacción de la muestra a identificar con un reactivo químico, seguido del análisis de los cristales obtenidos con un microscopio polarizador y la comparación de esta muestra con un material de referencia ((UNODC), 2012).
 - **Ensayo con cloruro de platino.** La cocaína forma agujas finas, largas y en forma de V con ramificaciones.
 - **Ensayo con cloruro de oro.** Se forman grupos de agujas finas dispuestas radialmente con ramificaciones perpendiculares a las agujas principales.
- **Ensayos de solubilidad.** Son de gran utilidad cuando se sospecha que el material ha sido cortado con alguna sustancia. El ensayo se lleva a cabo con una pequeña cantidad del material en agua y

etanol, ya que el clorhidrato de cocaína es soluble en agua y etanol, mientras que la cocaína base es soluble en etanol, pero casi insoluble en agua. El material insoluble puede filtrarse, secarse y someterse a otras técnicas de análisis ((UNODC), 2012).

- **Ensayos aniónicos.** Se recurre a las solubilidades en combinación con reacciones específicas, en las que los resultados se basan en la presencia o ausencia de un precipitado y su solubilidad ((UNODC), 2012).
 - **Ensayo del nitrato de plata.** El precipitado obtenido es blanco y de aspecto gelatinoso insoluble en ácido nítrico. Una vez lavado con agua, el precipitado es soluble en una solución de amoníaco.
 - **Ensayo del cloruro de bario.** El precipitado obtenido es blanco e insoluble en ácido clorhídrico.

En la Figura B.2 se resumen los distintos tipos de ensayos presuntivos.

- **Si estuvieras en el lugar de Armando ¿cómo establecerías la comunicación con tu equipo para la propuesta de soluciones?**

El objetivo principal de Armando debe ser el de establecer una comunicación efectiva, asumiendo un rol de liderazgo. Armando debe comunicar a todo su equipo cual es el principal reto, el tiempo del que disponen y posteriormente discutir en conjunto cuál es la técnica más adecuada y por qué, siempre con actitud de respeto y compañerismo. Una vez elegida la técnica, se debe establecer un plan de trabajo en donde se asignen responsabilidades y se establezca la comunicación en todo el equipo para tener un buen desempeño y efectuar un análisis de gran calidad.

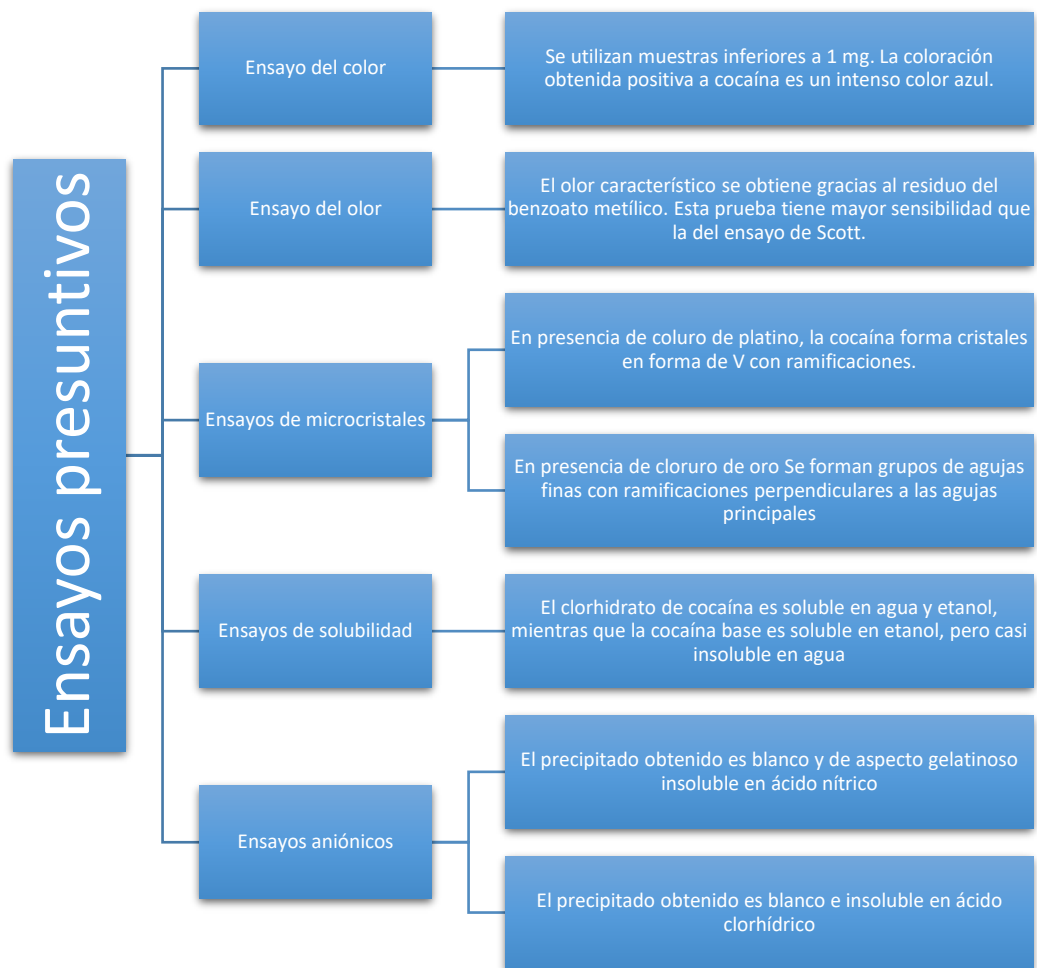


Figura B.2. Ensayos presuntivos: Fuente: elaboración propia. Referencias: UNOCD (2012)

• **¿Qué otras técnicas de análisis propondrías?**

Existen diversas técnicas de análisis que pueden emplearse para identificar la presencia de cocaína en una muestra. Por lo general suelen ser métodos cromatográficos, sin embargo, también existen técnicas de espectroscopía infrarroja y espectrofotometría ultravioleta.

- Cromatografía de gases (GC con detección de ionización de llama (GC-FID))
- Espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier
- Espectrofotometría ultravioleta (UV)
- Espectrometría vibracional

Una vez elegida la técnica:

Todas las técnicas mencionadas en el caso son aptas para llevar a cabo el análisis de la muestra, sin embargo, tomando en cuenta al contexto que envuelve al personaje, la técnica más apta para llevar a cabo la identificación positiva de la muestra, así como sus otros componentes, en combinación con otro método (en este caso el ensayo presuntivo de Scott), es la Cromatografía líquida de alto rendimiento (HPLC).

Esta técnica, además de la cromatografía de gases (GC), es frecuentemente utilizada en el análisis de drogas ya que no es una técnica destructiva, se caracteriza por su facilidad de preparación de las muestras (menos de 30 minutos por preparación de muestras), su reproducibilidad, la capacidad de detección, tener una alta precisión. Para el análisis puntual de cocaína se recomienda llevarla a cabo en su fase inversa.

Es importante tener en cuenta que el alumno siempre puede apoyarse en manuales certificados, ya que esto le ayudará a tener mayor información a la mano y le dotará de más elementos para poder discernir entre una y otra técnica.

- **¿Cómo empezarías a tratar las muestras?**

Debido a que solo se pueden introducir muestras líquidas en el sistema HPLC, es necesario aplicar un pre-tratamiento a las muestras para eliminar impurezas y/o disolver los analitos en un disolvente. Comúnmente suelen usarse tres técnicas para eliminar las impurezas, las cuales son la extracción, la filtración y la centrifugación (TOLEDO, S.F.).

En la Figura B.3 se presentan los puntos básicos para la preparación de las soluciones de cocaína patrón y de las muestras:

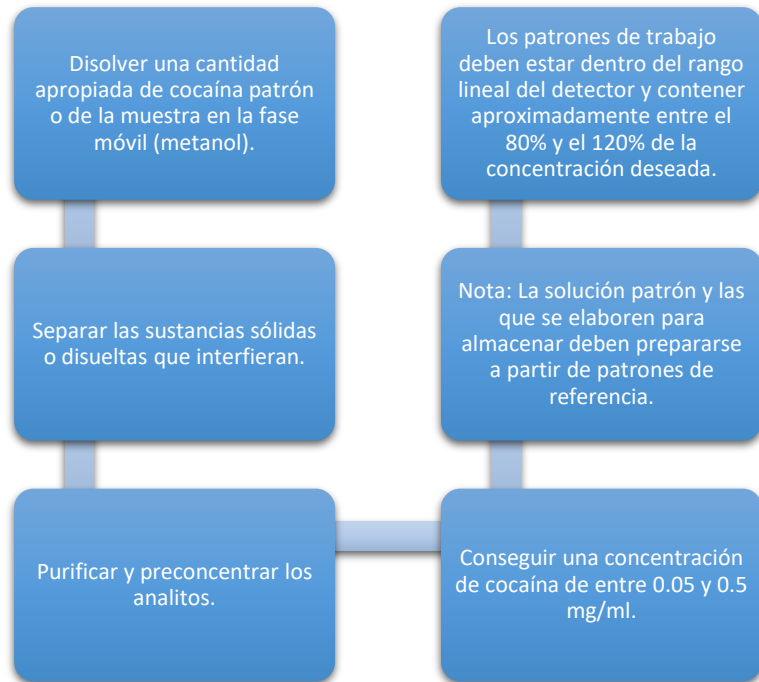


Figura B.3. Puntos básicos del proceso para preparar las muestras y la solución patrón de cocaína. Fuente: Elaboración propia. Recuperado de: UNOCD (2012) y Mettler Toledo.

Anexo C. Caso II

Mario se encuentra cursando su servicio social en la Secretaría de Agua de la Ciudad de México SACMEX, ahí, se encarga de apoyar en el análisis de muestras de agua de los diversos proyectos que se abren en SACMEX.

Recientemente, la SACMEX ha abierto un nuevo proyecto, en el cual, se quieren evaluar los componentes presentes en ríos aledaños a la Ciudad de México, concretamente, los posibles fármacos presentes en el agua, ya que se han observado comportamientos anormales en la fauna del río y de sus alrededores.

La técnica elegida para analizar las muestras con posibles fármacos es la de cromatografía de líquidos de ultra de alto rendimiento (UPLC) en combinación con Tándem MS/MS. Para ello, el equipo en donde se encuentra Mario, tiene las directrices de ir al sitio para tomar muestras de agua para análisis. Y el orden en el que sucedieron los hechos son los siguientes:

Mario y su equipo llegaron al río antes del mediodía, identificaron el punto de muestreo e identificaron las coordenadas geográficas, la profundidad del sitio en donde tomarán la muestra, midieron parámetros como temperatura, pH, conductividad, distancia de la orilla y anchura del río.

Mario ha seleccionado un recipiente de polietileno de 1 L para recoger la muestra, posteriormente se acerca al sitio y enjuaga el recipiente apenas una vez para cubrir las superficies internas. Posteriormente llena todo el recipiente introduciéndolo en el agua y lo tapa una vez que está fuera del agua. Mario no ha dejado aire atrapado en el interior.

Una vez tomada la muestra, Mario etiqueta el recipiente para su identificación. El proceso se repitió tres veces más.

Una vez terminado el muestreo, el siguiente paso es preparar las muestras para su transportación. El equipo de trabajo pone a disposición de Mario hieleras y las muestras se introducen junto con pequeños geles refrigerantes, pero la temperatura dentro de la hielera no fue medida, por lo que no se puede asegurar

cuál fue la temperatura a la cual se mantuvieron las muestras, y pasaron tres horas hasta que las muestras llegaron al laboratorio para su análisis.

Ahora tú en el laboratorio has recibido dichas muestras y eres el responsable de analizarlas para preparar el informe correspondiente. Teniendo toda esta información a tu alcance, crees que por la forma en la que fueron recolectadas las muestras ¿los resultados obtenidos en el laboratorio serán confiables?

Preguntas de seguimiento para el análisis del caso (planeación docente)

1. ¿Notas inconsistencias en la forma en la que fueron tomadas las muestras?

Sí, se notan las siguientes inconsistencias:

- El recipiente sólo se enjuagó una vez y se recomienda hacerlo por lo menos tres veces para cubrir todas las superficies internas, es decir homogeneizar las paredes del recipiente y evitar anomalías en los resultados.
- El recipiente se tapó fuera del agua
- La temperatura dentro de la hielera no fue monitoreada en todo el trayecto
- El tiempo que transcurrió desde que se tomaron las muestras hasta que llegaron al laboratorio para el análisis
- No se sabe si la muestra se tomó a un nivel superficial, lo cual sería erróneo acorde al proyecto de norma.

2. ¿Qué tipos de envases pueden emplearse para almacenar las muestras?

- Para análisis bacteriológico: frascos de vidrio de boca ancha o de polipropileno.
- Para análisis físico-químico: envases de plástico o vidrio inertes con tapones del mismo material.

3. ¿El envase elegido por Mario fue una buena opción o pudo haber usado otro recipiente de otro material?

Las muestras, al ser obtenidas para un análisis físico-químico, y siendo el polietileno o polimetileno el más simple de los polímeros y uno de los materiales plásticos de fabricación más económica, Mario acertó al usar un envase de este tipo, aunque una opción alterna pudo haber sido usar un envase de vidrio.

4. ¿La preparación (enjuague) del recipiente para tomar la muestra fue la adecuada?

No. El envase debe enjuagarse de dos a tres veces con el agua del sitio de muestreo introduciéndolo en el agua superficial, de esta forma se asegura que el envase quede con todas sus paredes permeadas y los errores en el análisis disminuyan.

5. Por la forma en la que la muestra fue recolectada ¿a qué tipo de análisis crees que corresponde?

La toma de muestra corresponde a un análisis físico-químico.

6. ¿La técnica de recolección de las muestras fue adecuada?

No del todo, ya que, aunque el equipo identificó correctamente los parámetros geográficos, de profundidad del sitio, temperatura, pH, conductividad, distancia de la orilla y anchura del río, no se dejó aire dentro del recipiente, hubo algunas inconsistencias en los siguientes aspectos:

- Mario se acercó al sitio y no enjuagó el recipiente o envase las veces necesarias (de dos a tres veces).
- No se especificó si el recipiente se introdujo a una profundidad determinada, es decir, al menos a 25 cm de la superficie. Suponiendo que la muestra se haya tomado en la superficie, esto supondría un error en la técnica de muestreo.
- El recipiente se tapó estando fuera del agua, esto podría contribuir a la contaminación de la muestra o a disminuir su calidad.
- La temperatura de la hielera no fue medida en ningún momento, por lo que es probable que algunos parámetros se hayan modificado (nitratos, nitritos, entre otros) debido al calor y la proliferación microbiana.

- Pasó mucho tiempo desde que la muestra fue tomada hasta que llegó al laboratorio para su análisis sin estar correctamente refrigerada.

7. ¿Qué datos mínimos piensas que deben incluirse en el etiquetado de las muestras para su identificación? ¿Y para este caso en específico?

Etiqueta rotulada al recipiente que incluya:

- Nombre del muestreador
- Solicitante
- Fecha de la toma
- Lugar de procedencia
- Tipo de análisis requerido
- Fuente de provisión
- Profundidad
- Detalles relevantes para la identificación de la muestra

8. ¿Qué consideraciones se deben tomar para el transporte de este tipo de muestras?

- El almacenamiento en los recipientes para transporte se debe hacer de tal forma que se evite la contaminación cruzada de muestras mediante separación por embalajes.
- Todas las muestras deben ser almacenadas en la oscuridad.
- Las muestras deben ser refrigeradas en todo momento con una temperatura controlada.
- Las muestras que no puedan ser enviadas al laboratorio para análisis dentro de un día deben ser estabilizadas de acuerdo a las recomendaciones de la ISO 5667-3. Si se elige una técnica de transportación se debe indicar al laboratorio cuál se usó.
- Todos los pasos de preservación deben ser registrados en un reporte y la temperatura de almacenamiento medida y registrada.

9. ¿Crees que existe cierta probabilidad de que las muestras estén contaminadas?

Sí, ya que después de leer cuidadosamente el caso, se pueden encontrar bastantes errores en la técnica de muestreo y transportación que

desgraciadamente podrían disminuir la calidad de las muestras y, por otro lado, dar pie a una posible contaminación. Por lo que, en conclusión, es altamente probable que estas muestras estén contaminadas.

Anexo D. Caso III

Se acerca una edición más del Tour de Francia, el tercer evento deportivo más grande del mundo después del mundial de fútbol. Este año, los reglamentos impuestos por la Agencia Antidopaje de los Estados Unidos (USADA) y la Unión Ciclista Internacional (UCI) para muestreo y análisis bioquímico a los que los deportistas se enfrentarán, son más restrictivos y buscan innovar la parte de pruebas analíticas para la identificación de sustancias prohibidas como: niveles anormales de hormonas como eritropoyetina (EPO), testosterona, hormona de crecimiento y cortisona.

Es bien sabido que los rumores y escándalo por dopaje siempre han existido en el mundo del ciclismo, ya que, al ser un deporte de alta exigencia, algunos ciclistas se han visto involucrados en la administración de sustancias para obtener mejoras significativas en el rendimiento y la aceleración de la recuperación física, sin embargo, estas acciones son de gran riesgo para el deportista, ya que podrían encaminar a muertes prematuras o súbitas por infartos, trombosis, etc. Es por esta razón que la UCI se ha propuesto como objetivo la protección de la salud de los deportistas antes que la persecución del dopaje. Por lo tanto, para esta edición se llevarán a cabo análisis de sangre aleatorios y en algunos casos de forma sorpresa. Tú perteneces al equipo de trabajo de directores científicos encargado de seleccionar las técnicas analíticas a emplear. En una de las últimas juntas se ha presentado la siguiente información:

El método predilecto para analizar esteroides⁴ de múltiples componentes desde hace 30 años es la cromatografía⁵ de gases acoplada a la espectrometría⁶ de masas (GC/MS) gracias a su indiscutible capacidad de separación, la rápida identificación en el espectrómetro de masas, así como la caracterización de compuestos nuevos, aunque existen desafíos cuando en la muestra se encuentran metabolitos resistentes a la modificación química o derivatización y no hidrolizables enzimáticamente. Además, requiere de altas temperaturas para analizar las muestras. A menudo es necesario modificar químicamente, (derivatizar) los analitos antes de inyectarlos en el cromatógrafo de gases.

Aunque la técnica GC-MS se ha afianzado como la técnica analítica predilecta, se están proponiendo técnicas que sean más sencillas y con tiempos de análisis más cortos.

A diferencia de la GC-MS, la espectrometría de masas GC-tandem (GC-MS/MS) es una técnica relativamente nueva que aún no ha sido ampliamente utilizada. El potencial de la GC-MS/MS podría residir en su capacidad para descubrir y caracterizar nuevos esteroides y biomarcadores de esteroides.

La combinación de la MS con métodos de separación como la GC o la cromatografía de líquidos (LC) da lugar a las denominadas “técnicas combinadas”. La combinación de las técnicas permite la determinación simultánea de una multitud de analitos en un solo ciclo.

En contraste a la GC-MS, en la que los compuestos suelen requerir ionización, la mayoría de los compuestos analizados por cromatografía de líquidos con espectroscopia de masas (LC-MS) ya son iones cargados en fase líquida. Sin

⁴ Los esteroides son moléculas pequeñas. Sin embargo, son esenciales para prácticamente todas las formas de vida. Por un lado, son indispensables para la formación de estructuras celulares. Por otro lado, pueden actuar como moléculas de señalización sistémicas o locales (hormonas, factores reguladores paracrinos o intracrinos), constituyendo un elaborado y muy importante sistema de transferencia de información.

⁵ La cromatografía solamente proporciona información parcial sobre la naturaleza de los compuestos que se pretende analizar, tales como polaridad del compuesto y tiempo de retención específico, es por ello que se necesita de una técnica de identificación adicional para caracterizar correctamente la mezcla.

⁶ Debido a su versatilidad y especificidad, la espectrometría de masas (EM) es el método principal para la detección y cuantificación, ya que permite un análisis de alta gama de compuestos con una especificidad y selectividad excelentes.

embargo, los iones de la fase líquida deben aislarse del disolvente para formar iones en fase gaseosa. El acoplamiento entre la LC y la MS es la restricción más difícil de la técnica, ya que no todos los disolventes ni todos los analitos son óptimos para la formación de iones en fase gaseosa. Mientras tanto, se han desarrollado métodos LC-MS para casi todas las clases de esteroides. Actualmente, para esta técnica se dispone de métodos para el análisis de todas las hormonas esteroideas clásicas en adultos que comprenden glucocorticoides, progestágenos andrógenos, estrógenos y mineralocorticoides. Además, se han desarrollado métodos para vitamina D. Como punto destacable, esta técnica es de gran ayuda en el análisis del dopaje, ya que se pueden determinar esteroides bastante inusuales en el pelo, la saliva o el líquido folicular. La técnica LC-MS es la más adecuada para determinar esteroides conjugados, ya que permite el análisis de la molécula intacta. Otro punto a favor es que los tiempos de ejecución instrumentales son cortos, la preparación de la muestra es sencilla y breve, la técnica es capaz de analizar moléculas complejas intactas como esteroides sulfatados o glucurónidos, por lo que esto lo convierte en un método de alto rendimiento. Sin embargo, la técnica requiere un gran dominio tanto de cromatografía líquida como de la espectrometría de masas y su resolución cromatográfica es muy inferior a la de la cromatografía de gases.

Como punto adicional, es necesario prever que un análisis fiable de esteroides en medicina y en investigación es una "condición sine qua non"⁷ en lo que respecta a las implicaciones para el paciente o la validez de los datos científicos.

Una vez presentada la información, tanto tú, como el resto de tu equipo se estará preguntando ¿Qué técnica se debería elegir para el análisis de esteroides?

Preguntas de seguimiento para el análisis del caso (planeación docente)

- **¿Podrían combinarse técnicas o usarse de forma complementaria?**

Sí, ya que, aunque la técnica de LC-MS es relativamente novedosa por su adecuación para analizar esteroides complejos y amplio desarrollo en el

⁷ Expresión latina que significa 'sin la cual no' y se aplica a una condición que necesariamente ha de cumplirse o es indispensable para que suceda o se cumpla algo.

análisis de todas las hormonas esteroideas, el análisis de muestras se ejecuta a mayor velocidad y con más sencillez que la técnica de GC-MS (la técnica más usada), tiene disponibilidad limitada de estándares internos para esteroides más complejos, sumado a una menor resolución en comparación con la GC, derivando en una seria reducción de la especificidad de técnica. Por otra parte, la GC-MS puede determinar esteroides mediante enfoques selectivos y no selectivos con la máxima especificidad y una alta caracterización, por lo que, de acuerdo con la literatura científica consultada, la mejor opción y la más recomendable es combinarlas.

• **¿Cuáles son las ventajas y desventajas de cada par de técnicas complementarias?**

Para la GC-MS:

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Ofrece la mejor resolución de todas las técnicas de separación. • Determinación de esteroides mediante enfoques selectivos y no selectivos • Máxima especificidad • Alta caracterización de compuestos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere de altas temperaturas, es necesario vaporizar los analitos sin descomponerlos • Procedimiento más elaborado • Requiere de mayor tiempo para el análisis de muestras

Para la LC-MS:

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Presencia de iones en fase líquida • Dispone de métodos para todas las hormonas esteroideas clásicas • Útil en la determinación de esteroides en muestras de pelo, saliva o el líquido folicular • Permite el análisis de las moléculas intactas • Tiempos de ejecución instrumental muy cortos • La preparación de la muestra es sencilla y breve • Permite un alto grado de automatización con la preparación de muestras 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere tener personal altamente capacitado y con conocimientos sólidos para analizar los resultados • Disponibilidad limitada de los estándares internos para esteroides complejos. • Baja resolución cromatográfica

- **¿Qué propondrías como alternativa de solución?**

Que el equipo opte por combinar las técnicas de LC-MS y GC-MS para obtener la mayor cantidad de información posible, así como confiabilidad en los resultados.

Otra alternativa de solución es optar por mantener la técnica de análisis de GC-MS para el análisis de las muestras, ya que, aunque no es el método más novedoso, es de los más desarrollados y utilizados en el mercado, por lo que la posibilidad de encontrar personal capacitado para tomar la muestra, analizarla en el equipo correspondiente e interpretar los resultados es más alta que si se opta por usar una sola técnica, en este caso, LC-MS.

Anexo E. Caso IV

Después de los recientes y numerosos escándalos sobre falsificaciones de alto nivel en obras de arte, una prestigiosa galería de arte está preocupada por la autenticidad de algunas de sus obras, ante esta situación, se mandó a llamar a un equipo de expertos y científicos para empezar las pruebas de análisis.

La primera obra en cuestión es Village Scene with Horse and Honn & Company Factory firmada por Sarah Honn con fecha del 05 de mayo de 1886, la cual se puede apreciar en la Figura E.1.

Para la parte analítica, se estableció que debido a que se deben realizar técnicas analíticas complementarias, el equipo de expertos en el laboratorio se separó en dos sub equipos, el primer equipo analiza la obra usando rayos-x para observar los componentes originales de la obra, estado de conservación, calidad de la técnica o si la obra ha sido manipulada por personas ajenas al autor. El otro sub-equipo plantea usar la técnica de espectroscopía Raman, que es ampliamente usada para el análisis de la composición química de pigmentos.

Por último, decidieron complementar el análisis usando una técnica invasiva, espectroscopia por infrarrojo, utilizada para analizar más a fondo los componentes de los pigmentos, barnices, y ver si éstos efectivamente corresponden a los que eran usados al momento en que la autora elaboró la obra.

Los resultados fueron los siguientes:



Figura E.1. Village Scene with Horse and Honn & Company Factory. Fuente: Cortesía del Buffalo State College. Referencia: (What's Wrong with this Picture? The Technical Analysis of a Known Forgery) .

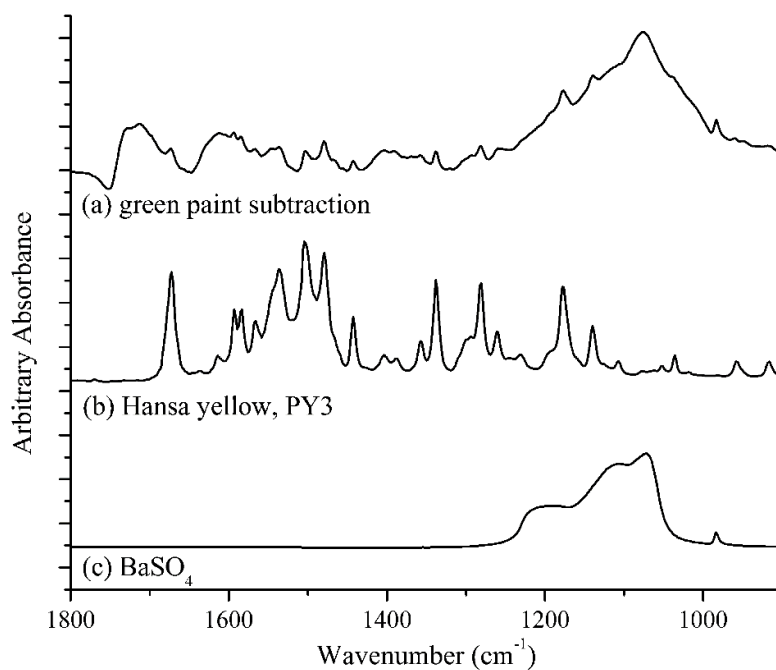


Figura E.2. Espectro infrarrojo (FTIR) de los compuestos analizados en la obra Village Scene with Horse and Honn & Company Factory. Fuente: (What's Wrong with this Picture? The Technical Analysis of a Known Forgery)

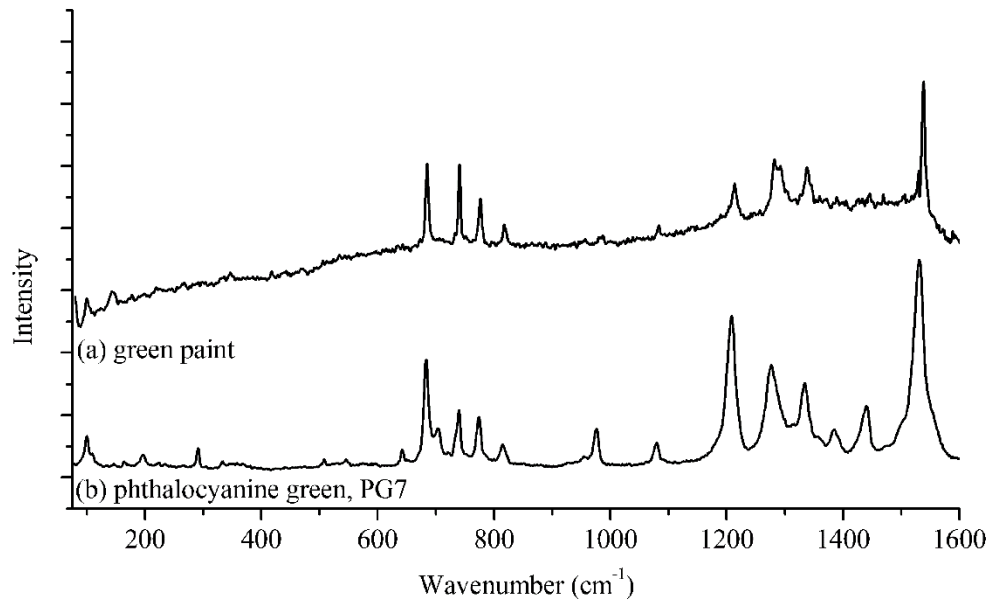


Figura E.3. Resultados de la espectroscopia Raman para la pintura con pigmento verde.
Fuente: (*What's Wrong with this Picture? The Technical Analysis of a Known Forgery*).

Sobre el pigmento usado para el color verde en la obra, una búsqueda en la biblioteca espectral dio como resultado una coincidencia de alta calidad con el espectro de Amarillo Hansa, PY3. La primera prueba de espectroscopía se muestra en la Figura E.2. El espectro del colorante puro se muestra en la Figura E.3. Debido a su gran poder tintóreo, este pigmento amarillo de color intenso se mezcla a menudo con un relleno de sulfato de bario (BaSO₄). Mediante una combinación de análisis FTIR y Raman, la pintura verde utilizada para el paisaje parece ser una mezcla de verde de ftalocianina y amarillo Hansa.

Ahora que tienes los resultados preliminares, debes interpretarlos y emitir un informe para ayudar a los expertos con el análisis superficial y el otro sub equipo que está trabajando con las técnicas no invasivas.

¿Qué puedes concluir, consideras que las técnicas de análisis de laboratorio fueron suficientes y complementaron el análisis superficial (técnicas de pincelada, contexto histórico, entre otros) de los expertos para emitir un resultado que avaló la veracidad o falsificación de la obra?

Preguntas de seguimiento (Planeación docente)

1. ¿En qué año o época fueron empleados por primera vez los pigmentos obtenidos en el caso?

- El pigmento Amarillo Hansa PY3 es un pigmento obtenido a través del alquitrán. Éste y sus derivados se elaboran a través de acetoacetanilida, por lo que son compuestos orgánicos. Este pigmento se empleó por primera vez en Alemania a partir de 1911 como una marca registrada de Hoechst AG, estuvieron disponibles para uso artístico a partir de 1915.
- El pigmento verde de ftalocianina se introdujo en el mercado en 1938 y es un pigmento sintético y orgánico del grupo de colorantes de ftalocianina. Antes de su invención, los únicos verdes capaces de igualar el brillo eran los verdes esmeraldas que eran opacos, dañinos y mucho menos permanentes.

2. Con las pruebas de los estudios Raman y FTIR, ¿qué podrías concluir sobre la obra?

De acuerdo con el análisis de las muestras, la datación de los pigmentos utilizados y las pruebas por métodos espectroscópicos, se obtuvo que los pigmentos empleados se introdujeron al mercado al menos 50 años después de la época de creación de la obra, por lo que, al no haber similitudes en ese aspecto, se concluye que la obra de arte es una falsificación.

3. ¿Qué factores o elementos presentes en la obra consideras que se deben tomar en cuenta al decidir emplear una u otra técnica de análisis?

Es importante mencionar que la selección de las técnicas analíticas de análisis es única para cada obra, ya que debe adaptarse a las particularidades del bien y la información que se necesite obtener, aunado a esto, se debe tener presente que todo proceso de análisis debe seguir una secuencia de técnicas y procesos seleccionados, esto permitirá analizar si la información obtenida es suficiente y complementaria, o en caso contrario, si se necesita añadir una técnica y el proceso se optimice (Gómez M. A., 2021).

Algunos aspectos a tomar en cuenta son:

- El estado de conservación de la obra
- El grado de degradación
- El tamaño de la obra

4. ¿Qué otra información podríamos obtener de la obra con las técnicas que se están utilizando?

Técnica	Información obtenida
Rayos X	<ul style="list-style-type: none">• Estructura interna de la obra, permite detectar tanto los elementos que la componen como los añadidos, deterioros y manipulaciones.• Determinación del estado material: solidez estructural, elementos añadidos o perdidos, degradaciones, intervenciones o manipulaciones ajenas al autor• Técnica del pintor, cambios en la composición, modificaciones hechas por el propio artista• Autenticidad de la obra, correspondencia con su época, falsificaciones.• Tipo de pinceladas, métodos de aplicación del pincel o espátula y las características materiales de los componentes.
Rayos Ultravioleta (UV)	<ul style="list-style-type: none">• Útil para la detección de repintes a intervenciones anteriores• Observar el envejecimiento de barnices, su distribución y espesor• Reconocimiento de algunos pigmentos• Ataques biológicos, suciedad.• Métodos de aplicación del barniz
Reflectografía infrarroja (R.I.R)	<ul style="list-style-type: none">• Permite detectar dibujos subyacentes para detectar firmas, inscripciones y deterioros ocultos por barnices envejecidos intencionalmente mediante repintes• Registra transformaciones en la pintura• Restituye la legibilidad de los textos

5. ¿Consideras que el uso de técnicas invasivas y no invasivas en el caso fue una decisión acertada o se pudo haber prescindido de alguna de ellas?

Fue una decisión acertada, de hecho, la más recomendable, ya que, aunque las técnicas invasivas son relativamente nuevas y han tenido un gran desarrollo en su tecnología, algunos impedimentos yacen en que a veces proporcionan información parcial, con una interpretación que podría ser complicada y su análisis a veces puede requerir tomar más tiempo. Sin

embargo, son de gran ayuda para que, al momento de tomar micro-muestras en una técnica invasiva, estas sean tomadas con un objetivo más claro de la información que se necesita obtener, puedan ser representativas y la obra bajo cuestión reciba el menor daño posible.

Por último, lo más recomendable para la intervención de obras es priorizar el uso de técnicas no invasivas in situ y optimizar el mapa analítico de tal forma que las técnicas invasivas sean las menos para obtener información puntual y de esta forma se pueda tener información lo más completa posible (Gómez M. A., 2021; Sgamellotti, 2017).

Anexo F. Rúbrica de evaluación para los casos de estudio

Sección I. Evaluación del informe del estudio del caso

Criterio	4. Excelente	3. Satisfactorio	2. Puede mejorar	1. Malo
Estructura del informe	Respeta la estructura del informe y cada sección de éste contiene la información pertinente, no contiene faltas de ortografía.	Respeta la estructura del informe y la mayoría de las secciones contienen la información pertinente, tiene dos faltas de ortografía.	No respeta la estructura del informe y omite alguna sección o no contienen la información pertinente, tiene tres a cinco faltas de ortografía.	No respeta la estructura del informe y omite varias secciones de éste o no contiene la información solicitada, presenta más de seis faltas de ortografía.
Análisis de la problemática y solución planteada	Analiza el caso desde varios puntos de vista, investiga sobre las técnicas de análisis empleadas y da argumentos bien fundamentados para defender su postura.	Analiza el caso desde algunos puntos de vista, investiga sobre la mayoría de las técnicas de análisis empleadas y da argumentos generalmente bien fundamentados para defender su postura.	Analiza de forma deficiente el caso desde un solo punto de vista, investiga sobre alguna de las técnicas de análisis empleadas y da argumentos poco fundamentados para defender su postura.	No analiza el caso, tampoco investiga sobre las técnicas de análisis empleadas y no da argumentos fundamentados en información, sino en anécdotas para defender su postura.
Bibliografía utilizada	Hace uso de fuentes confiables y cita correctamente todas las referencias en formato APA.	En su mayoría hace uso de fuentes confiables y consulta otras fuentes de sitios con poca confiabilidad. Cita correctamente la mayoría de las referencias en formato APA	Hace uso de pocas fuentes confiables y consulta en su mayoría otras fuentes de sitios con poca confiabilidad. Cita correctamente algunas de las referencias en formato APA	Solo hace uso de otras fuentes de sitios con poca confiabilidad y no cita correctamente las referencias.
Preguntas de seguimiento	Contesta con precisión todas las preguntas de seguimiento planteadas.	Contesta con precisión la mayoría de las preguntas de seguimiento planteadas.	Contesta con precisión algunas de las preguntas de seguimiento planteadas.	No contesta las preguntas de seguimiento planteadas.

Sección II. *Habilidades empleadas a nivel grupal*

Criterio	4. Excelente	3. Satisfactorio	2. Puede mejorar	1. Malo
El grupo participa con interés	Realizan aportaciones constantes, relacionan el planteamiento de sus compañeros, comparten su análisis con el resto del grupo, enriquecen el diálogo y permiten la formación de nuevos conceptos. Formulan preguntas pertinentes al tema.	Casi siempre realizan aportaciones, relacionan el planteamiento de sus compañeros, comparten su análisis con el resto del grupo, la mayoría de las participaciones enriquecen el diálogo y permiten la formación de nuevos conceptos. Formulan algunas preguntas pertinentes al tema.	A veces realizan aportaciones, intentan relacionar el planteamiento de sus compañeros, comparten su análisis con el resto del grupo, fundamentan algunas de sus participaciones, enriquecen el diálogo y permiten la formación de nuevos conceptos. Formulan pocas preguntas pertinentes al tema.	Las aportaciones suelen ser anécdotas, no relacionan o no escuchan el planteamiento de sus compañeros, comparten un análisis superficial con el resto del grupo, no enriquecen el diálogo para formar nuevos conceptos. No formulan preguntas pertinentes al tema.
Se respetan las opiniones de otros equipos	Siempre están atentos y abiertos a las opiniones y argumentos de sus compañeros. Demuestran respeto hacia su profesor y compañeros.	Casi siempre están atentos y abiertos a las opiniones y argumentos de sus compañeros. Casi siempre demuestran respeto hacia su profesor y compañeros.	Algunas veces están atentos y abiertos a las opiniones y argumentos de sus compañeros. Pocas veces demuestran respeto hacia su profesor y compañeros.	No están atentos ni abiertos a las opiniones y argumentos de sus compañeros. No demuestran respeto hacia su profesor y compañeros.
Interés y compromiso por aumentar el dominio de las técnicas.	Los integrantes del grupo investigan información adicional sobre las técnicas analíticas, los procesos descritos o situaciones particulares de las técnicas analíticas que le hayan generado interés.	Los integrantes del grupo investigan información adicional sobre las técnicas analíticas, los procesos descritos o alguna situación particular del caso que les haya generado interés.	Los integrantes del grupo investigan algunos datos curiosos sobre las técnicas analíticas, los procesos descritos o una situación puntual que les haya generado interés.	Los integrantes del grupo no investigan información adicional sobre las técnicas analíticas o los procesos descritos. No hubo ninguna situación particular que les haya generado interés.
Capacidad de análisis y uso del lenguaje	Expresan ideas con total claridad y fluidez, argumentan en profundidad. Son concisos y no hacen uso de muletillas.	Expresan ideas con suficiente claridad y fluidez, argumentan en ocasiones a profundidad. Generalmente son concisos y pocas veces hacen uso de muletillas.	Expresan ideas con poca claridad y fluidez, argumentan superficialmente. Son poco concisos y frecuentemente hacen uso de muletillas.	No expresan ideas con claridad ni fluidez, no argumentan. No son concisos y hacen gran uso de muletillas.

Sección II. *Habilidades empleadas a nivel grupal (continuación)*

Criterio	4. Excelente	3. Satisfactorio	2. Puede mejorar	1. Malo
Desarrollo del tema	Se desempeñan de forma excelente durante el trabajo en equipo. Al hablar usan un vocabulario apropiado y lenguaje técnico, muestran un excelente dominio del tema.	Se desempeñan bien la mayoría del tiempo durante el trabajo en equipo. Al hablar, la mayoría de las veces usan un vocabulario apropiado y lenguaje técnico. Así como un buen dominio del tema.	Se desempeñan con dificultad durante el trabajo en equipo. Al hablar, pocas veces usan un vocabulario apropiado y lenguaje técnico. Así como un dominio del tema deficiente.	No se desempeñan bien durante el trabajo en equipo. Al hablar, no usan un vocabulario apropiado y no emplean el lenguaje técnico. No tienen dominio del tema.
Estudió para la clase	A partir de la información consultada extra clase los alumnos establecen relaciones entre el conocimiento generado y las otras participaciones en clase. Demuestran creatividad en sus ideas.	A partir de la información consultada extra clase los alumnos establecen algunas relaciones entre el conocimiento generado y las otras participaciones en clase. Demuestran creatividad en la mayoría de sus ideas.	Hubo poca información consultada extra clase, los alumnos establecen pocas relaciones entre el conocimiento generado y las otras participaciones en clase. Demuestran poca creatividad en sus ideas.	No consultó información extra clase, los alumnos no establecen relaciones entre el conocimiento generado y las otras participaciones en clase. No demuestran creatividad en sus ideas.