

APRENDIZAJE BASADO EN SERVICIO EN EL LABORATORIO DE ANÁLISIS
QUÍMICO INSTRUMENTAL: UN ESTUDIO DE CASO

Disertación presentada al
Departamento de Estudios Graduados
Facultad de Educación
Universidad de Puerto Rico
Recinto de Río Piedras
como requisito parcial para
obtener el grado de Doctor en Educación

Por
Uriel Rivera González
© Derechos reservados, 2022

Disertación presentada como requisito parcial
para obtener el grado de Doctor en Educación

**APRENDIZAJE BASADO EN SERVICIO EN EL LABORATORIO DE ANÁLISIS
QUÍMICO INSTRUMENTAL: UN ESTUDIO DE CASO**

URIEL RIVERA GONZÁLEZ

(M.S., Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras, 2016)

(B.S., Pontificia Universidad Católica de Puerto Rico, 2011)

Aprobada el 15 de noviembre de 2022 por el Comité de Disertación:

Reinaldo Berríos Rivera, Ed. D.

Director de Disertación

Noel Motta Cruz, Ph. D.

Miembro del Comité

Joseph Carroll Miranda, Ph. D.

Miembro del Comité

DEDICATORIA

Todos los días confirmo que estoy en la profesión para la que nací. Una profesión que, aunque retadora, me permite contribuir al desarrollo de los/as futuros/as profesionales de mi país. Un servicio que hago responsablemente con amor y mucho orgullo.

Sin duda, esta vocación fue moldeada por grandes figuras que, desde mi niñez hasta hoy día, me sirven de ejemplo e inspiración. Son personas que me ayudaron a escribir bonito, a destacarme en las olimpiadas de matemáticas, a sentir valentía para participar en certámenes de oratoria, a desarrollar actitudes de liderazgo, a cultivar mi creatividad, a ver la importancia de las ciencias y, más que eso, sembraron el interés por mejorar la sociedad a través del servicio.

Por esta razón, dedico este esfuerzo a mis maestros/as y profesores/as quienes supieron impregnar un deseo genuino de contribuir a la sociedad a través de la docencia.

Sin embargo, reconozco que, desde el momento de mi nacimiento, hay dos personas que, no solo me apoyan y están presente en toda mi carrera, también son mis mejores maestros: mis padres. A ellos, también, dedico este proyecto. Mi padre, Uriel Rivera Rivera, quien me enseñó a ser disciplinado y responsable con mi trabajo, a preocuparme por los demás y valorar la acción de dar. Mi madre, Daisy González Ortiz, de quien heredé hacer las cosas con pasión y entrega, y con quien comparto el don de enseñar.

RECONOCIMIENTOS

“En cuestiones de cultura y de saber, sólo se pierde lo que se guarda; sólo se gana lo que se da.” -A. Machado

El cumplimiento de esta disertación es producto de un esfuerzo y una determinación consistente. Un esfuerzo personal que fue complementado con el apoyo de varias personas que contribuyeron a darle forma a una idea que se convirtió en una realidad. Por otro lado, una determinación fundamentada en la motivación de personas que siempre están y me ayudan cuando el trayecto se pone difícil.

Primero, quiero reconocer que un elemento clave fue la disposición de los/as participantes de este estudio. Fue notable cómo los/as estudiantes y el profesor del curso se motivaron con el proyecto, haciéndolo más llevadero. Gracias por las horas adicionales que requirió la implementación del proyecto, por el interés demostrado en todas las etapas de este, por hacerlo también suyo y por compartir conmigo sus experiencias.

Segundo, reconozco el gesto del Dr. Joseph Carroll Miranda y el Dr. Noel Motta Cruz de pertenecer a mi comité de disertación. Agradezco las contribuciones en el desarrollo del proyecto, por compartir conmigo sus consejos y conocimientos en torno a la Educación y Química Analítica. Valoro mucho sus aportaciones.

En especial, quiero expresar mi sincera gratitud al Dr. Reinaldo Berríos Rivera quien me dirigió durante todo este proceso. Reconozco que el aprendizaje que me llevo y que pude aplicar en este proyecto en torno a la investigación cualitativa fue gracias a su aportación. Gracias por creer en mí y dirigir este proyecto de disertación de una forma agradable, pero a la vez impartiendo la rigurosidad que amerita el proceso investigativo.

Quiero agradecer, también, a la Dra. Liz Díaz Vázquez, directora del Departamento de Química, por apoyar el proyecto. Gracias por creer en mis ideas y permitirme desarrollarlas.

Por último, reconozco que sin las risas y consejos de mis familiares y amigos/as este proyecto no iba a ser posible. Gracias por motivarme todos los días a seguir creciendo y servir de inspiración.

¡Gracias a todos!

RESUMEN DE LA DISERTACIÓN

APRENDIZAJE BASADO EN SERVICIO EN EL LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO INSTRUMENTAL: UN ESTUDIO DE CASO

Por: Uriel Rivera González

Director de la Disertación: Dr. Reinaldo Berríos Rivera

La enseñanza de la Química en el contexto de la educación superior es un reto tanto para el/la educador/a que la enseña, como para el/la estudiante que la aprende. Por un lado, la naturaleza abstracta de muchos conceptos y la utilización del lenguaje químico matemático dificulta su estudio. Además, prevalecen unos estilos de enseñanza que no proyectan la naturaleza inquisitiva de las ciencias, no destacan su importancia en la sociedad y son distantes a la forma en que los/as estudiantes aprenden.

Para atender esta discordancia entre los estilos de enseñanza y las formas de aprendizaje en el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental, particularmente, se propuso la implementación del Aprendizaje Basado en Servicio. El propósito de esta investigación de corte cualitativo fue realizar un estudio de caso para conocer, entender y describir la perspectiva de los/as estudiantes sobre la estrategia de Aprendizaje Basado en Servicio incorporada al curso. Además, se exploró cómo el curso fomenta estrategias de aprendizaje activo, y cómo estas estrategias se acercaron a la forma en que los/as estudiantes aprenden y facilitan su entendimiento en torno al rol de la Química en la sociedad. Una vez realizada la investigación, se desarrolló una guía para incorporar el Aprendizaje Basado en Servicio en el curso de Laboratorio de Análisis Químico Instrumental.

A partir del análisis, emergieron cinco categorías. Una de ellas sirvió para describir el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental. La segunda categoría ayudó a describir cómo los/as participantes entienden que obtienen un mayor aprendizaje de la Química y su percepción en torno a la sociedad. Las otras tres surgieron una vez se

implementó la estrategia de Aprendizaje Basado en Servicio. Estas últimas tres categorías sirvieron para describir cómo se dio la implementación, representar cuál fue la percepción de los/as estudiantes y explicar los productos en torno a esta estrategia de enseñanza en el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental.

A partir de los resultados del estudio de caso y la literatura consultada, emergió una guía para la implementación del Aprendizaje Basado en Servicio en el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental. Esta guía se organizó principalmente en tres fases: el diseño y desarrollo, la implantación y la evaluación curricular. La primera fase consiste, principalmente, en establecer la meta y los objetivos generales, describir las características de la situación real a atender y desarrollar el calendario del proyecto. Para la implantación, se identificaron siete etapas: la reunión inicial con la comunidad, la clarificación del problema a atender, el desarrollo y la presentación de propuestas, la toma de muestras, la preparación de la muestra y estándares y medición del analito, la estimación de la confiabilidad y validez de los resultados, y la presentación de los resultados. Finalmente, la guía propone una fase de evaluación intrínseca, instrumental y comparativa de la estrategia.

Conforme a los hallazgos encontrados en este estudio de caso, surgió una estrategia efectiva para guiar un proyecto de investigación como parte del curso de Laboratorio de Análisis Químico Instrumental, donde los/as estudiantes pueden aplicar las técnicas y métodos de análisis químico instrumental en situaciones en contextos reales y pertinente para su formación en Química. Esta estrategia no solo demostró acercarse a las formas de aprendizaje de los/as estudiantes que fueron impactados/as, sino que permitió aumentar el compromiso social de estos/as futuros/as profesionales de la Química.

TABLA DE CONTENIDO

Hoja de aprobación	ii
Dedicatoria	iii
Reconocimientos	iv
Resumen de la disertación	vi
Tabla de Contenido	viii
Lista de Tablas	xi
Lista de Figuras	xiii
Capítulo I	1
Introducción.....	1
Problema de investigación.....	2
Importancia del problema	5
Propósito del estudio	8
Preguntas de investigación.....	9
Capítulo II	10
Revisión de Literatura.....	10
Introducción.....	10
Marco teórico.....	11
<i>Taxonomía del Aprendizaje Significativo de Fink</i>	11
Educación científica y la sociedad	12
Sistema didáctico de las ciencias	14
Aprendizaje significativo y el constructivismo como vehículo hacia la transformación social	16
Aprendizaje basado en servicio en la educación en Química	21

Capítulo III	29
Método	29
Introducción	29
Diseño	31
Selección de participantes	32
Escenario	34
Introducción al campo de estudio	35
Recolección de datos	37
Análisis de datos	41
Aspectos éticos	42
Riesgos y beneficios.....	43
Capítulo IV	44
Resultados	44
Categoría 1. Descripción del Laboratorio de Análisis Químico Instrumental	50
Categoría 2. Concepción del aprendizaje y el rol de la Química desde las experiencias de los/as estudiantes	64
Categoría 3. Descripción del Aprendizaje Basado en Servicio.....	72
Categoría 4. Percepción de los/as estudiantes en torno al Aprendizaje Basado en Servicio.....	97
Categoría 5. Productos de la aplicación del Aprendizaje Basado en Servicio	113
Capítulo V	123
Discusión, conclusiones, implicaciones y recomendaciones.....	123
Discusión.....	123
Guía para la implementación del Aprendizaje Basado en Servicio en el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental	163
Conclusiones.....	183

Implicaciones para el curso de Laboratorio de Análisis Químico Instrumental y educación subgraduada en Química	185
Recomendaciones para el curso del Laboratorio de Análisis Químico Instrumental y la educación subgraduada en Química	187
Recomendaciones para investigaciones futuras	190
El significado de mi experiencia en la investigación.....	191
Referencias.....	193
Apéndices.....	Página
A. Aprobación del Comité de Institucional para la Protección de los Seres Humanos como Sujetos en la Investigación (CIPSHI)	204
B. Hoja de consentimiento informado- Estudiantes.....	206
C. Hoja de consentimiento informado- Profesor.....	211
D. Plan de control de exposición a COVID-19 para investigaciones de campo.....	215
E. Certificación del programa CITI sobre “Investigaciones psicológicas, sociales o educativas”	221
F. Aprobación “Plan de control de exposición a COVID-19 para investigaciones de campo”	223
G. Carta de solicitud de apoyo y aprobación- Directora del departamento.....	225
H. Carta de solicitud de apoyo - Profesor del curso	228
I. Protocolo de entrevista semiestructurada para estudiante.....	230
J. Planilla para revisión y análisis de documentos	234
K. Carta de solicitud de servicio- CUSEP	236
L. Sílabo Laboratorio Análisis Instrumental QUIM 4015L.....	239
M. Rúbrica para la Evaluación de Informes- Laboratorio de Química General.....	252
Resumen bibliográfico del autor	287

LISTA DE TABLAS

Tablas	Páginas
Tabla 4.1: Descripción demográfica de los/as estudiantes del curso	45
Tabla 4.2: Datos de los participantes de las entrevistas	46
Tabla 4.3: Descripción general de los documentos analizados	47
Tabla 4.4: Descripción general de las observaciones	48
Tabla 5.1: Elementos del aprendizaje significativo en la implementación del Aprendizaje Basado en Servicio en esta investigación y otros escenarios estudiados	145
Tabla 5.2: Calendario aproximado de cómo ocurrieron las actividades en la implementación en el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental	153
Tabla 5.3: Lista de cotejo para la selección del servicio	167
Tabla 5.4: Calendario de actividades para la implantación del Aprendizaje Basado en Servicio en el curso	168
Tabla 5.5: Escala para la evaluación intrínseca de las actividades del Aprendizaje Basado en Servicio	177
Tabla 5.6: Escala para la evaluación instrumental de los objetivos generales del Aprendizaje Basado en Servicio	178
Tabla 5.7: Escala para la evaluación instrumental de la situación atendida en el Aprendizaje Basado en Servicio	179
Tabla 5.8: Escala para la evaluación instrumental del producto en el Aprendizaje Basado en Servicio	179
Tabla 5.9: Escala para la evaluación instrumental de los instrumentos de evaluación del aprendizaje en el Aprendizaje Basado en Servicio	179
Tabla 5.10: Escala para la evaluación instrumental de las actividades medulares en el Aprendizaje Basado en Servicio	180

Tabla 5.11: Escala para la evaluación instrumental para la planificación y el desarrollo curricular en el Aprendizaje Basado en Servicio	180
--	-----

LISTA DE FIGURAS

Figuras	Páginas
Figura 4.1: Categorías emergentes en el análisis del estudio de caso	49
Figura 4.2: Descripción del Laboratorio de Análisis Químico Instrumental	50
Figura 4.3: Concepción del aprendizaje y el rol de la Química desde las experiencias de los/as estudiantes	65
Figura 4.4: Descripción del Aprendizaje Basado en Servicio	72
Figura 4.5: Características del Aprendizaje Basado en Servicio en el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental	73
Figura 4.6: Esquema para las etapas del Aprendizaje Basado en Servicio	84
Figura 4.7: Percepción de los/as estudiantes en torno al Aprendizaje Basado en Servicio.....	98
Figura 4.8: Productos con la aplicación del Aprendizaje Basado en Servicio	114
Figura 5.1: Categorías emergentes	125
Figura 5.2: Convergencia entre qué se pretende aprender, cómo se aprende y el Aprendizaje Basado en Servicio	131
Figura 5.3: Elementos requeridos para la implementación y productos del Aprendizaje Basado en Servicio	134
Figura 5.4: Percepción general de los/as estudiantes previa y posterior a la implementación del Aprendizaje Basado en Servicio	138
Figura 5.5: Convergencia entre las etapas de la implementación del Aprendizaje Basado en Servicio en el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental y las etapas de la problematización del aprendizaje de Velázquez-Rivera y Figarella- García (2018).....	155
Figura 5.6: Aspectos para considerar en la etapa de la evaluación curricular sugeridos por Velázquez-Rivera y Figarella-García (2018)	160

Figura 5.7: Fases para la guía para la implementación del Aprendizaje Basado en Servicio en el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental	162
Figura 5.8: Fases para la implementación del Aprendizaje Basado en Servicio	165
Figura 5.9: Etapas para la implantación del Aprendizaje Basado en Servicio en el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental	169
Figura 5.10: Pasos para el análisis cuantitativo de los resultados	175

Capítulo I

Introducción

La enseñanza de la Química es un reto tanto para el/la que la enseña, como para el/la que la aprende. Entre las razones se encuentran la naturaleza abstracta de muchos conceptos químicos (Yakmaci-Guzel, 2013), la dificultad de entender el lenguaje matemático y químico (Woldeamanuel et al., 2014), y los estilos de enseñanza perpetuados por mucho tiempo, disonantes a las formas de aprendizaje de las generaciones vigentes (Boesdorfer, 2019; Spencer, 1999; Villarini-Jusino, 2014). Estos estilos de enseñanza predominantes son criticados porque no necesariamente reflejan la naturaleza inquisitiva, se desarrollan considerando ambientes ideales y artificiales, y no manifiestan la funcionalidad de las Ciencias Naturales en la sociedad (Porlan-Ariza, 2018). A estas razones, se le suma que, aunque se reconoce algunas de las contribuciones de esta ciencia, socialmente prevalece una concepción de la Química como una disciplina difícil y limitada a personas con alto rendimiento cognitivo (Gillespie, 1991; Guerris et al., 2020). Inclusive, desde la perspectiva de los/as mismos/as estudiantes, podemos ver cómo enfrentarse con la dificultad de tomar cursos de Química podría resultar en desligarse de sus propias metas (Barr et al., 2010; Gillespie, 1991).

De esta manera, surgió el interés de identificar estrategias de enseñanza que coincidan con la forma que aprenden los/as estudiantes en el contexto moderno. De la misma forma, la inclinación a que estas estrategias reduzcan la brecha entre la ciencia y la sociedad de forma tal que podamos desarrollar una cultura que vea en las ciencias naturales, como la Química, una herramienta social accesible y no una materia limitada a cerebros privilegiados.

Desde mi experiencia como educador, noto cómo las estrategias de aprendizaje activo logran capturar de mejor forma la atención del estudiante y fortalecen la

enseñanza. En estas estrategias, los/as estudiantes suelen utilizar sus conocimientos, para construir otros; siendo precisamente ellos/as los/as que construyen su propio aprendizaje (Ausubel, 1960; Pérez & de Pro, 2013). En este tipo de ambiente educativo, un problema suele ser la motivación que da paso a la construcción de aprendizaje. Es decir, el aprendizaje se da en la resolución de un problema.

Al contemplar estas características de las estrategias de aprendizaje activo, se nota cómo esta agrupación de estrategias basadas en la problematización sirve para recrear la misma naturaleza de la construcción del conocimiento científico. El quehacer científico tiene su origen en un problema mismo, y a partir de ahí, es que se registra o se verifica el conocimiento científico. Por otro lado, adoptar como problema uno ligado al contexto social vigente permite que el proceso de aprendizaje se convierta en uno pertinente y que el producto se transforme en un servicio.

Por estas razones, esta investigación se enfocó en la aplicación de la estrategia del Aprendizaje Basado en Servicio en el curso de Laboratorio de Análisis Químico Instrumental. Este estudio aportó al desarrollo de estrategias de enseñanza en contextos reales y cuyo producto sea un servicio a la comunidad. De esta manera, también, fue dirigido a buscar disipar la brecha entre las ciencias y la sociedad, a la misma vez que propicia un aprendizaje significativo en el/la estudiante.

Problema de investigación

La Sociedad de Química de los Estados Unidos (American Chemical Society, ACS, 2015), organización profesional que acredita los programas de Bachillerato en Química, planteó que el laboratorio debe proveer experiencias donde se desarrollen destrezas de resolución de problemas, se fomente el manejo de literatura científica, se contemplen las reglas de seguridad, se practiquen estrategias de comunicación efectiva, se adiestre en el trabajo en grupo y se promuevan las conductas éticas. Además, expuso que se debe incluir prácticas experimentales en donde se desarrollen

la síntesis de compuestos, las medidas de propiedades químicas, la identificación de estructuras, el manejo de instrumentos, el análisis de los datos y el modelaje computacional. Sobre cómo se debe trabajar la enseñanza, esta organización propuso incorporar pedagogías efectivas en el curso de laboratorio que reten y atraigan a los/as estudiantes y se adapten a la variedad de estilos de aprendizaje. De esta manera, promueve las revisiones periódicas de los enfoques instruccionales para fomentar el aprendizaje estudiantil. Dentro de las estrategias que la ACS recomendó, se encuentran el aprendizaje basado en problemas, aprendizaje entre pares, comunidades de aprendizaje y la educación asistida por recursos de tecnología. También, la incorporación de experiencias de investigación auténticas o guiadas para promover el desarrollo de destrezas de alto nivel cognitivo. Además, estableció que el programa de Bachillerato en Química debe brindar experiencias en donde se integren los aprendizajes con las destrezas que permita al estudiante enlazar lo académico con sus futuras experiencias profesionales en el campo (ACS, 2015).

Pese a la dirección de la ACS de acercarse a la naturaleza de aprendizaje de los/as estudiantes que provoque la atención del aprendiz, la cultura de enseñanza que prevalece en la educación científica subgraduada es la centrada en el/la profesor y no en el/la estudiante (Boesdorfer, 2019). Esto se visualiza en cómo el grueso de las experiencias de laboratorio consiste en el desarrollo de prácticas preestablecidas estilos receta que no fomentan la indagación, donde el estudiante no interviene en el método o procedimiento, ni decide el conocimiento que va a aplicar. Esto resulta en que el curso de laboratorio no necesariamente refleja la naturaleza inquisitiva de las ciencias (Kuhn, 1980; Porlan-Ariza, 2018). Es decir, bajo las estrategias predominantes, el/la estudiante se visualiza como técnico/a de laboratorio al mando de un científico; en lugar de sentirse en sí mismo/a científico artífice de su propio conocimiento.

Por otro lado, el *Next Generation Science Standards for States* (NGSS Lead States, 2013) y el *National Science Education Standards* (National Research Council, 1996), promovió el desarrollo de una sociedad con cultura científica. De esta manera, cumplir con este estándar se traduce en el contexto de la educación superior en la necesidad de desarrollar profesionales que puedan poner sus capacidades y conocimientos a disposición de la resolución de problemas enmarcados en la sociedad y las comunidades. Aunque este estándar prevalece en nuestro sistema de educación, es notable la separación de las ciencias y la sociedad en torno a visualizarla como un medio para resolver problemas. Además, se menosprecia las aportaciones de las disciplinas de las ciencias naturales en las condiciones de vida de los ciudadanos/as (Nelson, 2016; Pew Research Center, 2015; Strieder et al., 2017).

Al tomar esto en cuenta, el problema que se quiso atender es la necesidad que existe de evaluar las estrategias de enseñanza actuales dentro de los laboratorios de instrucción de Química. A su vez, se partió de la intención de que hay que promover una educación superior en Química que se desarrolle a través de estrategias pedagógicas que se acerquen más al aprendizaje del estudiante; que involucren el aprendizaje activo y que estén enmarcadas en aplicaciones de la práctica profesional en el mundo en el que vive (Mintz, 2020). Además, era necesario facilitar el entendimiento de cómo el Aprendizaje Basado en Servicio, como estrategia de enseñanza, facilita los procesos educativos y promueve un mejor entendimiento del rol de las ciencias en la sociedad en el contexto de un curso subgraduado.

Para atender estas problemáticas sobre la educación actual en Química, el Aprendizaje Basado en Servicio se propuso como estrategia de enseñanza hábil para promover el aprendizaje significativo, y apta para reducir la brecha entre las ciencias y la sociedad. Por ejemplo, la implementación de esta estrategia se reportó en cursos de Química en donde estudiantes subgraduados/as participaron en demostraciones en

escuela superior de recursos insuficientes (Glover et al., 2013). También, se reportó la implementación de esta modalidad en donde estudiantes concientizaron a las comunidades sobre problemas relacionados a la salud vinculados a la exposición de sustancias químicas tóxicas y enfermedades (Harrison et al., 2013; Kesner & Eyring, 1999). Además, se aplicó la estrategia para determinar la calidad de agua en sistemas de acueductos en comunidades (Dameris et al., 2020). Inclusive, se incorporó esta estrategia donde estudiantes analizaron y comunicaron los resultados en el estudio de posibles contaminantes en distintos ambientes naturales (Heider et al., 2018; Miller y Gift, 2019).

En términos generales, estos estudios sugirieron un aprendizaje comparable a estrategias de enseñanza tradicionales que prevalecen en los cursos de Química en términos de contenido (Heider et al., 2018; Kesner & Eyring, 1999). Aun así, se reconoce que el educando bajo un Aprendizaje Basado en Servicio se expone a otro tipo de educación ligada al desarrollo de una conciencia social que no se garantiza bajo los métodos tradicionales. Esta educación adicional, producto de la aplicación del aprendizaje en la resolución de problemas sociales, es difícil medirlo con los instrumentos de evaluación de corte cuantitativos.

Importancia del problema

La acreditación de los programas académicos exige una revisión periódica de los cursos que garantice la sincronización de las estrategias de enseñanza y las formas de aprendizaje y, a su vez, apele por la calidad de estos procesos. Esta meta incluye la incorporación de nuevas estrategias de enseñanza y la modificación o eliminación de estrategias vigentes. En el caso del Programa de Química, distintas organizaciones profesionales como el Colegio de Químicos de Puerto Rico (n. d.) y la ACS (2019), fomenta que la preparación de los futuros/as químicos/as sea una de calidad y de la misma forma establece cómo debe estar dirigida.

La ACS (2019) estableció en su política pública de educación científica que Well-educated scientists and engineers drive innovations that allow the United States to maintain its competitive edge in the global marketplace and improve the well-being of citizens worldwide. Science, including chemistry, is central to how people address problems at local, regional, national, and global levels. Preparing current and future students with the skills necessary to address rapidly evolving challenges requires investment at all levels of STEM (science, technology, engineering, and mathematics) education. It is vital that every student attains an appropriate level of science understanding to be prepared for current and future challenges and opportunities. (p. 1)

En esta cita, se estableció principalmente la importancia de desarrollar científicos/as bien preparados/as equipados/as con las herramientas necesarias para asumir los retos que surjan en el contexto en el que se originen y, además, expresó claramente el rol protagónico que asume las ciencias en la resolución de problemas en la sociedad. De esta manera, es sumamente importante que nos preocupemos por la educación en Química de los/as futuros/as profesionales en el campo de forma tal que puedan proponer alternativas a las problemáticas presentes y futuras.

Por estas razones, la meta que desea promover este estudio a nivel institucional es que se desarrolle un nuevo currículo que responda no solo a las necesidades de los/as estudiantes, sino también a las necesidades de la sociedad. Para entender cómo se debe propiciar esto, fue ineludible ponerlo a prueba y conocer cómo los/as estudiantes lo perciben y su efecto en su aprendizaje desde su propia voz. Por lo tanto, este estudio cualitativo sirve como base para documentar y explicar el significado de la experiencia de los/as estudiantes en un curso de laboratorio de Química al exponerse a una estrategia de Aprendizaje Basado en Servicio. De esta forma, en términos prácticos, sirve para dirigir la práctica educativa aplicando las destrezas y conocimientos

adquiridos en el curso en contextos reales. Es decir, que este tipo de estrategia de enseñanza que se basa en la aplicación de los conocimientos adquiridos en la resolución de problemas de naturaleza real resulta en que los/as estudiantes puedan visualizar en el material y las actividades del curso, la importancia de la Química en la sociedad (Demoranville et al., 2020). Como valor añadido, se espera que incremente en los/as estudiantes el sentido de responsabilidad ciudadana. Esto es debido a que parten de un proyecto de investigación con origen en una problemática social vigente.

En términos del área de educación en Química, este trabajo investigativo pretende transformar la enseñanza Química subgraduada a prácticas que vayan dirigidas a construir y aplicar el conocimiento partiendo de contextos reales y pertinentes al estudiante. En este sentido, este trabajo trae nuevas estrategias de enseñanza que benefician las prácticas educativas de las instituciones de educación superior donde se impulsa el desarrollo de una conciencia y sensibilidad social (Villarini-Jusino, 2014). Esto a tono con la visión del Colegio de Químicos de Puerto Rico, que fomenta “la educación de las ciencias químicas, que contribuya al desarrollo económico y social de Puerto Rico, de Latinoamérica y de la comunidad Internacional” (Colegio de Químicos de Puerto Rico, n.d.). De la misma manera, el producto de este estudio sirve como base para promover reformas educativas en instituciones de educación primaria o secundaria (K-12), pues esta estrategia en estos niveles educativos demostró tener impactos positivos en actitudes de colaboración, el compromiso y apreciación hacia la Química, y en destrezas relacionadas al trabajo en un laboratorio (Chutrtong et al., 2019; Ho et al., 2021).

Por otro lado, considerando la literatura a la que se tuvo acceso y se consultó (Dameris et al., 2020; Demoranville et al., 2020; Glover et al., 2013; Harrison et al., 2012; McGowin & Teed, 2019; Miller & Gift, 2019), se hizo imprescindible recopilar información utilizando estrategias de investigación cualitativa que ayude a describir y

entender a profundidad la perspectiva de los/as estudiantes sobre la estrategia de Aprendizaje Basado en Servicio incorporada a cursos de Química. Los autores antes mencionados emplearon métodos de corte cuantitativo aplicando cuestionarios, escalas, pruebas de aprovechamiento, entre otros instrumentos, para recopilar sus datos. Estos estudios se enfocaron en describir más la estrategia en términos de implementación y fueron pobres al atender la experiencia de los estudiantes que participan de la estrategia. No obstante, es importante conocer a profundidad cómo el Aprendizaje Basado en Servicio se ve afectado en un contexto sujeto a muchas dimensiones como la cultura, emociones, necesidades y otros factores.

De esta manera, este trabajo permitió recopilar información valiosa que consiente incorporar, de forma adecuada y justificada, la modalidad de Aprendizaje Basado en Servicio. De la misma forma, sirvió para tener un mejor entendimiento sobre las ventajas y limitaciones de la estrategia, y de cómo es percibida por los/as estudiantes. También, se documentó un antecedente que puede replicarse en otras instituciones de educación superior, adaptarlo a otros programas académicos y a otros niveles de educación.

Propósito del estudio

Esta investigación tuvo como propósito implementar el diseño de estudio de caso para conocer, entender y describir la perspectiva de los/as estudiantes sobre la estrategia de Aprendizaje Basado en Servicio incorporada al curso de Laboratorio de Análisis Químico Instrumental. Además, se exploró cómo el curso fomenta estrategias de aprendizaje activo, y cómo estas estrategias se acercaron a la forma en que los/as estudiantes aprenden y facilitan su entendimiento en torno al rol de la Química en la sociedad. La finalidad de esta investigación fue desarrollar una guía para incorporar el Aprendizaje Basado en Servicio en el curso de Laboratorio de Análisis Químico Instrumental.

Preguntas de investigación

1. ¿Qué estrategias de aprendizaje activo se incorporan en el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental a partir de sus guías?
2. ¿Cómo la estrategia del Aprendizaje Basado en Servicio se acerca a las formas de aprendizaje de los/as estudiantes de Química intervenidos/as?
3. ¿Cómo contribuye la incorporación del Aprendizaje Basado en Servicio al entendimiento del rol de la Química en la sociedad?
4. ¿Qué elementos se integrarían en una guía que incorpora el Aprendizaje Basado en Servicio del curso de Laboratorio de Análisis Químico Instrumental?

Capítulo II

Revisión de Literatura

Introducción

La Química desempeña un rol central en las Ciencias Naturales y tiene un sinnúmero de aplicaciones en el diario vivir. En particular, el Análisis Químico Instrumental se aplica, por ejemplo, en la determinación de distintos nutrientes en los alimentos, la identificación de contaminantes en el aire, la cuantificación de iones como calcio y nitrato en muestras de agua, la validación de contenido de ingredientes activos en medicamentos, el desarrollo de sensores para autos, la detección y monitoreo de condiciones de salud, entre muchas otras aplicaciones. A pesar de su importancia, el estudio de esta materia se dificulta por su naturaleza abstracta (Yakmaci-Guzel, 2013), y su lenguaje químico matemático (Woldeamanuel et al., 2014). A estas dificultades, se le suma que las estrategias de enseñanza que prevalecen no van acorde a las formas de aprendizaje de los/as estudiantes (Spencer, 1999; Villarini-Jusino, 2014). Como la educación tradicional en Química se aleja del aprendizaje significativo, surge la necesidad de identificar y poner a prueba estrategias que armonicen con la manera en que los/as estudiantes aprenden.

Para atender este asunto, en esta investigación, se propuso evaluar la estrategia de Aprendizaje Basado en Servicio en el curso de Laboratorio de Análisis Químico Instrumental. Esta estrategia es fundamentada en la teoría constructivista mediante la problematización del aprendizaje y es una iniciativa que no solo se propone para armonizar la dicotomía enseñanza-aprendizaje, sino también va dirigida a la apropiación de las ciencias en la sociedad.

En este capítulo, se presenta un marco conceptual que brinda una descripción de los elementos del aprendizaje significativo desde la perspectiva de L. Dee Fink y así poder describir su naturaleza. Además, se elabora sobre la educación científica y la

sociedad, y el sistema didáctico de las ciencias. También, en este capítulo, se desarrolla la teoría de aprendizaje significativo enmarcado en el constructivismo para invitar a transformaciones sociales. Finalmente, se discute el Aprendizaje Basado en Servicio en el contexto de la educación en Química.

Marco teórico

Taxonomía del Aprendizaje Significativo de Fink

Fink (2003) en el desarrollo de su taxonomía para describir qué es el aprendizaje significativo propuso ver al aprendizaje en términos de un cambio. Es decir, que es importante que, en el/la aprendiz, se observe un cambio importante en su vida. Con esto visualizado, Fink formuló seis categorías para describir el aprendizaje significativo: conocimiento fundamental, aplicación, integración, dimensión humana, compromiso y aprender a aprender.

El conocimiento fundamental es la base que los/as estudiantes necesitan para aprender. Se trata de los fundamentos sobre lo que los/as estudiantes construyen el conocimiento y consiste en la habilidad que tienen los/as aprendices para entender y recordar información básica. En este sentido, se trata de darle una estructura conceptual para desarrollar nuevos conocimientos.

Por otro lado, la aplicación requiere varios niveles de pensamiento (crítico, creativo y práctico). Esta dimensión del aprendizaje demanda una acción que puede ser intelectual, física o social. Además, el proceso de aplicación envuelve la habilidad de manejar proyectos complejos. Esto incluye que los/as estudiantes puedan ser capaces de organizarse, establecer etapas para completar un proyecto, aprender a enfocarse en un tópico, buscar fuentes de información, y analizar y exponer presentaciones.

El componente de integración del aprendizaje significativo es lo que permite a los/as estudiantes realizar conexiones entre lo que aprenden y lo que experimentan en

diferentes aspectos de sus vidas. En esta tercera categoría, hay tres tipos de conexiones importantes: la interdisciplinariedad, comunidades de aprendizaje y la conexión de trabajos académicos a otras áreas de la vida.

Cuando los estudiantes conectan su aprendizaje con sus propias vidas o en la de otros, se observa la dimensión humana. De esta manera, descubren las implicaciones a nivel social de lo que aprenden, se comprenden mejor y tienen un mejor entendimiento de los otros, redundando en interacciones sociales más efectivas.

La categoría de compromiso o atención se refleja cuando los/as estudiantes muestran o exhiben sentimientos, intereses o valores. Esto se recrea cuando los/as estudiantes asumen una actitud positiva con respecto a lo que aprenden, cuando disfrutan del proceso de aprendizaje y valoran la enseñanza.

Por otro lado, aprender a aprender consiste en que los/as estudiantes puedan conocer cómo se dan los procesos por sí mismo, llevando a cabo la fase de inquisición como sujetos autodidactas. El resultado es atractivo para la actividad educativa, pues resulta en la prolongación del proceso de aprendizaje.

La naturaleza del aprendizaje significativo es interactiva pues estas seis categorías desarrolladas por Fink (2003) se interrelacionan. Mientras se desarrolla una dimensión, otras también se fortalecen.

Educación científica y la sociedad

Eugenio María de Hostos (1969, p. 227) afirmó que “la escuela ha de edificar en el espíritu del escolar, sobre cimientos de verdad y sobre bases de bien, la columna de toda sociedad, el individuo”. Es decir, que la escuela se encarga de labrar en el individuo, la persona que sostiene, lidera y construye la sociedad. De esta forma, la educación conduce al individuo a ser un/a ciudadano/a útil e importante en el desarrollo de la sociedad y, para esta gestión, es imperativo preocuparnos tanto por la calidad y la forma en que aplican el conocimiento, como por la relación con los demás en el

contexto en que vivimos. Para este cometido, la sociedad pone a disposición de las instituciones académicas la preparación de sus futuros miembros (Dewey, 1899).

Además, el Ciudadano de las Américas, con estas palabras, nos dice que este obrar debe estar regido conforme a la realidad y guiado hacia una noble causa. Por consiguiente, en particular las instituciones de educación superior, tienen la responsabilidad de la formación académica de los/as profesionales que ejercerán diversas funciones y, a la vez, que se propicie el bien común en las sociedades.

Dentro del amplio espectro de las profesiones y disciplinas que conforman nuestra sociedad, las Ciencias Naturales se presentan como un recurso de gran valor en todos los aspectos sociológicos. Sin embargo, en la actualidad, es común la enajenación del rol de las disciplinas de las Ciencias Naturales con respecto a los problemas que atañan las sociedades, y se menosprecia las aportaciones de éstas en la solución de problemas y en el mejoramiento de la calidad de vida de los seres vivos (humanos) (Nelson, 2016; Pew Research Center, 2015; Strieder et al., 2017). También, es preciso notar cómo en la opinión pública predominan concepciones de que la Química, la Física, la Biología y otras Ciencias Naturales se limitan a un número finito de personas intelectuales comúnmente llamados “nerds”, son de difícil entendimiento, son estáticas y se limitan a conceptualizaciones teóricas. Seguramente, muchas de estas ideas preconcebidas de las Ciencias Naturales son producto de la prolongación tras generaciones de un currículo de educación científica donde predomina la filosofía conductista y la educación bancaria, el cual se reduce a un modelo transmisivo de enseñanza de las Ciencias (Boesdurfer, 2019). Con este argumento, armoniza Porlan-Ariza (2018), cuando señaló que “la naturaleza de la Ciencia que se trata de enseñar no coincide con la Ciencia realmente existente”. Además, Thomas Kuhn (1980, p.83) opinó que la educación científica se transmite como “una tradición preestablecida para la solución de problemas, tradición que no se invita a evaluar ni se prepara para ello”.

Estas dos opiniones, ilustran en realidad cómo actualmente se enseña en la mayoría de nuestras instituciones donde se trasmite el conocimiento; sin embargo, no hay la construcción ni la verificación del conocimiento característica de las Ciencias Naturales.

Sistema didáctico de las ciencias

Para continuar discutiendo sobre cómo se enseña y cómo se debería enseñar las Ciencias, considero que es fundamental definir el propósito de la educación científica y tener claro cuáles son los entes fundamentales de tal proceso. De acuerdo con el *Next Generation Science Standard for States* (NGSS Lead States, 2013), se definió la Ciencia como una forma de explicar el mundo natural. Tanto como el NGSS y el documento que lo precedió, el *National Science Education Standards* (National Research Council, 1996), de forma clara dispone que la educación científica tiene como meta establecer un alto nivel de cultura científica en los/as ciudadanos/as de los Estados Unidos. Ser un/a ciudadano/a con cultura científica implica tanto conocer y entender conceptos y procedimientos científicos, como la aplicación de este conocimiento en cuestiones de naturaleza social, cultural y económica. Además, una cultura científica incluye el entendimiento de la naturaleza de las Ciencias, del papel de las empresas científicas y, en general, del rol de las Ciencias en la sociedad y en la vida personal de cada individuo. También, se dispone que el propósito de la educación científica busca desarrollar la competencia de conciencia ambiental y salubrista (Villarini-Jusino, 2014). Es decir, que tenemos que desarrollar ciudadanos/as capaces de tomar las mejores decisiones tanto en la salud como en el ambiente, aspectos muy importantes en la sociedad. Ahora bien, resulta necesario ver cómo este propósito se traduce al sistema de educación científica y produce el aprendizaje que se espera.

El sistema didáctico de las Ciencias se compone de los educandos (quienes tratan de aprender), el/la educador/a (quien trata de enseñar) y el currículo (dicta cómo se organiza el aprendizaje y se imparte la enseñanza). Ahora bien, cómo estos tres

entes interactúan en el proceso de enseñanza tiene repercusiones en el resultado, generando un aprendizaje significativo o un aprendizaje meramente memorístico. El tipo de aprendizaje que predomina en los sistemas de enseñanza tradicional es el aprendizaje memorístico. Esta manera de aprender se basa en la repetición. Este tipo de aprendizaje se da en ambientes de enseñanza donde se parte de que el/la estudiante es ignorante y se visualiza como un objeto receptor carente de significados (Porlan-Ariza, 2018). Por ejemplo, esto se observa en un laboratorio común de Química General donde se realizan prácticas contenidas hace muchos años en manuales y se fomenta el uso de estas experiencias constantes por periodos indefinidos. Estas prácticas, limitan al estudiante a seguir una lista de pasos parecidas a las recetas de cocina, y no parten de un aprendizaje previo, ni la indagación. En este caso, el educando tiene una participación pasiva en el proceso de enseñanza y se limita a seguir instrucciones y protocolos. El educando se caracteriza por ser un objeto receptor, dócil y obediente. En este caso, el rol del educador/a es comunicar el conocimiento y asegurarse de que se satisfagan las reglas de conducta que se esperan. Es decir, en este sistema didáctico, predomina la imposición y se visualiza el conocimiento como estático y hasta infalible (Dewey, 1938). El currículo se caracteriza por estar sujeto a contenidos y destrezas establecidas conforme a cuerpos de conocimiento estacionarios plasmados en libros de textos y conductas propias del pasado. Se enseña un conjunto de conocimientos registrados ajenos al estudiante, donde las leyes de las Ciencias se reflejan como abstractas y remotas, y no se transmite las Ciencias como una forma de pensamiento (Dewey, 1910). La enseñanza se reduce, tal cual lo planteó Villarini-Jusino (2014) en la siguiente cita:

Enseñamos más ideas que la capacidad de analizarlas o producirlas; nos ocupamos más de hablar de moral y de civismo que de fomentar el desarrollo de la conciencia para construir valores y actuar moral y cívicamente; nos ocupamos

más de transmitir ideas sobre la belleza y las artes que el desarrollar sensibilidad estética para apreciar y producir la belleza. El resultado es que muchas veces tenemos personas atiborradas de información, pero incompetentes para comprenderla o aplicarla. Vivimos en el analfabetismo funcional, no sólo en el ámbito de las letras, sino en el de las artes, las ciencias y los valores. (p. 23)

Este actuar, en cuanto a cómo se enseña, es el que predomina en nuestros sistemas de educación en todos los niveles. En este proceso de enseñanza, se presume que las necesidades de aprendizaje en los/as estudiantes no cambian y que las generaciones contemporáneas comparten las mismas formas de aprendizaje que las pasadas. Esta enseñanza, donde el/la educador/a es el centro del proceso educativo, se justifica su uso conforme a la seguridad que representa para el/la docente tener estos esquemas y cumplir con unas rutinas, el peso de la tradición, y porque incorporar cambios representan retos que no se están dispuestos asumir (Porlan-Ariza, 2018). Sin embargo, esta forma de enseñanza que resulta en un aprendizaje memorístico presenta las Ciencias de forma descontextualizada de la vida diaria, y de los intereses y los conocimientos propios del educando. Más aun, esta estrategia de enseñanza falla, pues las Ciencias no se caracterizan en memorizar o realizar las cosas solo porque hay que hacerlas o confiar en el conocimiento registrado y ya; sino que se trata de una forma de pensar que invita a la reflexión, a cuestionarse, a indagar, a adueñarse de un conocimiento y verificarlo, y usarlo como herramienta de resolución de problemas.

Aprendizaje significativo y el constructivismo como vehículo hacia la transformación social

Distinto al aprendizaje memorístico, el aprendizaje significativo discrepa en que el/la estudiante parte de unos conocimientos previos, los reajusta y estructura nuevos conocimientos (Ausubel, 1960). Esto coincide con la visión de Pérez y de Pro (2013), donde se reconoce a los/as estudiantes como sujetos epistémicos, portadores/as de

conocimientos que pueden ser redefinidos y están sujetos a muchas variables como la cultura, las emociones, las necesidades, entre otras inconstantes. Esta teoría parte del enfoque constructivista, en donde se visualiza al estudiante como gestor/a de su propio aprendizaje.

La teoría constructivista está basada en ideas filosóficas de Piaget, Vygotsky, Dewey, Bruner, Bandura, entre otros. En esta teoría, el/la estudiante juega un rol activo en donde se espera que actúe. El aprendizaje del estudiante debe ser procurado por sus propios intereses y su motivación. Con respecto a la motivación, se propone que este conjunto de factores externos puede aligerar, retrasar o no permitir que se den los procesos cognitivos asociados a la construcción del conocimiento (Mellado et al., 2014). En este enfoque, el/la educador/a toma un rol de facilitador/a y guía para los procesos. Con respecto a las características de un currículo constructivista, el aprendizaje se da como una actividad social y enmarcado en situaciones reales y auténticas. Además, se parte de un razonamiento inductivo y colaborativo, donde predomina un ambiente de preguntas y múltiples perspectivas (Borda et al., 2017; Brooks & Brooks, 1993; Savery & Duffy, 1995). Consciente de las fortalezas de este enfoque, se apuesta a que asumir metodologías de enseñanza con este enfoque en los cursos de Ciencias Naturales invita a la generación de una cultura científica al servicio de la sociedad (Porlan-Ariza, 2018). A tono con este propósito, continúa vigente la necesidad del desarrollo y la afinación de mejores técnicas de enseñanza que redunden en un aprendizaje significativo dirigido a la construcción del conocimiento científico y, a la vez, permita en un desarrollo de una cultura que reconozca la pertinencia de la disciplina a nivel social.

La forma en que respondemos a los argumentos sociales está directamente ligada con nuestra cultura científica y a la forma en que nos sabemos responsables de lo que ocurre en la sociedad. El filósofo americano, John Dewey (1934/2004), criticaba la actitud de las personas de querer y esperar instrucciones, en lugar de involucrarse y

tomar iniciativa en la resolución de los problemas. Además, resaltaba el individualismo que impera y limita la integración social en las comunidades (Dewey, 1916). Para cambiar esta actitud popular y predominante aun en nuestros tiempos, hace falta desarrollar en el/la ciudadano/a conciencia social. Decía Hostos (1870) que la conciencia era también una meta de la educación y la definió como una fuerza que nace del entendimiento, la sensibilidad y la voluntad, y nos da poder para generar transformaciones. En este sentido, definimos la conciencia social como una forma de actuar del ciudadano/a que tiene en cuenta a sus conciudadanos/as y así mismo, que genera cambios favorables en la sociedad. De forma opuesta, la ausencia de una conciencia social implica que la persona no toma en cuenta a sus conciudadanos/as y sus acciones resultan desfavorables a la sociedad. Actualmente, en nuestra sociedad, la falta de esta conciencia está evidenciada en los altos niveles de contaminación, en la frecuencia de la corrupción, en la infotoxicidad abundante en nuestros medios de comunicación y en las redes sociales, en el despilfarro de los recursos no renovables, en el crecimiento no inclusivo, entre otros males. La falta de esta conciencia social hace que no nos hagamos responsables ante estos problemas sociales y mostremos indiferencia ante estos. Por eso, es importante educar y, de forma concurrente, darle forma a esa conciencia social. Educar para una conciencia social implica que el proceso de educación busca establecer una relación entre el educando y la sociedad. Por consiguiente, el educando se interesa en involucrarse en la solución de problemas de las comunidades y puede promover cambios sociales, en donde colabore con y para sus conciudadanos/as. Por consiguiente, el educando se convierte en un/a ciudadano/a responsable, comprometido/a y participe de la sociedad. El acercamiento a esta meta dependerá en gran parte de la educación.

Como consecuencia, es importante considerar la educación como vehículo a la transformación que aspiramos, pues la educación cambia cómo se perciben los

problemas y cómo actuamos ante estos. Por esta razón, las modificaciones al currículo y la enseñanza de las Ciencias, debe responder a atender expectativas que se tiene sobre la sociedad futura (Dewey, 1899; Porlan-Ariza, 2018). De la misma forma, la didáctica de las Ciencias debe preparar a las personas para el compromiso y la acción solidaria ante los problemas y necesidades de las sociedades (Levinson, 2010). La calidad de la enseñanza de las Ciencias debe ser tal que invite al desarrollo social y personal de todos/as.

Por esta razón, la forma en cómo se dirija los asuntos educativos debe reflejar la sociedad a la que se aspira (Dewey, 1899; Porlan-Ariza, 2018). Los objetivos, las actividades y los materiales de enseñanza estáticos, presentes en la didáctica de las Ciencias tradicional, son opuestos a generar transformaciones verdaderas en los educandos (Dewey, 1899). El currículo debe considerar los intereses y preocupaciones de los/as aprendices, y el contexto social (Porlan-Ariza, 2018). Como resultado, podríamos involucrar verdaderamente la educación en el desarrollo humano, en donde se asuma un rol protagónico en la creación de soluciones creativas a los problemas en todos los aspectos de la sociedad (Cruz-Barreiro, 2006; Lasker et al., 2017) y, de esta forma, impulsar un efecto amplificado de la satisfacción de las necesidades. Ahora bien, ¿cómo podemos enseñar las Ciencias de forma que se recree su naturaleza mediante el aprendizaje significativo y que esto redunde en un desarrollo de una conciencia social?

Es de conocimiento que las contribuciones científicas surgen en respuesta a un problema. Por lo tanto, una forma de emular la naturaleza de las Ciencias en la educación guiada por la filosofía constructivista es problematizando el aprendizaje. La problematización se refiere al “proceso de facilitar la creación de conflictos cognitivos en los/as estudiantes, de manera que los mueva a altos niveles de cognición; a analizar, reflexionar, investigar, crear, actuar y evaluar para construir nuevos aprendizajes”

(Velázquez-Rivera & Figarella-García, 2018, p.10). Este conflicto cognitivo causa la disonancia entre lo que el/la estudiante ya conoce y la situación que está viendo. Este proceso permite la construcción de nuevos esquemas, que es lo característico del aprendizaje significativo (Escamilla, 2011; Peña-González, 2013). La problematización del aprendizaje promueve, además, el desarrollo de destrezas de competencias esenciales como es la resolución de problemas. Este tipo de experiencia constructivista permite que el/la estudiante aprenda de forma activa mediante su involucración en la solución de problemas, utilizando destrezas de búsqueda, evaluación, análisis, e interpretación de datos o información para proponer soluciones a un problema. Esto representa una estrategia de aprendizaje activo que se contempla como de las más efectivas para que se dé el aprendizaje (National Research Council, 1996; NGSS Lead States, 2013). Los informes sobre las actitudes que desarrollan los/as estudiantes que se exponen a este tipo de aprendizaje activo adjudican los resultados positivos de esta estrategia de enseñanza a la motivación (Harrison et al., 2013; Kammler et al., 2012; Kesner & Eyring, 1999). Se plantea que, a través de la motivación, el educando le da sentido al aprendizaje y esta acción facilita la construcción del conocimiento (Mellado et al., 2014). Con este planteamiento, coincidió Velázquez-Rivera (2018), que destaca que este tipo de estrategia desarrolla pasión por aprender en los/as estudiantes. Esto hace que el/la estudiante se implique, se esfuerce y se comprometa en completar las actividades educativas, y aumenta la expectativa del aprendizaje significativo.

Para implementar esta estrategia de aprendizaje basado en problemas, se identificaron una serie de etapas. La primera etapa consiste en la presentación de la situación motivadora. En esta etapa, los/as estudiantes asumen un rol y conocen el contexto del problema. Luego, se clarifica el problema y se establecen unas preguntas de investigación. Eventualmente, se propone un procedimiento para trabajar con el problema y se implementa. Finalmente, se crea el producto final y se presenta a la

comunidad y a los/as expertos/as (Velázquez-Rivera & Figarella-García, 2012; Velázquez-Rivera et al., 2016).

Aprendizaje basado en servicio en la educación en Química

La finalidad del aprendizaje basado en problemas puede variar. Hay casos en donde la finalidad de esta modalidad no está definida, sino que está abierta a que el/la estudiante genere una solución al problema a base de su creatividad. En cambio, usualmente al educando se le pide la realización de un producto final, un proyecto. Esta variación es conocida como aprendizaje basado en proyectos. Este proyecto, a su vez, puede tener como meta impactar positivamente la sociedad por medio de la atención a un problema de índole social y resultar en un servicio.

El servicio es un componente indispensable para el desarrollo de los/as ciudadanos en un país (U.S. Government, n.d.). Particularmente, en Puerto Rico, distintas iniciativas de carácter voluntario se implementan en donde los/as ciudadanos/as toman acción y demuestran compromiso en los asuntos de la sociedad. Por ejemplo, la organización puertorriqueña Para la Naturaleza, contando con una subvención de la Fundación Nacional de las Ciencias (NSF) promovió iniciativas como *Ciudadano Científico* (Fideicomiso de Conservación, 2008). Esta iniciativa albergó distintas investigaciones concernientes al estudio de factores climatológicos, geológicos, hidrológicos y estudios de ecosistemas. Entre los que se encuentran el monitoreo de la calidad de agua en el Río Indio en Morovis, el estudio de la erosión costera en las playas de alto impacto turístico, el estudio de las aves en el bosque estatal Monte Choca en Corozal, entre otros. En estos proyectos, participaron más de dos mil voluntarios sin necesariamente tener una educación formal. Como producto de la gestión voluntaria, se consiguió que los/as participantes adquirieran conocimientos científicos y cambiaran actitudes y comportamientos a favor de la naturaleza (Acerca Ciencia, 2016).

El Aprendizaje Basado en Servicio nos permite implementar el servicio desde la educación formal para el desarrollo de los/as ciudadanos/as. El Aprendizaje Basado en el Servicio es una pedagogía que provee al estudiante una oportunidad de ganar experiencia de vida real fuera de la clase, y aplicar lo que se está discutiendo y aprendiendo en el aula (Williamson, 2017). La Asociación de Colegios y Universidades Americanas (Association of American Colleges & Universities, AAC&U, 2018) reconoció esta forma de enseñanza como una práctica de alto impacto en el currículo a nivel de educación superior. Esta práctica incorpora las necesidades de las sociedades de forma tal que se enriquece la experiencia de aprendizaje con el servicio como respuesta a las necesidades, la reflexión sobre la responsabilidad cívica y el fortalecimiento de las comunidades (Bingle & Harcher, 1995; Williamson, 2017). Además, el Aprendizaje Basado en el Servicio promovería el aumento en interés, desarrollo de sensibilidad, entendimiento y la capacidad para actuar para resolver problemas. Por otro lado, a nivel de institución académica, se visualiza que este modelo de enseñanza puede contribuir al aumento de retención si se ofrece este tipo de experiencias desde cursos iniciales (Hatcher et al., 2005; Rautio, 2012) y puede ayudar al educador/a a establecer redes de colaboración (Kammler et al., 2012).

Para implementar el Aprendizaje Basado en Servicio, Velázquez-Rivera y Figarella- García (2018), quienes son precursoras de esta estrategia en el contexto de la educación puertorriqueña en niveles primarios y secundarios, recomendaron que se seleccione un servicio comunitario auténtico y tenga relación directa con el contenido que se enseña. Además, sugirieron presentar el problema de manera que los estudiantes se comprometan con el mismo y asuman roles. También, recomendaron organizar la experiencia en el contexto en el que viven de forma tal que se generen aprendizajes significativos e integradores, y que reten a los/as estudiantes en la indagación. En el caso de la planificación, sugirieron considerar el tiempo, fomentar la

autodirección del aprendizaje, integrar audiovisuales e incluir procesos de autoevaluación y metacognición continua. Finalmente, el producto debe contribuir a que los estudiantes se visualicen como ciudadanos competentes y capaces de contribuir a la sociedad.

En el caso de la educación científica, la educación basada en el servicio ayudaría a que los/as estudiantes puedan tener conciencia del rol de las Ciencias en la sociedad (Dukhan & Schumsck, 2010). Además, se podría promover el desarrollo de competencias alineadas a profesiones científicas como son la visión estratégica, la colaboración, la comunicación, la innovación, la sistematización, la producción, la toma de decisiones, y el emprendimiento e indagación. Para analizar cómo esta estrategia de enseñanza facilita el aprendizaje significativo, se utilizará la Taxonomía del Aprendizaje Significativo de Fink (2003). De acuerdo con esta taxonomía, para un enfoque dirigido al aprendizaje a través del servicio, los objetivos deben estar dirigidos a desarrollar la habilidad de entender y recordar (fundamentos del conocimiento), solución de problemas y toma de decisiones (aplicación), identificar relaciones entre situaciones (integración), y a cultivar el conocimiento fuera del sistema didáctico (aprender a aprender). Además, implica un cambio en sentimiento, intereses o/y valores (preocupación), y la habilidad de aprender sobre sí mismo y cómo interactuar con otros (dimensión humana). Estos dos últimos indicadores nos llevarían a ver si a raíz de estos cambios se alcanza una conciencia social. En el caso de este escrito, se les dará atención a ejemplos de la aplicación del aprendizaje basado en el servicio en la Química por su rol como ciencia central, pues se utiliza para responder respuestas a preguntas en otras ramas de las Ciencias como la Biología, Agricultura, Medicina, Ciencias Ambientales, Ingeniería, entre otras (Wiegand & Strait, 2000). No solo por esta razón, sino que también los/as estudiantes en programas subgraduados de Ciencias Naturales y ciencias relacionadas a la salud suelen tomar al menos un curso de Química como

parte de su formación. Además, en esta rama en particular, la Sociedad de Química de los Estados Unidos (ACS, 2019) propicia la incorporación de experiencias de aprendizaje en servicio como parte integral de los currículos de Química en vías de mejorar la percepción pública. Además, que esta enseñanza resulte en futuros/as científicos/as buscando afinar el entrenamiento, incrementar el entendimiento del rol de la profesión como químicos/as en la sociedad y desarrollar profesionales cívicos/as (Wiegand & Strait, 2000).

Kesner y Eyring (1999) reportaron sobre un estudio en donde se muestra cómo se empleó el Aprendizaje Basado en Servicio en un curso de Química General en la *Universidad de Utah*. En su informe, detallaron cómo estudiantes de primer año participaron de un proyecto que les permitió colaborar en el análisis de plomo en pintura en residencias en la ciudad de Salt Lake. Los autores señalaron que la razón de que se escogieran a estos estudiantes fue que permitía motivarlos a aprender, mostrando un uso inmediato al conocimiento que estaban adquiriendo y que sean de primer año permitía mayor flexibilidad para trabajar el proyecto en términos de horario. Además, el proyecto incorporó un esfuerzo de concientización en donde estos/as estudiantes estuvieron orientando a estas comunidades sobre los efectos adversos del plomo en la salud humana. Los resultados de este proyecto señalan el desarrollo de conocimiento, pues se alcanzó un resultado comparable con la metodología tradicional en términos de aprovechamiento. En el caso de la dimensión de aplicación, en el artículo, por ejemplo, se comunica cómo los/as estudiantes aplicaron la técnica de Espectroscopía de Absorción Atómica para confirmar los ensayos químicos comerciales que se utilizaron y la concentración del metal en la muestra. Por otro lado, en este proyecto se ve la integración de aspectos de la salud concerniente a la exposición del plomo que es vinculado con enfermedades en el cerebro en infantes y otras enfermedades. La dimensión humana y la preocupación se observan en cómo, a partir de los resultados

que se obtuvieron, los/as estudiantes optan por orientar más aun a las familias que están en peligro de exposición, pero con la precaución de no sobre alarmar al residente de la estructura con pinturas con alto porcentaje de plomo. Aparte de estos factores que evidencia un aprendizaje significativo en la formación de estos/as estudiantes, se manifestó un incremento en la motivación y entusiasmo en el educando.

Otro ejemplo es un estudio realizado en *Greenville University* (Dameris et al., 2020) donde se ejecutó el Aprendizaje Basado en Servicio en el curso de Química Ambiental. En este proyecto, participaron once estudiantes de primero a último año de universidad. La participación consistió en investigar la calidad del agua del sistema de acueductos de los/as residentes locales. En este artículo, se atendió el problema de que usualmente los sistemas de acueductos privados no son regulados por la Agencia de Protección Ambiental (EPA). La calidad de agua se definió mediante el análisis de distintos metales, iones poliatómicos y bacterias. Los objetivos del estudio señalaron que el mismo estuvo dirigido a desarrollar entendimiento sobre las técnicas instrumentales aplicadas. Además, el estudio pretendía proveerle una experiencia para que aplicaran los métodos analíticos desarrollados por la EPA, recuperar conocimientos fuera del contenido tradicional y la concientización sobre los problemas de calidad de agua a los/as consumidores/as. Otras ganancias que reportaron los/as participantes fueron la conexión con la comunidad, el refuerzo en las destrezas de comunicación, la satisfacción de servir y ayudar a otros/as, entre otras ganancias.

También, se implementa esta didáctica enfocada en el servicio para atender asuntos relacionados a contaminación en cuerpos de agua. Por ejemplo, en el curso de Química Analítica de *University of Central Florida* se aplicó para la cuantificación de sucralosa (como indicador de presencia de aguas residuales) en *Orlando Easterly Wetlands* (Heider et al., 2018). En la sección, donde se aplicó el proyecto había matriculados 22 estudiantes quienes fueron los participantes del estudio. La selección

fue por conveniencia y fue comparada con secciones donde no se aplicó el proyecto. Para recopilar datos en el estudio, se administró una prueba y una escala, para comparar el aprendizaje del contenido del curso y la percepción de los/as estudiantes. Los resultados demostraron que, para los/as estudiantes que participaron no hubo diferencia significativa en cuanto a los resultados de sus evaluaciones en comparación a los que fueron instruidos/as mediante la didáctica tradicional. Por lo tanto, el conocimiento que se adquirió resultó comparable con lo que se produce tradicionalmente en el curso. En este caso en particular, los/as estudiantes implementaron los análisis tradicionales para contaminantes comunes en estos sistemas. Sin embargo, hubo aplicación de los métodos de análisis químico para generar un nuevo método para la cuantificación de sucralosa. Los/as estudiantes integraron métodos reportados para el análisis y lo adaptaron para llevar a cabo su análisis. Para entender el análisis y el razonamiento científico detrás del proyecto, era importante, por ejemplo, que los/as estudiantes tuvieran conocimiento sobre procesos asociados a plantas de tratamiento y reacciones envueltas en aguas residuales. Dentro de las ganancias, se destacó en el estudio el incremento en el sentido de la autoeficacia en los/as estudiantes.

Miller y Gift (2019) reportaron un estudio similar que fue llevado a cabo en la *Universidad de Nebraska* por 32 estudiantes de primer año y 4 estudiantes de cuarto año del curso de Química Analítica. El proyecto de Aprendizaje Basado en Servicio se implementó en humedales locales donde los/as estudiantes recogieron muestras de suelo y agua para analizar la variación de nutrientes en el espacio. Entre los analitos que fueron objeto del estudio se encuentran nitratos, nitritos, fosfatos, cloro, atrazina y distintos cationes metálicos. El análisis se ejecutó con varias técnicas instrumentales. Este estudio se trabajó mediante un enlace con un grupo de voluntarios sin fines de lucro. Entre las actividades que formaron parte de este proyecto de Aprendizaje Basado

en Servicio se encuentran la definición del proyecto, el muestreo, el análisis, y la preparación y la presentación de *posters* en la comunidad y en la universidad. En este estudio, se administró un cuestionario antes y después para determinar el impacto en el entendimiento de los/as estudiantes sobre la comunidad, conocer cómo los/as estudiantes integraban el contenido del curso en el proyecto, ver el compromiso con las causas sociales y el impacto en los planes académicos futuros. Los hallazgos del estudio indicaron que la única diferencia significativa se consiguió en términos de autoconfianza en los/as estudiantes, donde se expresaron que tenían mejor disposición para expresar ideas o preguntas al profesor luego de participar del proyecto.

Otros artículos reportaron el uso de esta estrategia de enseñanza en donde estudiantes universitarios/as fungen como facilitadores/as de demostraciones o mentores/as en resolución de problemas en cursos de Ciencias en escuela superior de recursos insuficientes (Glover et al., 2013). Además, se utilizó esta estrategia para desarrollar materiales para informar a la ciudadanía sobre enfermedades y educarlas (Harrison et al., 2013).

En términos generales, estos estudios sugirieron un aprendizaje comparable a estrategias de enseñanza tradicionales que prevalecen en los cursos de Química. Es decir, que los hallazgos mostraron que no había una diferencia significativa en los resultados en las pruebas de aprovechamiento en los cursos (Heider et al., 2018; Kesner & Eyring, 1999). Aun así, se reconoce que el educando bajo un Aprendizaje Basado en Servicio se expone a contenidos y métodos que no suelen cubrirse en un curso dictado de forma tradicional. Este aprendizaje adicional producto de la aplicación del aprendizaje en la resolución de problemas sociales sería difícil medirlo con los instrumentos de evaluación tradicionales. Por otro lado, sobre el desarrollo de una conciencia social, se reportó que los/as estudiantes asumen un rol responsable como ciudadanos/as luego de la exposición a este tipo de actividades. De esta manera, los/as

estudiantes reconocen que la experiencia los/as hace crecer y propicia el desarrollo humano (Glover et al., 2013). La experiencia en el servicio resultó, también, en un aumento de empatía (Kesner & Eyring, 1999) y en el incremento en el conocimiento que se tiene sobre la comunidad (Miller & Gift, 2019). Además, algo importante que se señala es que la pedagogía resulta en mayor valoración y desarrollo humano cuando el problema de partida está relacionado a aspectos de la salud (Harrison et al., 2013).

En resumen, el aprendizaje basado en el servicio demuestra ser una estrategia que coincide con los elementos del aprendizaje significativo según la taxonomía de Fink (2003). Esta estrategia sirve como base para desarrollar el conocimiento fundamental para la formación de un/a estudiante de Química pues resulta en un aprovechamiento del contenido del curso similar a estrategias de enseñanza tradicionales. De la misma forma, permite la aplicación de los diversos métodos de análisis químico para la resolución de un problema en un contexto real. Además, sirve para la integración de lo aprendido, al hacer conexiones entre los tópicos del curso y otras disciplinas. No solo eso, sino que también el/la estudiante realiza conexiones de lo que aprende y las implicaciones en sus propias vidas y de los/as otros/as, desarrollando la dimensión humana. La efectividad de la estrategia también se extiende al desarrollo de valores y un mayor compromiso con la sociedad, y fomenta el protagonismo del estudiante en la construcción de su propio aprendizaje. Es decir, la estrategia se proyecta como una forma de invitar a la apropiación del aprendizaje, de la involucración de los/as estudiantes en las comunidades y los asuntos del país, de forma tal que se propicie una formación integral de los próximos científicos puertorriqueños.

Capítulo III

Método

Introducción

Describir el aprendizaje en el contexto de la educación de las Ciencias Naturales y en otras disciplinas a través de la medición por medio de pruebas de aprovechamiento es muy común. Esto es debido a la concepción predominante sobre que la investigación científica legítimamente parte de métodos empíricos cuantitativos; como son los experimentos de laboratorio y las encuestas (Evaristo & Karahanna, 1997; Siponen & Kllaavuniemi, 2020). No obstante, estos métodos fallan al intentar describir al detalle y en profundidad cómo las estrategias de enseñanza de las Ciencias son percibidas por los/as estudiantes y el significado que le otorgan. Sin embargo, auscultar cómo se da y cómo se aprecia el aprendizaje directamente desde la voz de los/as mismos/as estudiantes es importante para el proceso de la planificación de la educación científica (Devetak et al., 2010; Eltanahy & Forawi, 2019; Kolil et al., 2020; Najami et al., 2019). Con esto en mente, este estudio recurrió a métodos cualitativos para guiar la investigación.

La investigación cualitativa se distingue en que se sustenta de información cualitativa, por su naturaleza exploratoria, subjetiva, relativista y contextual. Este paradigma de investigación se utiliza para describir localmente un tema o un tópico. Además, busca entender las experiencias de las personas y expresar sus perspectivas (Johnson & Christensen, 2016). Entre las ventajas que se presentan al usar métodos cualitativos se encuentran que permiten tener una colección de información que brinda una descripción completa sobre los/as participantes involucrados/as, y una explicación más amplia sobre su comportamiento y creencias desde la misma realidad (Leedy & Ormrod, 2014). Con esta metodología, se alcanza un conocimiento más vasto sobre el

pensamiento y las estructuras sociales; información a la cual no necesariamente se accede mediante métodos cuantitativos (Kaiser & Buchholtz, 2014).

Los estudios cualitativos en la educación en Química, principalmente, se centran en analizar la experiencia de los/as estudiantes o educadores/as en los salones de conferencia o laboratorios. Por ejemplo, en cómo los/as estudiantes perciben el contenido de los cursos, como mecanismos de reacción y teorías de enlace (Watts & Finkensteadt-Quinn, 2021). De esta forma, aplicar esta metodología permitirá en este estudio explorar estrategias de enseñanza de la Química y comprender el significado que tienen en los/as estudiantes.

La presente investigación empleó métodos cualitativos con el propósito de implementar el diseño de estudio de caso para conocer, entender y describir la perspectiva de los/as estudiantes sobre la estrategia de Aprendizaje Basado en Servicio incorporada al curso de Laboratorio de Análisis Químico Instrumental. Además, se exploró cómo el curso fomenta estrategias de aprendizaje activo, y cómo estas estrategias se acercan a la forma en que los/as estudiantes aprenden y facilitan su entendimiento en torno al rol de la Química en la sociedad. La finalidad de esta investigación fue desarrollar una guía para incorporar el Aprendizaje Basado en Servicio en el curso de Laboratorio de Análisis Químico Instrumental.

Para guiar el estudio, se consideraron las siguientes preguntas para obtener la información:

1. ¿Qué estrategias de aprendizaje activo se incorporan en el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental a partir de sus guías?
2. ¿Cómo la estrategia del Aprendizaje Basado en Servicio se acerca a las formas de aprendizaje de los/as estudiantes de Química intervenidos/as?
3. ¿Cómo contribuye la incorporación del Aprendizaje Basado en Servicio al entendimiento del rol de la Química en la sociedad?

4. ¿Qué elementos deberían integrarse en una guía que incorpora el Aprendizaje Basado en Servicio del curso de Laboratorio de Análisis Químico Instrumental?

Estas preguntas sirvieron para determinar el diseño que se empleó en esta investigación, desarrollar las estrategias de colección de datos y darle estructura al análisis de estos. En este capítulo, se explica cómo se aplicarán los métodos cualitativos en el estudio y se ven reflejados en las estrategias de recopilación y análisis de datos. Además, se describe todos los aspectos en cuanto a los/as participantes, como la selección, la descripción, el escenario y los aspectos éticos a considerar.

Diseño

Esta investigación tomó forma de estudio de caso de tipo instrumental. Este tipo de diseño demuestra ser útil para comprender los fenómenos en el lugar donde ocurren y sus características (Lucca-Irizarry & Berríos-Rivera, 2009; Stake, 2007; Vanderstoep & Johnston, 2009; Yin, 2018). El estudio de caso se aplica para entender la complejidad y la particularidad de un caso singular con el propósito de entenderlo dentro de unas circunstancias (Stake, 2007). En particular, Thomas (2011) sugirió que el estudio de caso instrumental permite entender y evaluar un asunto; de forma tal, que se convierte en un instrumento o una referencia para mejorar un asunto.

Acorde con el propósito de esta investigación, los estudios de casos permiten recoger evidencia sobre cómo opera, y la efectividad de enfoques y nuevos métodos (McLeod, 2010). Por esta razón, aplicar este diseño resultó pertinente en esta investigación. Con la selección de este diseño, Yin (2018) consideró importante atender los siguientes componentes: las preguntas del estudio de caso, el propósito, el caso, la relación entre el propósito y los datos recopilados y los criterios para interpretar los hallazgos.

El caso en este diseño se compuso de dos elementos principales: el sujeto, que es la unidad práctica, y el objeto, que es el marco analítico (Thomas, 2011). En esta

investigación, el sujeto fue una sección del curso de Laboratorio de Análisis Químico Instrumental. Por otro lado, el objeto de este caso fue la aplicación de la estrategia de Aprendizaje Basado en Servicio.

A tono con las preguntas de investigación, adoptar este diseño permitió entender cómo aprenden los participantes implicados a raíz de la aplicación de la estrategia de enseñanza de Aprendizaje Basado en Servicio bajo el contexto actual. De esta forma, se pudo analizar e interpretar los resultados del estudio desde donde se producen y, como resultado, conocer el fenómeno de forma más amplia. Por esta razón, la naturaleza del estudio de caso se consideró de tipo situacional, pues lo que se quiso obtener fue una visión global del acontecimiento y, en cierto sentido, invitar a una reforma educativa.

Selección de participantes

Los/as participantes del estudio fueron los/as estudiantes subgraduados/as de una universidad en Puerto Rico, matriculados/as en el curso de Laboratorio de Análisis Químico Instrumental, quienes concurrentemente estuvieron tomando el curso conferencia de Análisis Químico Instrumental. Estos/as estudiantes típicamente cursan estudios subgraduados y se encuentran en su tercer o cuarto año. En su mayoría, son del programa de Bachillerato en Química, pero también lo toman estudiantes de programas de Educación en Ciencias y otros programas conducentes a grados en Ciencias Naturales. Usualmente, lo toman como requisito del programa académico, como requisito de alguna escuela graduada a la cual desean solicitar o como curso electivo. Este curso es catalogado como un curso de concentración del Programa de Química. Como requisito, los/as estudiantes tomaron los cursos conferencia y laboratorio de Química General I y II, y Análisis Químico Cuantitativo. Es propio que el curso se ofrezca todos los semestres académicos y, típicamente, se ofrecen dos secciones de un máximo de 14 estudiantes. Estas secciones se reúnen tres horas, dos

veces a la semana. Para propósitos de este estudio, se seleccionó como sujeto del caso una de las secciones ofrecidas utilizando como criterio la disponibilidad del investigador para realizar las observaciones y con el aval o consentimiento por parte del profesor que ofrece el curso.

Además de los/as estudiantes matriculados/as en la sección seleccionada para este estudio de caso, se invitó a actuar como participante de esta investigación al profesor del curso. Este curso, típicamente, es ofrecido por un/a profesor/a con preparación académica de Maestría en Ciencias o Doctorado en Filosofía con especialidad en Química Analítica.

La selección de los/as participantes fue por conveniencia. Este tipo de selección permitió realizar el estudio con los/as estudiantes que tuvieron acceso al curso. Una vez se recibió la autorización del Comité Institucional para la Protección de los Seres Humanos como Sujetos en la Investigación (CIPSHI) (Apéndice A), se contactó al profesor para coordinar una visita a la reunión del curso para invitar a los/as estudiantes a participar de la investigación. Como parte de los criterios de inclusión cada participante cumplió con los siguientes requisitos:

Requisitos de inclusión para los/as estudiantes:

1. Ser estudiante del programa subgraduado de Química de la universidad seleccionada.
2. Estar matriculado en el curso de Laboratorio de Análisis Químico Instrumental de la institución.
3. Estar en la sección escogida que es sujeto del caso.
4. Ser mayor de 20 años.
5. Completar hoja de consentimiento informado (Apéndice B).

Requisitos de inclusión para el profesor:

1. Ser profesor del programa subgraduado de Química de la universidad seleccionada.
2. Tener asignada la sección escogida que es sujeto del caso.
3. Tener más de dos años ofreciendo el curso.
4. Completar una hoja de consentimiento informado (Apéndice C).

Los/as participantes fueron orientados/as sobre los propósitos del estudio, el procedimiento que se implementará, las técnicas para recopilar los datos y sus contribuciones en la investigación. Además, recibieron instrucciones sobre los protocolos relacionados al Plan de control de exposición a COVID-19 para investigaciones de campo (Apéndice D).

La participación fue de forma voluntaria y esta incluyó la interacción directa con el investigador quien observó a los/as estudiantes mientras tomaron el curso. Por otro lado, los/as estudiantes fueron orientados/as sobre el propósito de la entrevista. Aquellos/as que estén interesados/as se comunicaron con el investigador. Hubo la participación de 6 estudiantes en las entrevistas. Estas entrevistas se llevaron a cabo luego de las actividades relacionadas al Aprendizaje Basado en Servicio; estas actividades consistieron en lo siguiente: la reunión inicial con la comunidad que se impactará, la presentación de la propuesta de investigación, la toma de muestras, el análisis de las muestras y la presentación de los resultados finales. Los/as estudiantes estuvieron de acuerdo en participar según los términos y procedimientos de la investigación.

Escenario

Dentro la Facultad de Ciencias Naturales de las instituciones universitarias, el curso del Laboratorio de Análisis Químico Instrumental es parte del inventario de cursos de concentración del Departamento de Química. El curso típicamente es ofrecido por

un/a profesor/a con preparación académica de Maestría en Ciencias o Doctorado en Filosofía con especialidad en Química Analítica. Además, para cada sección, se le asigna un/a asistente de cátedra.

El Laboratorio de Análisis Químico Instrumental, regularmente, se ofrece como un laboratorio tradicional que se conduce en las instalaciones físicas de la universidad en unas facilidades equipadas para llevar a cabo experiencias prácticas. El mismo cuenta con distintos recursos como instrumentos de laboratorio para análisis de muestras (cromatógrafo de gases, espectrofotómetro de infrarrojo, espectrofotómetro ultravioleta-visible, espectrofotómetro de absorción atómica, fluoroespectrómetro, potenciómetro, calorímetro diferencial de barrido, entre otros), reactivos químicos, entre otros.

Introducción al campo de estudio

Para comenzar a realizar este estudio cualitativo, se siguieron las recomendaciones de McMillan y Schumacher (2005). Primero, previo al estudio, se exploró las características de los/as posibles participantes, del programa académico y del curso. Es decir, se indagó sobre los intereses de los/as estudiantes; en qué consisten, los recursos y la facultad del programa; y, de modo general, el contenido del curso. Segundo, se trazó un mapa de campo. Para este paso, se recopiló datos sobre las dinámicas sociales que se dan en el campo de estudio con el propósito de ir conociendo el contexto. Finalmente, se estableció un enlace entre la directora del departamento, el profesor del curso y los/as estudiantes matriculados/as.

Aprobada la certificación expedida por el programa CITI (Collaborative Institutional Training Initiative) sobre “Investigaciones psicológicas, sociales o educativas” (Apéndice E), la aprobación del “Plan de control de exposición a COVID-19 para investigaciones de campo” (Apéndice F) y dado el visto bueno por el Comité Institucional para la Protección de los Seres Humanos en la Investigación (CIPSHI)

(Apéndice A), se comenzó un proceso de inserción de forma gradual. Primero, se solicitó una reunión con la directora del Departamento de Química para expresar el interés de realizar el estudio en el curso seleccionado y solicitar apoyo de parte del departamento para ejecutarlo por medio de carta (Apéndice G). Se aprovechó la reunión para obtener información sobre los recursos con los que cuenta el curso y solicitar permiso para entrar a la sección que es el caso de esta investigación. Luego, por medio de una misiva (Apéndice H) se solicitó una reunión con el profesor. En esta reunión, se invitó a participar del proceso, y se le indicó en qué consiste las actividades sobre Aprendizaje Basado en Servicio que será objeto de estudio. También, esta reunión sirvió para calendarizar las actividades que formaron parte del estudio como las visitas a las clases, las entrevistas, entre otras. Por otro lado, en la reunión de inicio del curso, con la autorización de la directora del departamento y el consentimiento del profesor, se visitó la sección identificada como el caso del estudio para invitar a los/as estudiantes a ser parte de la investigación. Se explicó el propósito y los métodos para recopilar los datos. Se recogió de forma escrita el consentimiento para participar del estudio y se explicaron los aspectos éticos, riesgos y los posibles productos del estudio. Es importante resaltar que esta orientación de invitación fue en ausencia del profesor del curso y que ningún/a estudiante se fue obligado/a a participar del estudio. En el caso de que algún/a estudiante decidiera no participar, no formaba parte del estudio. Esto implicaba que el/la estudiante no fuera objeto de observación en el estudio, ni fuera entrevistado. Inicialmente, se coordinó una visita de exploración al curso de forma tal que los/as estudiantes participantes se familiarizaran con el investigador y su presencia en las reuniones. Completada la recopilación de datos, se realizó una retirada del campo de estudio de forma gradual.

Recolección de datos

Procedimiento para la recolección de datos

Según Lucca-Irizarry y Berríos-Rivera (2009), en un estudio de casos se realiza una investigación a profundidad y las evidencias deben originarse de diversas fuentes para captar una visión holística del fenómeno que se está investigando. Además, recurrir a distintas fuentes de información permite que el asunto que se está investigando pueda ser mejor entendido y que la información pueda ser confirmada. Las técnicas de recopilación de datos que se integraron en el proceso investigativo que concierne a este estudio de caso son la observación participante dentro del campo de estudio, las entrevistas semi estructuradas, y la revisión y análisis de documentos. Entre los documentos que se pretendieron revisar fueron el silabario del curso, las guías de actividades, las guías de evaluación, copia de presentaciones y otros que se hagan disponibles.

Observación participante dentro del campo de estudio

La observación consiste en el acto de mirar el comportamiento de los/as participantes u objetos de estudio dada unas situaciones particulares para obtener información sobre el fenómeno de interés (Johnson & Christensen, 2017). Cuando se habla de observación cualitativa, Hernández-Sampieri y colaboradores (2018) sostuvieron que esta estrategia de recopilación de datos no se trata únicamente de una contemplación de las cosas que ocurren en el campo, si no que el observador requiere adentrarse en la profundidad de las situaciones particulares y mantener un rol activo. Además, indicaron que el observador se mantiene en una reflexión constante que le permita estar atento a los detalles en torno a los sucesos y las interacciones de los sujetos en el campo de estudio.

Para obtener un mayor grado de entendimiento del punto de vista de los/as participantes, el investigador asumió un rol de observador participante en el proceso de

la observación en el campo de estudio. Este tipo de observación permite la presencia abierta y activa del observador con acceso a las actividades relacionadas con el propósito del estudio (Hernández-Sampieri et al., 2018; Lucca-Irizarry & Berríos-Rivera, 2009). También, la observación participante permite preguntar y dialogar con las personas involucradas en el caso, lo que posibilita indagar más a fondo el significado de las experiencias a las que se exponen los/as participantes (Lucca-Irizarry & Berríos-Rivera, 2009).

Por esta razón, en las observaciones realizadas para esta investigación, el investigador fungió como observador participativo. Se ejecutaron seis observaciones calendarizadas: una en alguna práctica tradicional requerida para el laboratorio y las otras cinco fueron en ocasiones donde se llevaron actividades de la implementación de la estrategia de Aprendizaje Basado en Servicio. Como, por ejemplo, la reunión inicial con la comunidad que se impactará, la presentación de la propuesta de investigación, la toma de muestras, el análisis de las muestras y la presentación de los resultados finales. La dinámica de las observaciones se basó en la indagación de cómo las experiencias que se les brindaron a los/as estudiantes en el laboratorio fomentaron y motivaron el aprendizaje, las fortalezas y dificultades, y la apreciación de los/as estudiantes a las estrategias de enseñanza. Además, se observó cómo surgen los intercambios de ideas, la relación entre pares, las conductas relacionadas, el uso de los recursos y herramientas, el manejo de los problemas que surgieron de la intervención y cómo afectó el contexto el proceso.

Durante la observación participativa, se realizaron preguntas a los/as estudiantes para dar claridad a las observaciones. Esto sirvió para que explicaran en sus propias palabras cómo perciben las experiencias que se dieron como parte del curso de laboratorio, los problemas que enfrentan en el transcurso y cómo los resolvieron, entre otros aspectos importantes. Para recopilar la información, el investigador documentó

todas sus observaciones. Una vez se completó cada observación, el investigador desarrolló un narrativo y lo compartió con el director de la disertación.

Entrevistas semi estructuradas

Hernández-Sampieri y colaboradores (2018) definieron la entrevista en el contexto de la investigación cualitativa como una reunión para intercambiar información entre el/la entrevistado/a (participante) y el/la entrevistador/a (investigador/a). Sin embargo, puntualizaron que este intercambio de ideas se da de forma íntima, flexible y abierta, y que el propósito es conseguir una comunicación que permita la construcción del significado que tiene la experiencia en los/as participantes. Al igual que la observación y el análisis de documentos, la entrevista se considera un recurso importante a la hora de realizar un estudio de caso (Lucca-Irizarry & Berríos-Rivera, 2009).

Lucca-Irizarry y Berríos-Rivera (2009) reconocieron que en, casos donde se desea conocer o explicar las experiencias subjetivas y las vivencias de los participantes, se deben utilizar las entrevistas semi estructuradas. Además, sostuvieron que las entrevistas semi estructuradas se caracterizan porque tienen más libertad que las estructuradas, hay flexibilidad en el orden de las preguntas y la profundidad con que se abordan los temas.

Para este estudio, se identificó cómo la experiencia de Aprendizaje Basado en Servicio se acerca al aprendizaje de los/as estudiantes y cómo estos la perciben. Además, cuál es fue su apreciación en torno a cómo estas estrategias contribuyen a reconocer el rol de la Química en la sociedad. Para obtener esta información, las entrevistas semi estructuradas permitieron auscultar la respuesta de los/as estudiantes ante estas interrogantes dirigidas a entender el impacto de la estrategia de enseñanza.

La adquisición de información a través de esta estrategia de recopilación se guio por un protocolo de entrevista semiestructurada (Apéndice I). El proceso comenzó en

escoger seis estudiantes que estén de acuerdo en participar. Las entrevistas fueron calendarizadas y los/as estudiantes fueron notificados/as mediante una carta de invitación que recibieron a través del correo institucional; donde, además de la fecha, recibirán la hora y lugar de la entrevista.

Las entrevistas duraron alrededor de cuarenta y cinco minutos. Estas reuniones se realizaron en un ambiente accesible dentro de la universidad, en un lugar libre de interrupciones por personas o eventos ajenos al proyecto. Este espacio fue en un salón conferencia que fue identificado para este propósito. Las entrevistas se realizaron de forma individual y fueron grabadas. Si algún participante hubiera abandonado la entrevista, los datos se eliminaban con la grabación de audio recopilada, y no fuera para los hallazgos de este estudio. Luego de finalizar cada entrevista, la grabación digital fue transcrita. Para garantizar la integridad de la entrevista, la transcripción fue revisada por el/la entrevistado/a y, luego, pudo ser analizada por el investigador. Solo el investigador y el director de la disertación tuvieron acceso a las grabaciones guardadas en un archivo compartido. Los datos obtenidos en esta investigación fueron almacenados en un lugar seguro, cerrado bajo llave, en la residencia del investigador. Todos los datos, incluyendo las grabaciones de audio, se guardarán por un periodo de 5 años a partir de la conclusión de este estudio.

Revisión y análisis de documentos

Lucca-Irizarry y Berríos-Rivera (2009) recomendaron que en los estudios de casos se recojan y analicen documentos como estrategia de recopilación de información. Para este propósito, se pretendió recopilar información de documentos como el sílabo del curso, guías de experiencias experimentales o manuales, evaluaciones, rúbricas, suplementos, y todo documento al cual se tenga acceso y permita aumentar la evidencia. El propósito en particular del análisis de los documentos para esta investigación fue describir las actividades que se dan en el Laboratorio de

Análisis Químico Instrumental e identificar cómo se implementan estrategias de aprendizaje activo, y su relación con el aprendizaje en servicio. Para realizar esta estrategia de recopilación, se utilizó una plantilla específica para este propósito (Apéndice J). Esta actividad de recopilación de información proporcionó una estructura más amplia y precisa dentro de los hallazgos de este estudio.

Análisis de datos

El análisis de los datos cualitativos consiste en transformar la información resaltando los temas centrales y entrelazando sus elementos (Wolcott, 1994). En este sentido, a los datos recopilados se les da estructura para describir las experiencias de los/as participantes, comprender en profundidad el contexto, explicar las situaciones, encontrar un sentido en el marco del problema, relacionar los resultados con la teoría que se fundamente y construir nuevas teorías (Hernández-Sampieri et al., 2018). Consistente con lo que se plantea, este estudio adoptó el enfoque de la teoría emergente como base para guiar el proceso de análisis de los datos recopilados.

Para guiar el proceso de análisis bajo este enfoque, Strauss y Corbin (2008) propusieron un método de varios pasos generales. El primer paso consiste en obtener la descripción de los datos. Luego, se trabaja en la organización, la fragmentación y la categorización de los datos. Finalmente, se construye la teoría. Además, estos autores propusieron la sistematización del proceso de análisis mediante la codificación, que permite descomponer los datos, compararlos y diferenciarlos y clasificarlos en categorías.

En el análisis, se adoptó la de codificación abierta, la codificación axial y la codificación selectiva tal cual propusieron Strauss y Corbin (2008). En este sentido, la codificación abierta, primero, permitió fragmentar los datos. De esta manera, se pudieron identificar similitudes y diferencias para establecer las categorías. La codificación axial permitió relacionar las categorías y definirlas en términos de sus

propiedades y dimensiones. Eventualmente, mediante la codificación selectiva se organizaron las categorías de forma tal que sirvieron para explicar un concepto central y definir la teoría que emerge.

Al tener distintas estrategias de recopilación de información, como es recomendado para este diseño (Lucca-Irizarry & Berríos-Rivera, 2009; Yin, 2018), se permitió el análisis y confirmación la información a partir de distintos enfoques, mediante la triangulación. La triangulación fortaleció el análisis de los datos recopilados en el método cualitativo integrando distintos puntos de referencia. Esto permite que el resultado del estudio tenga un mayor grado de veracidad (Hernández-Sampieri et al., 2018).

Aspectos éticos

Esta investigación tuvo como principio salvaguardar la integridad de cada participante. La participación fue de forma voluntaria y, si algún participante deseaba no continuar en el estudio, podía retirarse cuando lo entienda, y la información recopilada hasta ese momento no se utilizaría para propósito alguno.

Para proteger la identidad de los/as participantes, a cada uno/a se le asignó un número para las observaciones y las entrevistas. Esto permitió que se garantice la confidencialidad en el proceso de recopilación de los datos del estudio.

Cabe destacar que para implementar esta investigación se solicitó aprobación al Comité Institucional para la Protección de los Seres Humanos en la Investigación (CIPSHI). Además, se le solicitó a cada participante completar la hoja de consentimiento informado (Apéndice B y C) donde se expuso en detalle los riesgos y procesos del estudio. Previo al comienzo de la investigación, se realizó una reunión con los/as participantes identificados/as para explicar asuntos relacionados a su participación, y aclarar las dudas o preguntas del estudio.

Riesgos y beneficios

Los riesgos asociados al estudio son mínimos. Sin embargo, durante las observaciones participativas y en las entrevistas, se podía sentir incomodidad con la presencia del investigador. En el caso de que el/la participante presentara incomodidad, se detendría el proceso. Además, podía sentirse agotado/a en el transcurso de la entrevista. Si esto hubiera sucedido, el/la participante podía solicitar fragmentar el periodo de entrevista. En el caso de requerir ayuda psicológica profesional para atender cualquier incomodidad o situación emocional, se refería al participante al Centro Universitario de Estudios y Servicios Psicológicos (CUSEP). Este servicio se solicitó por medio de carta (Apéndice K).

Por otro lado, se esperó que los beneficios esperados de esta investigación sean: comprender cómo las estrategias de enseñanza del curso de Laboratorio de Análisis Químico Instrumental facilitan el aprendizaje significativo, aplicar los conocimientos y destrezas del Laboratorio de Análisis Químico Instrumental en contextos reales, desarrollar nuevas estrategias de enseñanza de la Química desde la realidad del estudiante guiadas por el aprendizaje activo, y entender la utilidad de la Química en la resolución de los problemas sociales.

Es importante mencionar que no hubo beneficios directos o compensación al participar en la investigación.

Capítulo IV

Resultados

Esta investigación tuvo como propósito conocer, entender y describir la perspectiva de los/as estudiantes sobre la estrategia de Aprendizaje Basado en Servicio incorporada al curso de Laboratorio de Análisis Químico Instrumental. Además, se exploró cómo el curso fomenta estrategias de aprendizaje activo, y cómo estas estrategias se acercan a la forma en que los/as estudiantes aprenden y facilitan su entendimiento en torno al rol de la Química en la sociedad.

Para llevar a cabo este estudio, se utilizó la metodología cualitativa adoptando el diseño de estudio de casos. Para nutrir el estudio de caso, se recopiló información mediante el uso de tres estrategias de compilación de datos: el análisis de documentos, la observación participante y la entrevista semiestructurada. Contar con tres estrategias de recopilación permitieron analizar y confirmar la información integrando distintos puntos de referencia mediante la triangulación.

El análisis de los datos recopilados consistió en la propuesta de Strauss y Corbin (2008) para entrelazar la información en temas centrales. En primer lugar, se describieron los datos. Luego, se fragmentaron utilizando la codificación abierta donde se identificaron similitudes y diferencias para generar las categorías. Estas categorías se definieron y se relacionaron mediante la codificación axial. Finalmente, la codificación selectiva permitió organizar las categorías para explicar los temas centrales de este estudio y darle forma a la teoría emergente.

Este capítulo comprende principalmente del reporte de los resultados de este estudio de caso. Al inicio, se incluye la descripción de los/as participantes, de las entrevistas semiestructuradas, de los documentos que fueron analizados y de las observaciones participativas que fueron parte de las estrategias de recopilación de esta investigación. Luego, se integran las categorías que emergieron durante el proceso del

análisis de los resultados sustentadas con fragmentos de los narrativos generados para cada estrategia de recopilación que fue implementada.

Descripción de los/as participantes

La Tabla 4.1 muestra una descripción demográfica de los/as doce estudiantes que participaron del estudio.

Tabla 4.1

Descripción demográfica de los/as estudiantes del curso

Participante	Edad	Género		Clasificación (años)				
		Masculino	Femenino	1ro	2do	3ro	4to	5to
1	20	x				x		
2	21	x				x		
3	21	x				x		
4	21		x				x	
5	22	x					x	
6	22	x						x
7	22		x					x
8	21		x			x		
9	21		x				x	
10	21		x				x	
11	21	x					x	
12	21	x						x

Todos/as los/as estudiantes reportaron que era su primera vez tomando el curso. Además, todos tomaron el curso de Análisis Químico, Química Orgánica y Bioquímica. Dos de ellos reportaron que tomaron el curso de Química Física (Participantes 6 y 7) y cinco el curso de Química Inorgánica (Participantes 5, 6, 7, 8 y 10). Para propósitos del análisis, los/as estudiantes fueron identificados/as como Participante y se distinguieron de acuerdo con su número asignado según se muestra en la Tabla 4.1.

En esta investigación, el profesor de la sección fue objeto del estudio de caso. Su preparación académica incluye un doctorado en filosofía con Concentración en Química Analítica. El profesor cuenta con más de 15 años de experiencia ofreciendo

distintos cursos de Química (Química General I/II, Química Analítica, Química Instrumental, Química de Cosméticos) a nivel subgraduado y 5 años de experiencia trabajando en la industria farmacéutica. Ofrece y coordina el curso de Laboratorio de Análisis Químico Instrumental por los últimos 3 años.

Descripción de entrevistas semiestructuradas

La Tabla 4.2 muestra los datos de identificación de los participantes que fueron voluntarios para las entrevistas semiestructuradas. Cada entrevista se identificó con un número.

Tabla 4.2

Datos de los participantes de las entrevistas

Entrevista	Entrevistado/a
1	Participante 4
2	Participante 7
3	Participante 5
4	Participante 3
5	Participante 6
6	Participante 1

Descripción de los documentos analizados

La Tabla 4.3 muestra el título y la descripción general de los documentos analizados. Para propósitos de identificación, a cada documento, se le asignó un número. Parte de los documentos se incluyen como parte de los apéndices (L y M) conforme a lo que se señala en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3*Descripción general de los documentos analizados*

Documento	Título del documento	Descripción general del contenido
1	Sílabo Laboratorio Análisis Instrumental QUIM 4015L- Segundo Semestre 2021-2022 (Apéndice L)	El documento contiene el título del curso, su codificación, los requisitos, las horas crédito e información sobre el profesor y el salón del curso. Además, se hace una descripción del curso, los objetivos generales, el contenido y la distribución del tiempo. También, incluye las estrategias instruccionales, recursos para el aprendizaje, estrategias de evaluación, reglas del laboratorio, políticas institucionales y la bibliografía del curso.
2	Rúbrica para la Evaluación de Informes- Laboratorio de Química General 3001 (Apéndice M)	El documento contiene la rúbrica para la evaluación de informes. La misma incluye distintas categorías ponderadas para medir el desempeño de los/as estudiantes. Las categorías consisten en portada e índice (5%), extracto (5%), introducción (15%), metodología (10%), datos tabulados (10%), gráficas (10%), cálculos (10%), resultados tabulados (5%), discusión de resultados (15%), conclusión (5%), referencias (5%), y ortografía, puntuación y gramática (5%). Los puntos para cada categoría están definidos de 1 a 4 con indicadores. La tabla incluye espacio para observaciones y los puntos obtenidos por categoría.
3	Práctica Inicial: Entrenamiento en el uso de la instrumentación y en buenas prácticas de laboratorio	El documento es una guía para una práctica inicial con el objetivo de que los/as estudiantes conozcan los fundamentos básicos para realizar las prácticas experimentales del curso. Además, está enfocada en adiestrar a los estudiantes sobre operación de distintos instrumentos y las buenas prácticas del laboratorio. El documento incluye una información de trasfondo sobre qué consisten las buenas prácticas de laboratorio y la descripción del procedimiento que se subdivide en siete estaciones. Además, incluye una hoja de reporte de los resultados.
4	GCFID: Estudio de parámetros que afectan la respuesta y resolución de la cromatografía de gas	El documento es una guía sobre un experimento para practicar la técnica de GCFID (cromatografía de gas acoplada a un detector de ionización de llama) y la optimización de parámetros experimentales.
5	FLUORESCENCIA: Determinación fluorométrica de quinina en agua tónica	El documento es una guía sobre un experimento para practicar la técnica de fluorescencia para la determinación de quinina en agua tónica.

Descripción de las observaciones participativas

La Tabla 4.4 muestra información sobre las observaciones participativas que se realizaron como estrategia de recopilación de datos de este estudio. Cada observación fue identificada con un número. La Observación 1 fue realizada principalmente para describir el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental. El resto de las observaciones se realizaron para describir la aplicación de la estrategia de Aprendizaje Basado en Servicio en el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental.

Tabla 4.4

Descripción general de las observaciones

Observaciones	Actividad	Fecha (Horario)
1	Reunión de la sección del curso Laboratorio de Análisis Químico Instrumental en una práctica tradicional	24 de febrero de 2022 (1:00 pm- 3:50 pm)
2	Reunión de la sección del curso Laboratorio de Análisis Químico Instrumental con Para La Naturaleza	25 de febrero de 2022 (1:00 pm- 1:45 pm)
3	Reunión de la sección del curso Laboratorio de Análisis Químico Instrumental para presentar las propuestas de investigación	31 de marzo de 2022 (1:20 pm- 3:00 pm)
4	Viaje de campo a la Reserva Natural Cabezas de San Juan	1 de abril de 2022 (7:00 am- 12:30 pm)
5	Reunión de la sección del curso Laboratorio de Análisis Químico Instrumental para llevar a cabo la parte experimental de los proyectos de investigación	20 de abril de 2022 (1:00 pm- 4:00 pm)
6	Reunión de la sección del curso Laboratorio de Análisis Químico Instrumental para presentar los resultados de las investigaciones	5 de mayo de 2022 (2:30 pm- 5:00 pm)

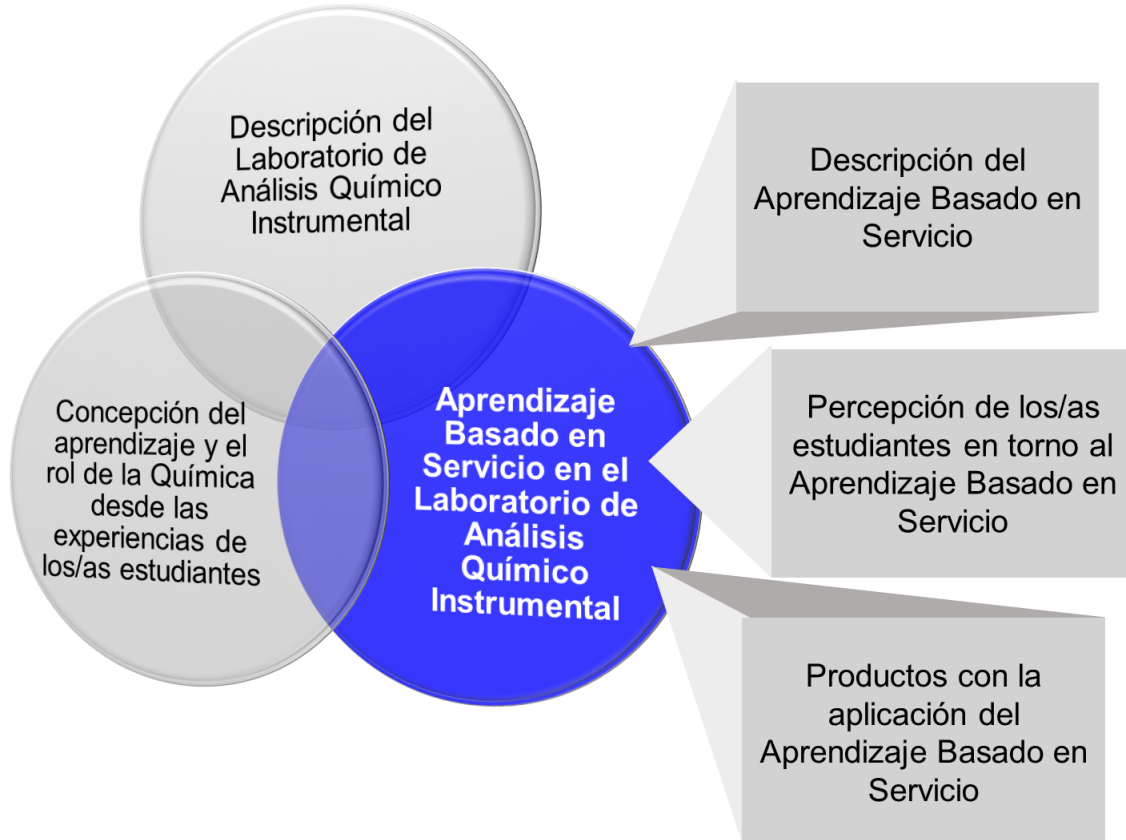
Una vez transcritas las entrevistas *ad verbatim*, analizado los documentos y descritas las observaciones, los datos generados fueron organizados para llevar a cabo el proceso de categorización. Con la codificación de los datos, emergieron cinco categorías que se muestran en la Figura 4.1. Las primeras dos categorías son:

Descripción del Laboratorio de Análisis Químico Instrumental y Concepción del aprendizaje y el rol de la Química desde las experiencias de los/as estudiantes.

Con la aplicación del Aprendizaje Basado en Servicio en el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental, surgen las tres restantes: ***Descripción del Aprendizaje Basado en Servicio, Percepción de los estudiantes en torno al Aprendizaje Basado en Servicio y Productos con la aplicación del Aprendizaje Basado en Servicio.***

Figura 4.1

Categorías emergentes en el análisis del estudio de caso



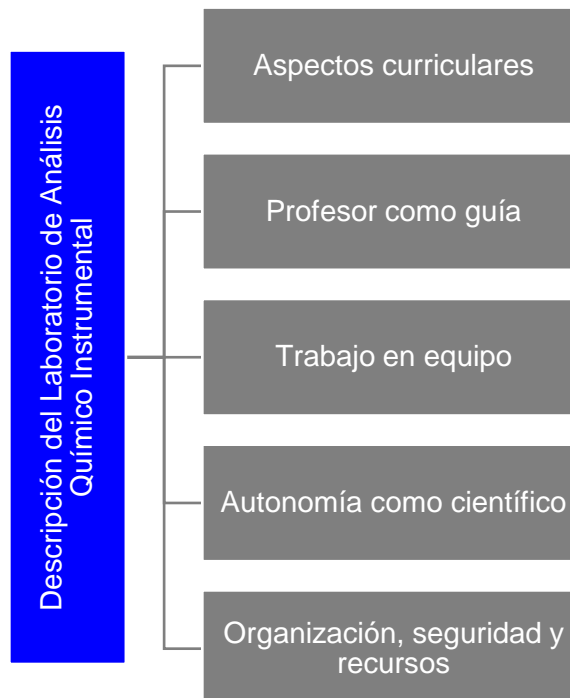
A continuación, se presentan las categorías que emergieron del proceso de codificación con los narrativos que las sustentan y que se obtuvieron de las distintas estrategias que se implementaron en este estudio de caso.

Categoría 1: Descripción del Laboratorio de Análisis Químico Instrumental

La primera categoría que emergió en el proceso de análisis de los datos es **Descripción del Laboratorio de Análisis Químico Instrumental**. Esta categoría resume la información sobre cómo es el curso de Laboratorio de Análisis Instrumental. Los hallazgos se originan del análisis de los documentos, las entrevistas y la Observación 1 que fue realizada con el propósito de describir el curso previo a la aplicación del Aprendizaje Basado en Servicio. En la Figura 4.2, se representan las subcategorías que emergieron para esta primera categoría.

Figura 4.2

Descripción del Laboratorio de Análisis Químico Instrumental



Subcategoría 1.1. Aspectos curriculares

La primera subcategoría resume los **aspectos curriculares** en torno al curso de Laboratorio de Análisis Químico Instrumental. En este sentido, se incluyen bajo esta subcategoría los hallazgos referentes a la filosofía educativa que persigue, la meta principal, el contenido temático, las prácticas experimentales que se realizan, las evaluaciones del curso y las destrezas de análisis químico que se fomentan.

En términos de la filosofía educativa que persigue el curso, se dice que el mismo está enfocado en el aprendizaje basado en el/la estudiante e incorpora estrategias de aprendizaje activo. En torno a la meta y el contenido temático del curso, en el análisis de documentos se encontró que el contenido temático consistía principalmente en el estudio y la aplicación de distintas técnicas de análisis instrumental (espectrofotométrico, cromatográfico, separaciones, electroanálisis y termoquímico).

Las prácticas experimentales van ligadas a estas técnicas de análisis químico. Esto se evidencia en los siguientes extractos originados del análisis de documentos, entrevistas semiestructuradas y observaciones participativas:

En el documento, se establece que el curso está diseñado utilizando estrategias de aprendizaje activo. Se indica que el diseño y la implementación se centra en el alumno promoviendo su participación y reflexión. Además, se establece que en las actividades se fomenta el diálogo y la colaboración entre compañeros, y el desarrollo de habilidades y actitudes. En la descripción del curso, se contempla como meta el desarrollo de destrezas prácticas para el uso de la instrumentación para realizar análisis químico cuantitativo y cualitativo. Además, se discuten técnicas cromatográficas, espectrofotométricas, calorimétricas y de electroanálisis. (Documento 1)

En este caso, nosotros hicimos una serie de experimentos con diferentes instrumentos que muchos de nosotros no habíamos tocado en nuestras vidas, y

pues haciendo ese experimento uno va entendiendo como esos instrumentos funcionan. A la larga, cuando cada uno de nosotros desarrollemos nuestra carrera profesional, si nos encontramos con esos instrumentos en nuestra carrera, pues tenemos un mayor entendimiento de lo que hacen, su función, para qué sirve. (Entrevista 5)

El contenido del curso consiste en una introducción al uso de la instrumentación, prácticas de análisis instrumental y procedimientos de operación estándares de 9 horas. Además, del contenido del curso incorpora 24 horas de Análisis Espectrofotométrico que incluye Espectroscopía Ultravioleta-Visible, Fluorescencia, Espectroscopía Infrarroja y Absorción Atómica. 14 horas se dedican al Análisis Cromatográfico donde se discute Cromatografía de Gas, Cromatografía Líquida y Separación de Fase Sólida. Luego, se incorporan 6 horas de Electroanálisis y 6 horas de análisis termoquímico. Se indica que se profundiza en la adecuación, calibración de los equipos, preparación de muestras y análisis de errores. (Documento 1)

Los experimentos sugeridos son “Práctica Inicial: operación y calibración de diferentes equipos”, “Síntesis y caracterización de nanopartículas de plata” (UV-Vis), “Extracción y cuantificación de cafeína en té” (UV-Vis), “Análisis de polímeros y/o sales” (DSC), “Análisis de etanol en Vodka” (FTIR), “Dureza de agua” (AA), “Determinación de quinina en agua tónica” (FLU), “Determinación de parámetros de adecuación” (GC-FID). (Documento 1)

Le pregunto al profesor sobre cuáles eran las prácticas que estaban trabajando. Me dice que estaban trabajando la de cromatografía de gas, la extracción y determinación espectrofotométrica de cafeína en té, la síntesis y caracterización de nanopartículas de plata, la determinación espectrofluorométrica de quinina en agua tónica, la determinación de etanol en enjuagadores bucales y vodka

mediante espectroscopía FT-IR, y la determinación de calcio en agua de grifo mediante la espectroscopía de Absorción Atómica. (Observación 1)

Esta guía (Práctica Inicial: operación y calibración de diferentes equipos) incluye 7 estaciones para distintas técnicas instrumentales: Fluorescencia, Espectroscopía Región Ultravioleta, Espectrofotometría en la Región Infrarroja FTIR, Cromatografía de Gas acoplada a detector de Ionización de Llama GC/FID, Cromatografía Líquida de Alta Resolución HPLC/UV-Vis, Potenciostato-Voltametría Cíclica y Calorimetría de Rastreo Diferencial. En cada estación, el procedimiento invita al estudiante a instruirse sobre el SOP (procedimiento operativo estandarizado) de cada equipo a utilizarse. Se practica la obtención de espectros/ voltamogramas/ cromatogramas y la optimización de los parámetros experimentales. Además, se practican destrezas de calibración de equipos, reporte y análisis de resultados. (Documento 3)

Por medio del análisis de documentos, también, se encontraron aspectos relacionados a la evaluación del curso. Estos incluyen prácticas experimentales, la redacción de informes, pruebas, asignaciones, trabajo diario, preparación de libreta de laboratorio y un proyecto de investigación. Sobre el proyecto de investigación se indica que el mismo consiste en el desarrollo de una idea de investigación aprobada por el profesor que incluye la elaboración de una propuesta, la revisión de artículos, la ejecución del proyecto y la presentación oral y escrita de los resultados de la investigación. El componente escrito del proyecto de investigación consiste en un informe cuyo contenido también fue identificado a través de análisis de documentos. En los siguientes extractos del análisis de documentos, se muestra esta información:

El curso incorpora como estrategias de evaluación la práctica inicial, informes largos, informes cortos, libreta, pruebas cortas, examen final, asignaciones, trabajo diario (apreciación) y propuesta y/o trabajo de investigación. Este trabajo

de investigación consiste en la revisión de literatura de varios artículos para seleccionar un tema con el aval del profesor, desarrollar una propuesta y completar un proyecto de investigación. Esta evaluación incluye la elaboración de un informe largo. Este informe consiste en un escrito de un artículo científico siguiendo formato de la Sociedad de Química de los Estados Unidos (ACS). Además, incluye la presentación oral del trabajo. En el sílabo, se establece que esta presentación debe ser de 15 min, que el estudiante debe estar preparado para contestar preguntas y que será evaluado por todos los estudiantes presentes, el profesor de laboratorio y profesores invitados. (Documento 1)

El documento contiene la rúbrica para la evaluación de informes. La misma incluye distintas categorías para medir el desempeño de los/as estudiantes. Para cada categoría, se señala un porcentaje (ponderación). Las categorías consisten en portada e índice (5%), extracto (5%), introducción (15%), metodología (10%), datos tabulados (10%), gráficas (10%), cálculos (10%), resultados tabulados (5%), discusión de resultados (15%), conclusión (5%), referencias (5%), y ortografía, puntuación y gramática (5%). Los puntos para cada categoría están definidos de 1 a 4 con indicadores. La tabla incluye espacio para observaciones y los puntos obtenidos por categoría. (Documento 2)

El laboratorio promueve el desarrollo o la afinación de distintas destrezas de análisis químico. Entre estas la limpieza analítica de la cristalería, la preparación de soluciones, el uso de distintos equipos instrumentales (espectrofotómetro de infrarrojo, cromatógrafo de gases, fluoroespectrómetro, balanza analítica, espectrofotómetro de absorción atómica), separaciones analíticas (extracción, cromatografía), la aplicación de curvas de calibración (métodos de adiciones estándar), y síntesis y caracterización de nanopartículas. Los siguientes narrativos extraídos de la Observación 1 y documentos analizados evidencian lo antes planteado:

Varios estudiantes limpian cristalería y comienzan a realizar sus prácticas. El Participante 4 y el Participante 9 trabajan en la preparación de soluciones en un extractor para realizar el experimento relacionado al cromatógrafo de gases. En este caso, se trata de un experimento para aprender a manejar los parámetros del equipo. (Observación 1)

El procedimiento experimental de la práctica incluye la preparación del cromatógrafo de gas. Esto incluye un ajuste en las variables del método como temperatura del detector, temperatura del inyector, temperatura de la columna, el flujo, entre otros. Además, incluye la preparación de soluciones y la inyección de las muestras en el cromatógrafo de gas. El análisis de este ejercicio incluye la determinación de los platos teóricos y la altura del plato teórico como medida de la eficiencia de la columna. La segunda parte de la experiencia consiste en medir el efecto de la temperatura en el factor de retención y el factor de selectividad en la separación de cloroformo y tetraclorocarbono. La última parte de la experiencia consiste en medir el efecto que tiene variar el flujo de la fase móvil en la resolución de los picos cromatográficos. (Documento 4)

El procedimiento experimental de la práctica incluye la preparación de una solución de ácido sulfúrico y una solución patrón de quinina. Además, se preparan diluciones de quinina a partir de la solución patrón para construir una curva de calibrado. Se prepara la muestra de agua tónica con diluciones en serie. A todas las muestras, se les mide la intensidad de fluorescencia con el fluorímetro. Se estudia el efecto del pH, la presencia de un electrolito, la temperatura y la presencia de oxígeno en la intensidad de la fluorescencia de quinina. (Documento 5)

Por otro lado, el Participante 1 me indica que él y su pareja de trabajo (Participante 12) están haciendo un montón de soluciones para hacer la

determinación de quinina en agua tónica por la técnica de fluorescencia. Destaca el asunto de la rotulación de las soluciones. Indica que hace una solución patrón y, a partir de esta solución, prepara otras disoluciones. En el extractor de al lado, el Participante 11 trabaja en la extracción de la cafeína en una muestra de té. La pareja de trabajo formada entre Participante 5 y Participante 10 me cuenta que están haciendo unas soluciones para determinar calcio por adiciones estándar utilizando Absorción Atómica. Otra pareja (Participante 7 y Participante 8) están haciendo los cálculos de Absorbancia a partir de la transmitancia que les dio el equipo de FT-IR para proceder a preparar las soluciones que utilizarán en el experimento de determinación de calcio. El Participante 2 y el Participante 3 se encuentran pesando distintos reactivos en la balanza analítica para llevar a cabo la síntesis de nanopartículas de plata. Además, hacen observaciones sobre las soluciones de nanopartículas según menciona la guía. (Observación 1)

Subcategoría 1.2. Profesor como guía

La segunda subcategoría es el rol del ***profesor como guía*** del curso de Laboratorio de Análisis Químico Instrumental. Entre las cualidades que asume el profesor que se identificaron en las Observación 1 y las entrevistas realizadas, se resalta que su rol incluye fomentar el uso apropiado del tiempo, aclarar los procedimientos, validar el trabajo realizado por los/as estudiantes y administrar el laboratorio.

A la 1:00 pm, el profesor permite la entrada de los/as estudiantes al salón del laboratorio del curso. Tan pronto se ubican, les indica que deben aprovechar el tiempo y comienzan a organizarse para iniciar los trabajos. (Observación 1)

El rol del profesor en el laboratorio, además de al principio presentarnos a estas técnicas, ya más allá fuera de semestre cuando ya uno entiende más o menos cómo se usan estas técnicas, pues obviamente es otra fuente que uno puede

utilizar para aclarar dudas. Pero, más allá de eso, el rol principal yo diría es como de un supervisor. O sea, él está allí de supervisor y, si hay que aclarar dudas, pues él está ahí. (Entrevista 5)

Primero, es bien importante el rol del profesor porque, aunque estábamos haciendo independiente y teníamos un manual, cuando teníamos dudas, cuando el manual quizás era un poquito ambiguo o cuando surgían distintas cosas, pues el profesor era quien nos ayudaba. Siempre estuvo pendiente de todo el mundo. Siempre nos explicó, al principio, cómo funcionan todos los instrumentos para que cuando rotáramos ya tuviésemos un conocimiento y, también, nos dejaba el manual, el *SOP* [Standard Operating Procedure] de los instrumentos para también tener eso. (Entrevista 6)

Mientras conversamos, un estudiante (Participante 6) consultó sobre un pedazo sólido que le quedó en el matraz donde preparaba una solución de cafeína. El profesor le dice que lo coloque en ultrasónica... Luego, el profesor les explica cómo utilizar el equipo de Absorción Atómica. Destaca que el equipo a veces da problemas. El profesor comienza con ellos a correr la autoevaluación del equipo... Por otro lado, el profesor explica a Participante 1 y Participante 12 cómo interpretar los resultados del espectro de emisión de fluorescencia. Hablan sobre un posible contaminante. Les explica cómo hacer y en qué consiste la función del *autozero*... El profesor pide a pareja de trabajo (Participante 5 y Participante 10) que usaban el equipo de Absorción Atómica ver sus datos porque quiere ver cómo salieron. Hace lo mismo con otros/as estudiantes (Participante 7 y Participante 8) para ver los resultados del experimento de FT-IR. En su discusión, va identificando los posibles problemas. Les cuestiona, por ejemplo “¿cómo fue que prepararon las soluciones?”. (Observación 1)

El profesor estuvo ahí siempre. Aunque fueran diferentes laboratorios, te explicaba, te decía ‘esto está aquí, esto está aquí’. Estaba siempre bien organizado. (Entrevista 2)

Subcategoría 1.3. Trabajo en equipo

La tercera subcategoría consiste en ***Trabajo en equipo*** y esta describe las dinámicas de equipo que se daban dentro del Laboratorio de Análisis Químico Instrumental. La intención de que se den estas dinámicas de colaboración parte y se evidencia desde los documentos del curso. Las observaciones y entrevistas datan que estas dinámicas de trabajo en equipo ayudan a los/as estudiantes a planificar sus gestiones en el laboratorio y contribuye a la seguridad de los/as estudiantes al hacer los procedimientos experimentales. Además, se evidencia que dentro del laboratorio se da la mentoría de pares y que entre ellos se complementan para cumplir con las tareas del laboratorio. A continuación, algunos extractos de la información recopilada donde se evidencia lo antes expuesto:

Además, en el sílabo se establece que en las actividades se fomenta el diálogo y la colaboración entre compañeros. (Documento 1)

Ya tenía planificado qué íbamos a hacer. Nunca nos sentábamos a decir “Ok, ¿qué vamos a hacer?”, sino era en otra clase que tenemos antes del laboratorio “tú vas a hacer esto”, “vamos a hacer esto”, “si no nos sale pues tenemos esto”.

(Entrevista 1)

Cada pareja de trabajo comienza a realizar el experimento asignado, consultan entre ellos y con el profesor. Entre los estudiantes se observa un ambiente de confianza cuando en las consultas se validan entre ellos lo que van a hacer. Esto se da en las parejas de trabajo y entre otros compañeros de la sección que realizaron las prácticas de forma previa. (Observación 1)

Si no tenías ayuda del instructor o el profesor estaba ocupado con otro estudiante, pues, definitivamente, era súper útil preguntarles a otras personas que ya habían hecho el experimento. Porque hacíamos experimentos en diferente orden. Así que lo que tú hacías un día, ya otra persona lo hizo en otro día. So podías preguntarle 'Ah, después de esto en verdad había que hacer esto' o 'qué reactivo había que usar porque no está esto'. Era bien útil. (Entrevista 4)

La pareja de trabajo formada por el Participante 5 y el Participante 10 le explica a otra pareja (Participante 7 y 8) cómo se realiza el experimento de determinación de calcio mediante Absorción Atómica, pues a estos le corresponde trabajar el experimento luego de haber completado la experiencia relacionada a FT-IR. (Observación 1)

Lo que noté mucho es que, si ya alguien había llevado a cabo el experimento, cuando le tocaba a otra persona, que le decían 'pues mira estas instrucciones no están claras, so déjame ayudarte. Hubo mucha comunicación entre grupo. Se hizo un grupo más pegado porque no era todo el mundo haciendo el mismo experimento, pero quieres tener los mejores cálculos, si no 'ah, ya yo hice esto déjame ayudarte de mi experiencia cómo llevarlo a cabo mejor para que no te pase mis errores'. (Entrevista 2)

La tendencia general que se observa es que entre los miembros de los equipos (parejas) de trabajo se distribuyen las tareas. El Participante 6 me comenta que él se encargaba mejor de la preparación de las soluciones mientras que su pareja de trabajo (Participante 7) hacía la extracción. El Participante 6 indicó que esto era de esa manera porque el compañero le había indicado que era mejor pipeteando. Le pregunto a otra pareja de trabajo (Participante 1 y Participante 12) sobre cómo ellos se deciden quién hace cada cosa y me dicen que no tienen

critérios como tal y que no determinan quién es más diestro sino más bien “mitad tú y mitad yo”, “Tú pipeteas esto, yo esto otro”. (Observación 1)

...tú haces esto y yo hago aquello, pero ambos estamos pendientes de lo que hacía cada una de manera individual. También, a mí, me gusta hacer eso para agilizar el paso. Entonces yo era la que avanzaba, pero la otra persona era precisión. Esas dos mezclas... (Entrevista 1)

A veces, como que nos dividíamos ‘pues mira yo voy a pesar’, ‘yo voy a buscar los reactivos’, ‘tú ve fregando’, ‘ve haciendo estas soluciones que no necesitan de estos gramos’, etcétera. Pues nos dividimos las cosas. Luego, al final, pues - por decirlo así- en la última parte, pues lo hacíamos pues juntos. Para economizar tiempo, pues nos dividíamos las tareas, pero tratábamos de intercalarla. Si había que volver a hacer eso en otro experimento, pues entonces el otro pues este intercambiábamos tareas. (Entrevista 6)

Subcategoría 1.4. Autonomía como científico

La cuarta subcategoría recoge información sobre la ***Autonomía como científico*** que asume el/la estudiante en el curso de Laboratorio de Análisis Químico Instrumental. Por consiguiente, la subcategoría describe el carácter de libertad e independencia que distingue la labor de los estudiantes en el curso y se sustenta con los siguientes extractos de entrevistas.

El hecho de que uno termina temprano y se pueda ir...Uno puede coger los instrumentos...uno podía empezar otro [experimento] sin tener que esperar que pasara un día... los experimentos no era para todo el mundo el mismo... nos enfocamos en eso... no tenemos que esperar que alguien termine. No estamos compartiendo los mismos reactivos. (Entrevista 1)

Pero bastante independiente. Se supone que ya tú llegues sabiendo lo que tienes que hacer. Básicamente, estás tú ahí sólo con el instrumento. Sí.

Definitivamente, tienes que tú leer el SOP [Standard Operating Procedure]. Antes no habían SOP. Ahora, es por primera vez que está el SOP. Así que tienes que instruirte tú y tu compañero sobre cómo usar el instrumento. No va a estar el instructor contigo ahí... 'dale click, dale click aquí'... Así que cómo enseñarte... que básicamente lo que tienes que hacer cuando estés investigando en un proyecto de investigación o en un trabajo. Enseñarte tú mismo. (Entrevista 4)

El concepto de Instrumental era que cada uno tenía una experiencia distinta. Esa era la mejor parte de Instrumental porque tú ibas a tu paso, no tienes que estar pendiente a que alguien haya terminado con el equipo, y muy similar al ambiente de trabajo. Vas a tu paso y tienes tiempo para resolver tus problemas. (Entrevista 3)

Analítica e Instrumental, ambos han sido mis laboratorios favoritos por eso mismo, por el que uno se siente más independiente, no sientes que estás haciendo cosas por cumplir una nota y ya. (Entrevista 6)

Subcategoría 1.5. Organización, seguridad y recursos

La quinta subcategoría recoge información sobre los aspectos relacionados a la ***Organización, seguridad y los recursos*** del Laboratorio de Análisis Químico Instrumental.

En torno a la organización del curso, se identificó que se trabajaba en grupos de dos estudiantes con una dinámica de rotaciones. Esta dinámica consistía en que las parejas de estudiante se rotaban los experimentos durante el semestre.

Normalmente, nosotros estábamos en grupos de dos. (Entrevista 4)

La dinámica del curso es hacer las prácticas en rotación debido a la disponibilidad de los instrumentos. (Observación 1)

...cada uno tiene un experimento diferente... Estabas tú y tu *partner* y se averiguaba como era. (Entrevista 2)

En términos de las dinámicas del laboratorio, me gustó que cada semana teníamos un experimento diferente con instrumento diferente a utilizar... Nadie está haciendo algo igual. Unos están en Absorción Atómica, otros en el UV-vis, otros están el fluorímetro y otros en el IR... si tú pones a todo el mundo a hacer el mismo experimento y después a ver, todo el mundo se va aglomerar en el mismo instrumento a medir muestra y pues se va a tardar uno para siempre. Eso se va a ver mayormente afectado cuando vaya al de Absorción Atómica.

Absorción Atómica son un montón de muestras diferentes y, en lo que eso va en el carrusel, se formó un tapón ya. (Entrevista 5)

Primero, pienso que es más efectivo que hacerlo todo a la vez; porque todo a la vez, terminan haciéndose fila en los instrumentos, hay que esperar. Al estar todos separados, eso no ocurre. Quizás, al estar todos a la vez por el procedimiento, está más claro porque todo el mundo está haciendo lo mismo y ahí la consulta con compañeros hasta más fácil de conseguirla, pero pienso que es mejor hacerlo así separado que lo estándar, que sería hacerlos todos a la vez. (Entrevista 4)

Pues me gustó por el hecho de que primero no estaban todos en el mismo equipo, usando las mismas cosas. Pero, también, más por la organización, porque cada cual está siendo un experimento distinto, todo el mundo está en sus cosas y no todo el mundo está haciendo lo mismo. Porque cuando todo el mundo está haciendo lo mismo- no es que es malo que uno se ayude con los demás-, pero como que todo el mundo está uno se atrasa poquito más, otros están más delante, a veces uno tiene que esperar para que lo termine.

(Entrevista 6)

Creo que el hecho de que tuviésemos rotando experimentos, que tuviésemos solo un día en específico haciendo un experimento o varios, pues te concentrabas más en ese experimento y, cuando pedía ayuda, era una ayuda por decirlo así más específica hacia lo que tú tienes duda, no como que una duda en general que tienen todos los que están haciendo el experimento; o sea, que la comunicación entre profesor o entre los TA [teacher assistant] contigo era más personal. El aprendizaje, pues, obviamente, creo que fue un poco mejor en ese sentido, porque solamente- si tenía que atender a los otros- pero cuando tenía que ver contigo era solamente contigo y tu experimento, y lo que te estaba pasando a ti. (Entrevista 6)

En el caso de la seguridad, se observó que los/as estudiantes del curso asumían una cultura de seguridad característica de los laboratorios de Química. Por otro lado, en cuanto a los recursos del Laboratorio de Análisis Químico Instrumental, además de la cristalería y los reactivos, el laboratorio cuenta con distintos equipos instrumentales. Dentro de los recursos, se incluyen a otros actores que forman parte del curso de Laboratorio de Análisis Químico Instrumental. Estos son el asistente de cátedra y el mentor del curso. Esta información se evidencia en los siguientes extractos:

Todos visten adoptando las reglas de seguridad. Esto incluye el uso de bata y gafas de seguridad. (Observación 1)

La seguridad en el laboratorio es algo que se ha mantenido bastante como estándar desde Química General hasta acá abajo. Siempre hay que usar guantes, batas y gafas. (Entrevista 5)

Se establece que entre los recursos del curso se encuentra la cristalería común de laboratorio, equipos volumétricos, balanzas mecánicas, balanzas analíticas, potenciómetro, electrodo selectivo, plancha de calentamiento y agitación, purificador de agua, bombas de vacío, espectrofotómetro UV-vis,

espectrofotómetro región infrarroja (FTIR), Espectrofotómetro de Absorción Atómica, Fluorímetro, cromatógrafo de gas (GCFID), Cromatógrafo líquido de alta resolución (HPLC), calorímetro de rastreo diferencial (DSC) y celdas espectrofotométricas y computadoras. (Documento 1)

Algunos de los equipos se encuentran dentro del salón del laboratorio y otros en salones laboratorios anexos. Dentro del salón, se encuentran los espectrofotómetros UV-vis, el espectrofotómetro de la región infrarroja (FTIR), un espectrofotómetro de Absorción Atómica, un fluorímetro, y un calorímetro de rastreo diferencial (DSC). En el laboratorio anexo, se encuentra el cromatógrafo de gas (GCFID). (Observación 1)

En el laboratorio, se cuenta con un asistente de cátedra y una estudiante mentora que tomó el curso anteriormente. Estos supervisan a los/as estudiantes y los/as ayudan en el manejo de los equipos... La pareja de trabajo formada por Participante 3 y 9 operan el cromatógrafo de gas con ayuda del asistente de cátedra sin problemas. (Observación 1)

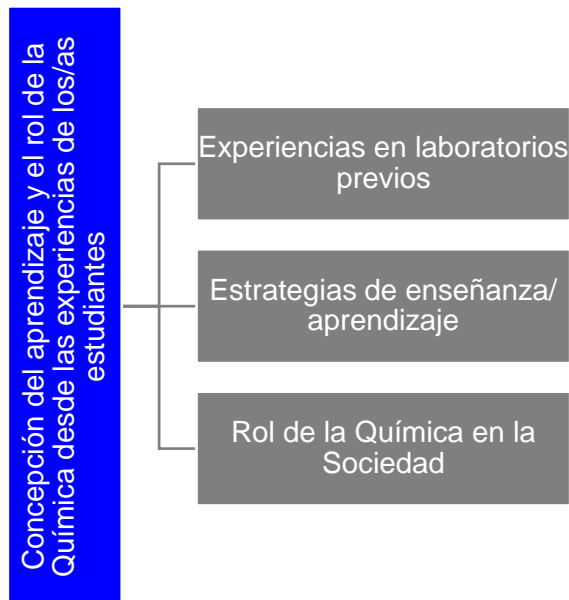
El instructor, TA [teacher assistant] también nos ayudaba. Así que no había problema en eso. (Entrevista 4)

Categoría 2. Concepción del aprendizaje y el rol de la Química desde las experiencias de los/as estudiantes

En la segunda categoría **Concepción del aprendizaje y el rol de la Química desde las experiencias de los/as estudiantes**, se describe cómo ellos/as entienden que comprenden y conceptualizan la Química de acuerdo con sus experiencias. Además, se incluye en esta categoría las concepciones sobre el rol de la Química en la sociedad. La Figura 4.3 muestra un diagrama de conceptos que incluye las tres subcategorías que emergieron de esta categoría a raíz del proceso de codificación y análisis de las entrevistas semiestructuradas.

Figura 4.3

Concepción del aprendizaje y el rol de la Química desde las experiencias de los/as estudiantes



Subcategoría 2.1. Experiencias en laboratorios previos

En la primera subcategoría de esta segunda categoría, se presenta la información en torno a las experiencias que los participantes señalaron con relación a otros cursos de laboratorio que habían tomado. Conforme a sus expresiones, se reconoció una pobre habilidad para llevar a cabo destrezas de análisis químico y optimizar métodos. Además, se mencionaron algunos contrastes con respecto al Laboratorio de Análisis Químico Instrumental. Entre estas diferencias se destacan que el acceso de los instrumentos es por medio de un/a instructor/a, que todos los/as estudiantes realizan concurrentemente un experimento, que el contenido es fijo o predeterminado y no motivador. Las siguientes expresiones de los/as participantes evidencian esta información.

Pero en otros años anteriores, pues como no se... si algo me sale mal, pues pregunto, pero me quedo con la duda igual. Como que alguien me tiene que decir y me quedo ok. Por ejemplo, hacer disoluciones y esas cosas como que no me salen. Alguien tiene que decirme cómo hacerlo porque no me salen...las titulaciones nunca me salían. Como que no puedo optimizar un método yo sola. (Entrevista 1)

Los laboratorios me han dado bastante estrés porque muchas veces es aprendiendo una técnica nueva y uno no sabe bien cómo hacer las cosas, tiene que estar ahí con el procedimiento, leyéndolos siempre, no te da tiempo muchas veces de leerlo bien. Se tiene que estar ahí en el laboratorio leyendo el procedimiento y, también, tedioso. Muchas veces tedioso. Hay que apuntar todo en la libreta y eso. Es interesante cuando vemos colores en los labs, pero no en todos se ven colores. (Entrevista 4)

En otros laboratorios, uno tiene que pedirlo o algo [refiriéndose a los instrumentos]. (Entrevista 1)

...todo el mundo hacía un mismo experimento que se podía ver que estaba haciendo uno y averiguar. (Entrevista 2)

Previos al laboratorio de Química Instrumental, eran temas demasiado como fijo en lo que quieren que aprendamos. Esto viéndolo desde mis ojos, porque yo siempre me he considerado alguien menos de ir con la norma y eso no me encanta. El hecho de que siempre todos laboratorios van a ser 'lo que vamos a hacer es esto y esto vamos a hacer' y 'todos vamos a ir a la vez' y 'todos vamos a hacer exactamente lo mismo' es, o sea, para mí siempre fue un poco monótono. Entiendo la necesidad de ver todas las cosas básicas y enseñárselas a todos a la vez, y no tener a gente que no sea para hacer una cosa ya buscando cosas más avanzadas. (Entrevista 3)

Sentía que algunos experimentos- quizás también eran por el curso de Química General- que era un poquito sencillo. Eran pesar agua o cosas así, que es como que, por decirlo así, no es tan divertido, como que sientes que no estás haciendo nada. (Entrevista 6)

Por otro lado, algunos participantes describieron su experiencia como buena, y resaltaron la labor de los/as instructores, la estructura de las actividades de estos laboratorios y el aprendizaje recuperado. A continuación, expresiones que sustentan estos puntos de vista.

Ha sido buena. Siempre los TA [teacher assistant] y profesores ayudan. Si no entiendes algo se dedican a enseñarte. Siempre se aprende mucho en los laboratorios. (Entrevista 2)

En términos de enseñanza, es bastante bueno porque primero se discute toda la teoría, se lleva a cabo el procedimiento y después, al final, se discute los resultados de lo que se lleva a cabo. (Entrevista 2)

Definitivamente, he aprendido técnicas básicas: titulación, todas las otras técnicas para sacar propiedades físicas que son fundamentales para aprender otras técnicas y eso... En Química General, estuve online so había algunas lagunas, pero definitivamente uno aprende. (Entrevista 4)

Se aprende a trabajar en grupo y escribir informes y, pues ya para Instrumental uno sabía. (Entrevista 3)

Subcategoría 2.2. Estrategias de enseñanza/aprendizaje

La segunda subcategoría radica en las ***Estrategias de enseñanza/ aprendizaje*** dentro de la segunda categoría **Concepción del aprendizaje y el rol de la Química en la sociedad**. En esta sección, se incluyen las expresiones de los/as participantes cuando se les preguntó en torno a cómo ellos entendían que aprendían mejor la Química. Sus expresiones indicaron que las estrategias que ellos entendían que eran

más efectivas son los ejercicios de práctica o resolución de problemas, la contextualización con hechos reales, el aprendizaje basado en la experiencia o la práctica, o la intercalación de distintas estrategias de enseñanza.

Tú vas haciendo problemas relacionado con los temas en la clase y los discute al frente de todos los compañeros y eso es una dinámica que también es súper buena. (Entrevista 5)

Yo pienso que sería aplicar el conocimiento ya sea resolviendo cosas, resolviendo problemas. Los exámenes que pienso que son mejores exámenes son los que te ponen a pensar; no simplemente a vaciar una botella. (Entrevista 4)

Recientemente, estábamos haciendo unas presentaciones de artículos y muchas personas tocaron el tema de metotrexato, una medicina tipo quimioterapia para pacientes de cáncer y artritis, y me tocó..., pero no sabía que la Química se veía con la fotodegradación y con el tema de fotodegradación, me interesó más por esos asuntos, de cómo ellos lo presentaban y sus efectos. (Entrevista 2)

Algo que a mí me motiva para seguir aprendiendo ciencias es que tiene una aplicación en la vida y que puedes hacer cosas con eso. Eso con otra ciencia como Física, pues se me haría un poquito más difícil relacionarlo... Por ejemplo, a mí, me interesa mucho mejorar los procesos, que seamos una sociedad más sustentable y que seamos más verdes; y pues de las cosas que me motivó a investigar era conseguir un laboratorio- porque yo investigo subgraduado- que tuviese aplicaciones para desarrollo sustentable y por eso es por lo que estoy investigando con el Dr. Noruega [nombre ficticio] sobre la síntesis de membrana para purificación de agua y eso me motiva a seguir aprendiendo Química. Que no estoy simplemente aprendiendo por aprender. (Entrevista 4)

En términos de cuando estaba un ambiente demasiado controlado, se esperan unos resultados también relativamente controlados, que no es lo que es real en la vida de estudiar. En un laboratorio, tú no necesariamente vas a estar siempre estudiando en ambientes controlados. Es mejor la experiencia en cuanto a que tienes que prepararte más, porque tienes que prepararte de manera consciente... En un ambiente muy controlado, que fue lo que me dijeron, yo sé que va a funcionar, así que tengo que hacer me dijeron paso A, B y C así que voy a hacer paso A, B y C, y eso me va a dar resultado que le dio todo el mundo. Lo prefiero más el *trial and error*. (Entrevista 3)

Aplicado, definitivamente. O sea, a mí, pasa que yo como persona, no soy una persona mucho de teórico, sino que prefiero tener todo aplicado, ensuciarme las manos y todo eso. Ver resultados, eso para mí es lo más importante. Como que ver resultados o ver cómo funcionan las cosas o ver cómo los instrumentos están funcionando es lo que me ayuda a mí a entender en esencia. Por eso, uno de los problemas con los cursos que son mayormente teóricos siempre ha sido un problema para mí; cómo que puedo atender, pero no voy a aprender tanto; sino que las cosas que vi y aprendí pues se quedan más tiempo, puedo sacarle más uso. (Entrevista 3)

Creo que la mejor forma es practicándolo y, ahora que estuvimos la oportunidad de aplicarlo, pues creo que aplicándolo no simplemente aprendí más, sino que también como que me interesó más hacerlo, porque sentía que estaba haciéndolo también, no solamente aprendiéndolo. (Entrevista 6)

Hay mucha gente que también es visual y pues viendo los experimentos, viendo las interacciones, qué está pasando. Por lo menos, ver las reacciones, uno puede tener mayor entendimiento de lo que está pasando. Voy a tomar otro ejemplo sencillo. Una vez en el laboratorio de Orgánica, en el experimento de

igual disuelve igual, nos dieron chocolate con chicle, y dado que el chocolate se disuelve el chicle por las interacciones similares que tiene. Y pues uno con esos miniexperimentos que uno puede decir que son bobitos, pero uno aprende de ellos, pues lo ves visualmente y vas entendiendo mejor cómo funciona todo.

(Entrevista 5)

...que la persona presentando el tema busque maneras alternas de expresarlo; que no sea básicamente del libro. Buscar una manera de que la gente diga 'ah, visualizarlo de esta manera me ayuda mejor' porque no todo el mundo aprende de la misma manera y decirlo de la misma manera para todos no funciona.

(Entrevista 2).

Subcategoría 2.3. Rol de la Química en la sociedad

La tercera subcategoría recoge las expresiones de los/as participantes en torno al **Rol de la Química en la sociedad**. Los hallazgos de las entrevistas realizadas a los/as participantes reconocieron el rol de la Química en temas asociados a la contaminación del ambiente, desarrollo de materiales y la salud. Los siguientes extractos de entrevistas evidencian este análisis:

La Química es lo que nos da el fundamento teórico para nosotros poder lograr objetivos porque de nada vale que uno quiera mucho que el planeta se mejore sin tú saber bien cómo arreglar... el *harvesting* de *energy* que tenemos, disminuir las emisiones. Es como una herramienta para poder lograr objetivos para mejorar las funciones. (Entrevista 4)

En problemas sociales como tal, en las cosas que afectan al día- día que tengan que ver con la Química pues la Química ayuda a mejorar eso. Ya sea en la contaminación que afecta la laguna o el ambiente, pues el rol del químico es averiguar qué químicos [refiriéndose a sustancias químicas] están haciendo efecto y cómo lidiar con estos. (Entrevista 2)

Bueno si no vamos a lo bien básico, todo es Química. Todo pasa por reacciones químicas, todo va a ser la Química. Así que, si queremos ver el rol de la Química, pues podemos aplicar la Química en todo y pues... En cuanto a problemas sociales, podemos usar la Química para explicar por qué están ocurriendo o cuáles son los efectos de los problemas sociales. Como en el caso de mi proyecto- estamos hablando de nitratos y fosfatos en el agua que fue el proyecto que nosotros hicimos- con los resultados que nos daba eso podíamos ver problemas sociales como lo que es la contaminación basada en los resultados que teníamos los cuales tuvimos a través de Química. Por lo tanto, la Química nos puede ayudar a explicar todo, explicar por qué debemos arreglar estos problemas sociales, o los efectos de los problemas sociales, o cómo podríamos arreglarlo, etcétera. Simplemente eso es como una herramienta.

(Entrevista 3)

La Química cuando tú ves tiene muchas conexiones. Siempre está en nuestra vida diaria y tener ese conocimiento químico, aunque sea básico puede ayudar a explicar un montón de cosas, porque muchas cosas se basan en la Química. Un ejemplo sencillo: el jabón. ¿Cómo funciona el jabón de fregar? ¿Por qué uno no limpia con agua nada más y limpia como agua y jabón? Porque el jabón tiene esas micelas que son capaces de atrapar las grasas a diferencia del agua.

(Entrevista 5)

La Química, dentro de las ciencias, yo la considero como que el corazón de todas las ciencias, porque todo se basa o tiene que ver con Química. Así que creo que tiene un rol bien importante y, definitivamente, como aplicando las cosas que uno puede aprender dentro de ella, pues podemos lograr diferentes cosas como aplicarlo a la comunidad. Por ejemplo, los medicamentos y eso para la salud y el bienestar de las personas cuando están enfermas. (Entrevista 6)

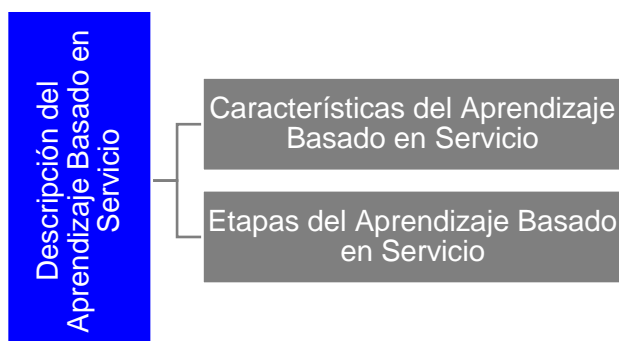
Categoría 3. Descripción del Aprendizaje Basado en Servicio

La tercera categoría ***Descripción del Aprendizaje Basado en el Servicio*** surgió de la implementación de esta estrategia de enseñanza para llevar a cabo el proyecto de investigación del Laboratorio de Análisis Químico Instrumental. La información de esta categoría se recoge a través de la descripción de las observaciones y las entrevistas realizadas a los participantes entorno a su experiencia en el curso donde se aplicó el Aprendizaje Basado en Servicio.

La Figura 4.4 muestra un diagrama donde se ilustra las subcategorías e ideas emergentes que se sintetizaron en la categoría 3.

Figura 4.4

Descripción del Aprendizaje Basado en Servicio



Subcategoría 3.1. Características del Aprendizaje Basado en Servicio

En la primera subcategoría de la tercera categoría, se recopiló información sobre las ***Características del Aprendizaje Basado en Servicio*** aplicado en el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental. La Figura 4.5 ilustra las características identificadas mediante el análisis de las entrevistas y las observaciones realizadas.

Figura 4.5

Características del Aprendizaje Basado en Servicio en el Laboratorio de Análisis

Químico Instrumental



Las características del Aprendizaje Basado en Servicio que se destacan son la ausencia de guía o resultados previos, la interacción en otros ambientes/contextos por su acercamiento a la comunidad, el elemento de servicio y que se fomenta el trabajo en equipo. Además, los/as participantes indicaron que la aplicación de esta estrategia parte de que los/as estudiantes tienen un conocimiento previo, puede resultar en un análisis

químico de mayor complejidad e incluye un elemento motivacional. A continuación, paso a describir las características identificadas.

La **ausencia de una guía o resultados previos** es una de las características más notables pues a los estudiantes no se les provee un procedimiento para llevar a cabo su investigación y deben construir sus experimentos. Esto se identifica en los extractos de algunas entrevistas a continuación:

Unas ventajas que, a comparación con los demás, es que ellos simplemente sabían 'Ah quiero estas muestras, están aquí en el laboratorio, vamos a llevarlo a cabo'. Nosotros no; teníamos que averiguar, buscar sobre la laguna a ver si podías llevarlo a cabo, si tenías todas las cosas suficientes. Se sentía como si estuviéramos en la industria. Teníamos que empezar desde cero, al igual que instrumentos, si se tenían o no se tenían, como lidiar con eso, si se tenía que cambiar, se cambiaba. (Entrevista 2)

Cuando llevamos a cabo la separación, no sabíamos si lo que estaba flotando eran los microplásticos o no, porque era completamente muestra diferente a los artículos que habíamos buscado de los ríos y estamos dando agua salada, so no sabíamos si iba a funcionar igual. (Entrevista 2)

...al no tener resultados previos o, por lo menos, una guía con exactamente lo que tenemos que hacer, como aquí... nos hizo buscar un poco más de *papers*, entonces mezclar esos *papers*, comparándolos. (Entrevista 1)

En el caso de la aplicación de la estrategia, los/as participantes entrevistados/as destacaron que una de las características que hace contraste con los proyectos de investigación de otras secciones donde no se aplicó el Aprendizaje Basado en Servicio es la **interacción con otros ambientes/ contextos** a parte del laboratorio de instrucción. Con la interacción en otros ambientes, surge la interacción con otros actores que propician conocimiento. En este caso, los participantes reportaron el

beneficio de nutrirse de su experiencia durante el proceso. También, indicaron una ventaja al exponerse a otras áreas donde se aplica la disciplina. Los siguientes extractos de entrevistas describen esta información:

Que la idea era que se aplicara lo aprendido en el curso pero que el resultado de la investigación trascendiera el espacio del laboratorio en contextos reales.

(Observación 2)

Pues fue una gran diferencia. Primeramente, fuimos para allá. Después, nunca habría- por lo menos en grupo- bregado con las muestras que ellos utilizaron.

So' ir para allá, primero, es una experiencia distinta en vez de estar aquí en el laboratorio. Segundo, estar en un nuevo ambiente de la naturaleza. (Entrevista

1)

Llegamos a la reserva natural a las 9:00 am. Mientras nos vamos bajando de la guagua, la representante de Para La Naturaleza y el profesor (que había llegado con anterioridad) se nos acerca y comienza a dar instrucciones para que nos movamos hacia el pabellón para organizar lo que se iba a trabajar este día. En el pabellón, se reunieron formando un semicírculo frente a un mapa de la reserva.

La representante de Para La Naturaleza comienza señalando que la reserva es un laboratorio natural con condiciones reales, distinto a los laboratorios de enseñanza donde el ambiente es controlado. Les felicitó por las propuestas que presentaron a partir de las ideas que surgieron en la reunión pasada. Señaló que ella se iba a encargar de explicar dónde iban a realizar el muestreo, cuestiones de seguridad y acceso. (Observación 4)

Yo entiendo que es beneficioso porque ellos están ahí todo el tiempo. Ellos conocen la laguna más que nadie. Los consejos de ellos, dejándonos saber mira estén pendiente a esto, recuerden esto y esas cosas, es valioso para cualquier persona. (Entrevista 2)

La interacción humana con ellos pienso que fue bueno para quitar ese miedo de que 'Eah, diantre, si no funciona esto...' (Entrevista 4)

Además, el gestor ambiental indicó que con la experiencia se iba a estar tomando un aprendizaje sobre si su afinidad pudiera dirigirse más al campo o a un laboratorio. (Observación 4).

También, da potencial a la gente que no está segura de lo que quiere hacer. Entonces te enseña esto es un área. Esto es un área que yo nunca había considerado, ni que hubiese tenido interés y, a mí, me gustó hacer el proyecto. Y yo, en cuanto a las cosas de ambiental, eso nunca había sido... Me gusta la idea de eso de tener es como... lo que hacen en medicina que los pasan por todas las especialidades y ellos aprenden todas las especialidades y pueden decir 'ah, esto me gusta, esto no me gusta'. No es lo mismo estar todo el tiempo teórico y conocer gente que estuvo y ya, a tu meterte allí y hacerlo, y decir 'wao esto me gusta o esto no me gusta'. Creo que tiene más importancia... (Entrevista 3)

Ese tipo de experiencia nos saca fuera del ambiente de laboratorio, del salón de clase y nos expone. Es muy valorable porque nos expone más cerca lo que sería la vida real, la vida profesional. (Entrevista 5)

Así que creo que esos consejos fueron muy buenos para nosotros, específicamente en la propuesta porque nos indicaban como que 'mira en este punto realmente no podemos llegar para muestrear por tal cosa'. El conocimiento de ellos fue clave para nosotros como que modificar esa propuesta y pues lograr hacer lo que era posible. (Entrevista 6)

Una característica del Aprendizaje Basado en Servicio que se recreó en la estrategia es el **elemento de servicio**. Este elemento lo visualizaron los participantes al desarrollar el proyecto de investigación que consistía en el análisis químico de diversos

analitos (sustancias bajo estudio) en la Laguna Grande de la Reserva Natural Cabezas de San Juan. Esto se evidencia en los siguientes extractos:

Durante la investigación que se llevó a cabo, se llevó un servicio a las personas en la laguna al recolectar datos necesarios para poder mantener la laguna.

(Entrevista 2)

No es lo mismo así a hacer una medida con jugo de china que compraste en el supermercado, y lo trajiste y mediste y eso no te afecta en nada. Nosotros vimos el lago, vimos los problemas, conocimos a la gente que está allí, vimos como esto los iba afectar, ellos estaban interesados en nuestras muestras. (Entrevista 3)

Además, siento que uno le mete un poquito más empeño a eso [refiriéndose al proyecto de investigación], sabiendo que ellos cuentan con nosotros, que podríamos tener un impacto con ellos porque me imagino que en otras propuestas uno trata de salir de eso lo más rápido que pueda, analizar las cosas y ya. Tratas como que regalarle a esa gente algo, algo tuyo, y pues tratas de hacer un buen trabajo. (Entrevista 4)

Creo que nuestros resultados son buenos porque nos dejaban saber que no hay ningún peligro por el momento, no hay nada que hacer al respecto por el momento. Pero si fuese una concentración quizás de 0.2 ppm [partes por millón], que ya está un poquito por encima o al borde, pues también podrían impactar, tienen que tomar algunas medidas. Al igual que estuviesen bajito, porque es un metal [refiriéndose a litio] que también es necesario, aunque sea en bajas concentraciones. Así que creo que nuestros resultados fueron importantes para ellos saber si deben de tomar acción o no; que, en este caso, por el momento, no. (Entrevista 6)

Al finalizar, el profesor agradeció a los estudiantes por el trabajo realizado.

Resaltó que se pudo ir directamente a monitorear y se logró el servicio comunitario. Además, indicó que se obtuvieron resultados útiles para la comunidad que le van a dar una idea a ellos sobre las condiciones de la laguna.

(Observación 6)

Otra de las características encontradas con la implementación del Aprendizaje Basado en Servicio es que se **fomenta el trabajo en equipo**. Esto se evidencia en los siguientes extractos de observación y las entrevistas:

La representante de Para La Naturaleza intentó con la taza de muestra de mango largo, pero no tuvo éxito. El participante 6 ayudó pasándose al lado de los manglares brincando el pasamano del tablado y con una pala se esforzó para tener la muestra de los sedimentos balanceándose sobre las raíces de los manglares. (Observación 4)

Ya estábamos unidos, pero nos unió más todavía porque esa misma unión de ayudarnos reflejó también en la laguna ayudándonos con las muestras, cargando cosas. Unió al grupo. (Entrevista 2)

También, es bastante *fun*, divertido, salir de excursión así para sitios con tus compañeros. Eso es algo que casi nunca se hace y menos en estos tiempos online. Ahí, fue divertido estar con un equipo, como si fuese un equipo de soccer, pero un equipo de químicos. (se ríe) También, eso de las interacciones interpersonales son mejor haciendo trabajos así. (Entrevista 4)

Otra característica que salió a relucir es que para aplicar el Aprendizaje Basado en Servicio se debe partir de unos **conocimientos previos**. Esto se recoge en las siguientes expresiones de las entrevistas realizadas:

Sí, vine con un conocimiento previo sobre los métodos que estamos utilizando.

(Entrevista 2)

La primera etapa que fue con los laboratorios previos que simplemente nosotros realizamos todo lo demás y era como un estilo de preparación en cuanto a teoría porque vamos a aprender todas las técnicas para después poder aplicarlas. (Entrevista 3)

También, nos ayudó un poco el experimento de Absorción Atómica que hicimos en la clase, que era bastante parecido en nuestro caso, porque en el de la clase fue la determinación de calcio en agua potable y el de nosotros es la determinación de calcio y magnesio en agua de mar. (Entrevista 5)

Iniciamos una propuesta y un proyecto y aplicamos las técnicas y los métodos desarrollados y aprendidos en el laboratorio de Química Instrumental. Lo aplicamos para entonces desarrollar la propuesta que al final presentamos y logramos tener el resultado aplicándolo a esa reserva natural, dándole los resultados de lo que propusimos y lo que hicimos. (Entrevista 6)

Algunos/as de los/as participantes expresaron que existe una gran diferencia pues en estos ambientes el investigador no tiene control de todas las variables y el **análisis químico se vuelve más complejo**. Esto se observa expresado en los siguientes extractos de la entrevista y observaciones:

La representante de Para La Naturaleza preguntó: “¿De qué se dieron cuenta?”.

El participante 3 contestó “Que era más difícil que tomar muestras dentro de un laboratorio”. Comenzó a hablar con los participantes sobre las variables importantes para el análisis y la toma de decisiones en el muestreo. Varios de los participantes comentaron: el pH, clima, temperatura, el nivel del agua, el flujo, la profundidad, corriente si estás en un río, organismos que puedan estar presente. Ella mencionaba que en el ambiente del viaje de campo las condiciones no son controladas como en un laboratorio y que este tipo de

experiencia requiere una preparación previa. Sobre cómo se va a tomar la muestra, una hoja de datos y el equipo. (Observación 4)

Acá [refiriéndose al salón laboratorio] está todo controlado, tú sabes exactamente qué tienes que hacer, los instrumentos y todo. Allá, cuando vas, cuando fuimos a la laguna... ejemplo, en el caso de la gente que bregó con agua, que tenían que bregar con oxígeno, se les hizo súper difícil porque tenían que meterse a la laguna, no había acceso. En el caso mío, de los sedimentos, tampoco había tanto acceso a ciertos sedimentos, había ciertas áreas que teníamos planificadas que no se podían... (Entrevista 2)

Por ejemplo, en nuestro caso, cogimos muestras de agua. Tienes que estar consciente que esas muestras de agua pueden tener lo que sea, porque las conseguiste por ahí. No es como que estoy cogiendo un agua que está pura con algún reactivo puro; estás cogiendo algo que tiene un montón de cosas.

Adicional a eso, pueden tener más problemas también las medidas que, en términos del momento, es más frustrante, pero en cuánto aprendes es mucho mejor. Porque, en mi caso, por ejemplo, yo tuve problemas con uno de los 2 análisis que estaba haciendo. Pasé horas y horas, porque tenía problemas con eso, pero eso también hacía... para mí, lo pasé mejor y aprendí más por el tiempo que estuve tratando de averiguar cómo hacerlo; que entonces era 'ok tenemos que tratar esta manera a ver si funciona', 'no funcionó, pues vamos a tratar esta otra metodología, no funcionó' y yo aprendí tanto en leer y leer y leer tratando de averiguar qué metodología iba a funcionar. (Entrevista 3).

Se trata de salirse de ese *comfort zone* donde distinto al laboratorio donde tienes la oportunidad de abrir un gabinete y realizar nuevamente un experimento. En el caso de la actividad que se estaba llevando a cabo, no habría otra oportunidad

para realizar el muestreo y la muestra que se había tomado era la que había que procesar. (Observación 4)

Usamos varios [artículos], porque la técnica de extracción en fase sólida se había acoplado a varias técnicas, pero no a Absorción Atómica. Así que de todas esas técnicas cambiaban algunas cosas, porque variaban los años entre cada *paper*. Así que tratamos de buscar las condiciones óptimas para para la extracción. (Entrevista 4)

Siempre uno va a tener que hacer cosas que no lo van a salir como uno quiere y, para eso, se vuelve al *primer square* o *back to square one* como dirían o se busca otras alternativas. Es un *problem solving* constante, no siempre hay como 'te voy a dar esto y esto se supone que es lo que salga'. (Entrevista 5)

Se ve claramente que los estudiantes enfrentan problemas en su investigación y parte de la dinámica incluye la resolución de estos mediante la consulta y la revisión de literatura. (Observación 5)

Mencionaron que método de Winkler era una titulación yodométrica y mostraron fotos sobre el proceso. Indican que tuvieron problemas cuando se le añadía el indicador de almidón y solucionarlo intentaron añadiendo ácido clorhídrico, pero tuvieron problemas pues no tenían control del volumen. Repitieron el proceso, pero no alcanzaban a obtener el color esperado en el punto final, adjudicaron esto a posibles interferencias. En el tercer intento, se había acabado la muestra de agua del primer lugar de muestreo y cambiaron el ácido a ácido sulfúrico concentrado. En este caso, mencionan que ajustaron el volumen en esta ocasión considerando que debían rendir la muestra. (Observación 6)

Finalmente, se identificó un **elemento motivacional** a raíz de los hallazgos de la implementación de esta estrategia en el curso. Este aspecto se evidencia en los siguientes extractos:

... también tenía una motivación adicional a conseguir los resultados, porque no es lo mismo yo decir 'yo quiero aprender esto sólo para tener la nota, solo para terminarlo', a decir 'ahora si yo quiero tener estos resultados porque quiero presentar buenos resultados a la gente que está esperando estos resultados'. Porque, en este caso, ese proyecto no sólo se hizo porque yo quería llevar a cabo una metodología o una medida y ya simplemente. Fue algo que tenía necesidad de conocerse. Se necesitaba saber cuáles eran los resultados, se necesitaba saber las tendencias y todo eso; por lo tanto, daba una gran extra-motivación a venir esos días adicionales y estar esas horas adicionales para tener resultados confiables para poder presentarlos, para que dijeran 'wao esta gente nos consiguió lo que queríamos.'...En este caso, yo lo hice porque quería sacar los resultados, quería que todo se viera bien, quería que ellos vieran si había un problema o no. Un factor adicional de motivación. (Entrevista 3)

Son un nivel más alto de importancia y, también, enseña a las personas que tienen interés en esa área, les da más motivación a lo que están haciendo. (Entrevista 3)

Y pues, al entonces estar más motivado a hacer tu proyecto investigación, pues tú estás dispuesto a aprender más o se hace más fácil aprender. De esa manera, yo pienso que fue donde mejoró mi aprendizaje, porque en otros proyectos de investigación no estuviese igual de motivados. Pero, al estar con este un poquito más motivado pues me da más ánimo de dar la milla extra y tratar de hacerlo bien. (Entrevista 4)

Lo que originó la motivación fue que tenía una aplicación y más a Puerto Rico, que me gustaría tener un efecto positivo aquí. Al tener eso en el horizonte, de que podíamos mejorar y hacer un cambio positivo en el clima, aunque sea una

pequeña porción de una investigación más grande, pues era lo que motivaba.

(Entrevista 4)

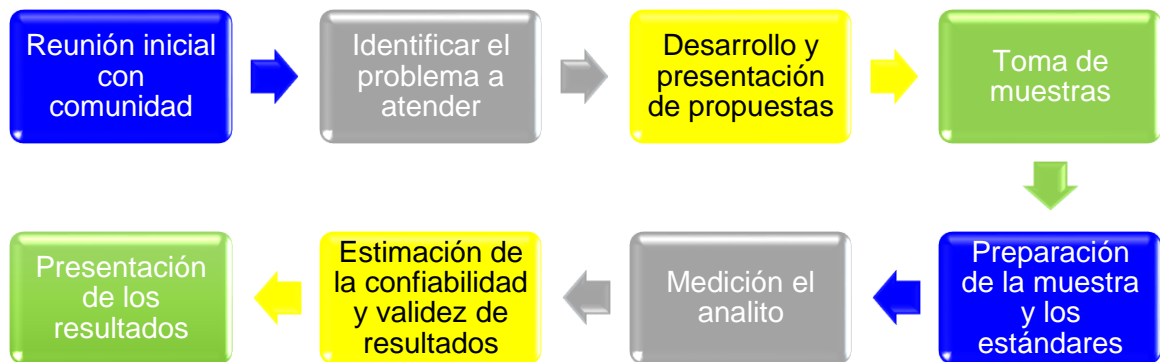
Una de las cosas que más saco de esta experiencia que tuve pues fue este el sentirme motivado. Es cuestión de que no se limita a solamente estudiar y quizás estar en un laboratorio como muchas personas ven lo que un químico. Realmente, hay algo más allá que puede hacer y tienen muchas, muchas aplicaciones que puede, o sea, llevarla al laboratorio, investigarlas y obtener resultados. O sea, no solamente para la salud, sino que para muchas cosas. Le vi más provecho al bachillerato que quizás al principio cuando entré con otra idea de lo que iba a ser quizás toda mi vida. (Entrevista 6)

Subcategoría 3.2. Etapas del Aprendizaje Basado en Servicio

Esta segunda subcategoría de la tercera categoría recoge las ***Etapas del Aprendizaje Basado en Servicio*** aplicado al Laboratorio de Análisis Químico Instrumental. La Figura 4.6 muestra las etapas identificadas a raíz de las observaciones participativas y de las entrevistas semiestructuradas. Se identificaron las siguientes etapas: reunión inicial con la comunidad, identificar el problema a atender, desarrollo y presentación de propuestas, toma de muestras, preparación de la muestra y los estándares, medición del analito, estimación de la confiabilidad y validez de los resultados, y presentación de los resultados.

Figura 4.6

Esquema para las etapas del Aprendizaje Basado en Servicio



La primera etapa consistió en la **reunión inicial con la comunidad**. En esta reunión la comunidad hizo una descripción de la localización y los problemas que se necesitaban atender. Además, se habló sobre la dinámica del muestreo y los objetivos del proyecto de investigación. La reunión tuvo una dinámica que permitió al profesor y a los estudiantes aclarar dudas en cualquier momento. Esta reunión sirvió para que los estudiantes pudieran **identificar el problema a atender** en su investigación a raíz de las dificultades que la comunidad le presentó. Los siguientes narrativos evidencian estas primeras dos etapas. A continuación, se incluyen principalmente un narrativo extraídos de la Observación 2 que se realizó durante la reunión inicial con la comunidad, pero también la información se sostiene con citas de algunos de los/as participantes entrevistados/as.

El investigador dio introducción a la reunión presentando al gestor ambiental del Proyecto para la Naturaleza. Se le pidió al gestor ambiental del proyecto Para La Naturaleza que explicara en qué consiste el proyecto Para La Naturaleza y cuál era la misión de esta organización. Él explicó que el proyecto administraba recursos naturales bajo el Fideicomiso de Puerto Rico. Mencionó que habían más de 70 áreas protegidas. En el caso de su división, en particular, se

encargan de la Reserva Natural Cabezas de San Juan en Fajardo, espacio que había adquirido el Fideicomiso de Puerto Rico a partir del 1977. Indicó que su gestión, además de velar por los recursos naturales de la reserva, era identificar medidas para proteger la reserva recalcando la necesidad de tomar responsabilidad. Luego, el gestor ambiental procedió a describir la reserva natural. Indicó que el clima era seco, que había una gran diversidad de ecosistemas. En especial, describió la Laguna Grande de la reserva. Indicó que la laguna tiene conexión al mar y que las corrientías son pocas. En particular, destacó la actividad bioluminiscente del cuerpo de agua debido a flagelados que habitaban en la laguna. Resaltó que esta característica hacía importante esta laguna porque había pocas de estas en el mundo. Para que la laguna exhiba esta característica, indicó que la calidad del agua era adecuada para que estos organismos puedan sobrevivir. Seguido de esta descripción, habló sobre las necesidades respecto al plan de manejo. Entre ellas, mencionó que les gustaría integrar análisis de E. coli por un área cercana a pozos muros, documentar el proceso de sedimentación, identificar si hay residuos de combustibles en zonas donde se utilizaban embarcaciones, estudiar el efecto de los sargazos, estudiar sobre los residuos de plásticos y, entendiendo que la vitamina B12, era importante para el efecto bioluminiscente saber cómo era su distribución en los sedimentos y en el agua. El gestor ambiental añadió que les interesa además monitorear los niveles de nitrato y fosfatos en agua. Además, indicó que compartiría los mapas de la reserva para identificar dónde se realizarían los muestreos de la laguna. El Participante 4 preguntó sobre el interés de estudio del sargazo y su efecto en la laguna. El gestor ambiental indicó que anteriormente, para el 2015, el sargazo tuvo un efecto contrario a la actividad de bioluminiscencia. Luego, se habló de la planificación del muestreo, la toma de

decisiones en el proceso y la importancia de tener varias alternativas para implementarlo. Sugirió a los/as estudiantes hacerse las siguientes preguntas sobre las muestras: ¿Cómo se va a preservar? ¿Dónde las van a contener? ¿Cómo las van a guardar? ¿Por cuánto tiempo se pueden preservar? Otra sugerencia que se dio fue no ir con el tiempo contado. Además, se expresó que para participar de la experiencia había que informar las fechas con anticipación, completar unos documentos sobre el relevo de responsabilidad y entregar una descripción de las actividades. La reunión culminó repasando los objetivos del trabajo del curso que los estudiantes deben identificar tema para su proyecto de investigación del curso de Laboratorio de Análisis Químico Instrumental que atienda alguna de las necesidades que se identificaron en la discusión con el proyecto Para La Naturaleza. Se explicó que se deben ir identificando los temas y que se compartiría la fecha de la presentación de las propuestas y el día para realizar el recogido de muestras durante la próxima semana. Durante toda la reunión, se le dio oportunidad a los/as estudiantes para hacer preguntas en el curso. El profesor añadió que de seguro las dudas surgirían en el proceso y que se les haría llegar las dudas. (Observación 2)

Pues estuvo esa etapa de organizarnos, de presentar qué es lo que se iba a hacer, cuándo se iba a hacer, cómo se iba a hacer. Esa etapa de organización. *By the side*, esa etapa de organización tiene que haber involucrado otras cosas que nosotros no estamos metidos como organizar la guagua, la transportación, el día de encuentro de Fajardo. (Entrevista 5)

El génesis del proyecto, el inicio del proyecto, pues esa fue la etapa de que nos anunciaron que íbamos a estar haciendo esto, que no iba a ser una propuesta normal y buscar el tema. Me acuerdo de que buscar el tema fue una semana o

dos semanas que estábamos bien ajorados en la uni, y pues fue difícil encontrar el tiempo para buscar el tema. (Entrevista 4)

Una vez se tuvo la reunión inicial y los/as estudiantes identificaron el tema de su proyecto de investigación, la tercera etapa consistió en el **desarrollo y presentación de propuestas**. En este proceso, los/as estudiantes realizaron una búsqueda de literatura para desarrollar los métodos de análisis químico que iban a implementar en sus proyectos de investigación. Como resultado, generalmente, la presentación de sus propuestas consistió en información de trasfondo para explicar la importancia del estudio, la exposición del método seleccionado y su justificación, la descripción detallada del procedimiento experimental y los materiales, y la aclaración de preguntas de la audiencia. En esta etapa de la aplicación del Aprendizaje Basado en Servicio, también hubo participación de la comunidad. A continuación, se incluye citas de algunas entrevistas donde los/as participantes hablaron sobre esta tercera etapa. Además, se presenta parte de la Observación 3 que consistió en documentar precisamente la presentación de las propuestas.

Después, era la preparación de la propuesta como tal. Ahí, es donde hicimos la búsqueda de literatura de tal. De buscar maneras que no se han hecho para para cuantificar vitamina B-12, que era lo que teníamos que cuantificar.

(Entrevista 4)

Lo primero que hicimos fue planificar hacer una propuesta de lo que pensamos hacer, de nuestras ideas las propusimos y eso. Tuvimos nuestras pequeñas correcciones. (Entrevista 6)

Después, hubo la etapa de preparación de por sí del experimento, que tenemos toda la propuesta, qué vamos a hacer y cómo le vamos a hacer, las medidas cómo le vamos a tomar y todo, por consiguiente. (Entrevista 3)

El profesor presentó a la primera pareja de estudiantes (Estudiante 2 y Estudiante 3) que presentarían su proyecto sobre la Determinación de vitamina B-12 en agua de mar. El participante 3 comenzó a dar información de trasfondo sobre la importancia de B-12 para el crecimiento y desarrollo de fitoplancton (microalgas). Presentaron la estructura de la vitamina B-12 y mencionaron que esta vitamina tenía el ion cobalto. Indicaron que se desconocía el ciclo ecológico de la vitamina por falta de métodos prácticos de análisis y que los existentes requieren mucho tiempo o son de alto costo. Luego, explicaron que ellos proponen una extracción de fase sólida, seguido por la determinación de cobalto utilizando la Absorción Atómica. Explicaron que dentro de las ventajas del método estaba su selectividad y de costo apropiado a largo plazo. El participante 2 explicó los objetivos y los materiales de la investigación. Luego, comenzó a explicar la parte experimental. Comenzó a discutir sobre el recogido de la muestra en la Laguna Grande de la Reserva Natural Cabezas de San Juan. Luego, explicó cómo iban a realizar la extracción con fase sólida y cómo prepararían las soluciones para emplear el método de adiciones estándar en la determinación de cobalto mediante absorción atómica. Indicaron que les gustaría validar la estrategia utilizando HPLC (Cromatografía Líquida de Alta Resolución) y presentaron sus referencias. El profesor consultó si había preguntas o sugerencias para el grupo. La representante de Para La Naturaleza indica que le resulta interesante cómo van a hacer la extracción. Preguntó si la muestra requería alguna preservación. Luego, comenzaron a consultar sobre los puntos de muestreo y ella le preguntó si sabían llegar a estos puntos de muestreo. Los estudiantes indicaron que no y ella les explicó. El profesor ofreció oportunidad para que el resto de los estudiantes presentaran sus preguntas. Además, cuestionó a los estudiantes que recién habían presentado por la lámpara de

cátodo hueco para cobalto y si habían pensado en otras técnicas como planes alternos. Ellos indicaron HPLC. El profesor preguntó si la vitamina B-12 por su estructura florece y el participante 2 indicó que entendía que sí.

El profesor presentó el próximo grupo a exponer su propuesta. En este caso, los participantes 6 y 11 presentarían la evaluación de la dureza de agua de laguna grande. Reconoce que es un tema que se ha estudiado mucho. El participante 6 indica que el propósito del estudio es analizar magnesio y calcio porque niveles reducidos de estos iones pueden ser perjudiciales a la salud de los organismos que viven en estos ecosistemas. Luego, definió lo que es agua dura y agua blanda y estableció unos parámetros en términos de la concentración de calcio. Además, que esto tiene importancia porque afecta los niveles de pH y las concentraciones de metales pesados. Además, indicó que se utilizaría espectroscopía de absorción atómica y explicó la instrumentación de esta técnica. Luego, el participante 11 explicó todo lo relacionado a la lámpara y los materiales que se utilizarían. Explicó además cómo sería la recolección de la muestra y que se añadiría el ácido nítrico en el campo. Indicó que los puntos de muestreo serían la entrada del canal y otras dos localidades en la laguna. Luego, explicó el procedimiento, describió cuáles soluciones prepararían para calcio y magnesio, que la muestra se va a filtrar para eliminar residuos sólidos, que se eliminarían interferencias de fosfatos, bicarbonatos y aluminio con soluciones de lantano y se generarían curvas de calibración para determinar la dureza de agua. Luego, se presentó un resumen del procedimiento y las referencias. La representante de Para la Naturaleza hizo una aclaración para hacer un ajuste en los puntos de muestreo mencionando que al no haber embarcación se ajustarían al tablado y a la entrada del canal. El profesor preguntó si había otras preguntas

e indicó que lo mejor sería armonizar los puntos de muestreos para hacer un análisis más exhaustivo de cada punto del muestreo. (Observación 3)

Luego, los/as estudiantes hicieron la **toma de muestras**. En esta cuarta etapa, los/as estudiantes realizaron un viaje de campo hacia la Reserva Natural Cabezas de San Juan en Fajardo, Puerto Rico, y tomaron muestras de agua y sedimentos de la Laguna Grande. A continuación, se incluye citas de algunas entrevistas donde los/as participantes hablaron sobre esta cuarta etapa. Además, se presenta parte de la Observación 4 que consistió en documentar precisamente el día donde se visitó la reserva para hacer el recogido de muestras.

Primero que todo, se hacen las preparaciones para uno llevar los materiales necesarios y solamente necesario, porque uno puede llevar cosas demás, pero llevar cosas de más significa cargarle más y pues uno tiene que asegurarse que uno lleve solo lo necesario para cargar lo mínimo, pero estar preparado a la misma vez para hacer esa recolección de muestras. Ya, después de esa preparación, sería como tal transportarnos al lugar de recolección de muestras e ir tomando las muestras en el lugar. Lo otro sería volver al laboratorio e intentar preservar esas muestras lo mejor posible para poder hacer los experimentos luego. (Entrevista 5)

Después, la etapa de la toma de muestras que fue cuando fuimos a la Laguna. Teníamos ya todo preparado y establecido de cómo vamos a coger las muestras, pero cogemos todas las muestras también para traerlos para atrás. Súper recogido. (Entrevista 3)

Cuando fuimos a hacer el muestreo, ya teníamos que visualizar el más o menos el ambiente o ecosistema que estábamos muestreando porque de eso luego íbamos a hacerle los análisis. Así que ya había que tener en mente los *spots* donde íbamos a muestrear. Si eso era útil para nuestro análisis. Ya después, al

llevar a cabo el instrumento, pues tenías que saber de antemano bien qué ibas a hacer para no perder el día, porque si te ponías a pensar qué iba a hacer en el momento, pues se te iba la hora y eso. (Entrevista 4)

Se lavaron botellas plásticas de forma analítica y pues las recogimos en la Laguna Grande de la Reserva Natural. Simplemente, tomamos el agua y para preservarlo según la literatura, tuvimos que añadirle ácido nítrico concentrado y, con eso, fue con lo que trabajamos. (Entrevista 6)

La representante de Para La Naturaleza indicó el orden en que se tomarían las muestras. Primero, indicó que se tomarían las muestras de agua y luego las de sedimentos. Luego, hizo advertencia que abriría el portón del tablado para la toma de muestra e instó a mantenerse seguro durante el proceso. Los estudiantes comenzaron a tomar muestras. El participante 2 comenzó a rotular las botellas donde añadiría la muestra tomada. El participante 3 utiliza la taza de muestreo de mango largo para encebar las botellas y a llenarlas. Enjuagan también las tapas de las botellas con el agua de la laguna. El resto de los participantes hacen exactamente el mismo procedimiento para preparar sus muestras con excepción de los participantes 7 y 8 que solo tomaron muestras del sedimento. Luego, llegamos hasta el segundo punto de muestreo, el paso de los pescadores a las 10:42 am. En este caso, varios de los participantes tuvieron que prepararse para tomar muestras dentro de la laguna. Incluyendo las muestras de sedimento. En esta ocasión, el profesor del curso acompaña al participante 7 para obtener las muestras. El participante 7 vuelve para buscar guantes para facilitar el proceso de muestreo. El participante 6, también va a ayudarlos. Los participantes rotulan las muestras tomadas. Por otro lado, se observa al participante 11 acidificando sus muestras para preservarlas. Además, algunos reportan la temperatura del agua y el pH. Todas estas medidas se

realizaron sobre una mesa que se llevó para este propósito. Al llegar a la universidad, los grupos que iban a acidificar las muestras para preservarlas comprobaron y ajustaron el pH de las muestras. Todas las muestras recolectadas fueron guardadas de una nevera del salón laboratorio.

(Observación 4)

La quinta, sexta y séptima etapa que se identificaron fueron la **preparación de la muestra y los estándares, la medición del analito, y la estimación de la confiabilidad y validez de los resultados**, respectivamente. La quinta etapa se refiere a cuando los/as estudiantes prepararon las soluciones estándares y prepararon la muestra para el análisis. La preparación de la muestra incluyó pasos de eliminación de interferencias como filtración, extracción y tamización. Luego, en el sexto paso los/as estudiantes pasaron al análisis instrumental, donde los/as estudiantes aplicaron distintas técnicas instrumentales para asociar la respuesta analítica a la concentración del analito con el cuál estaban trabajando. Una vez realizado los experimentos, estimaron la confiabilidad de los resultados obtenidos y, en algunas ocasiones determinaron considerar dirigir el estudio probando otros métodos. seguida continuación, se presentan citas de algunas entrevistas donde los/as participantes hablaron sobre estas etapas. Asimismo, se presenta parte de la Observación 5 que consistió en documentar precisamente uno de los días donde se visitó el laboratorio para observar la implementación de los métodos que los/as estudiantes habían previamente propuesto.

La próxima etapa sería entonces la preparación de las muestras y estándares que sería basado en cada metodología; en cómo vamos a tener que preparar todas las soluciones. (Entrevista 3)

En el caso de los participantes 2 y 3, se preparan para filtrar sus muestras y comenzar la extracción de vitamina B-12 en fase sólida. Se encuentran en la

toma de decisiones consultan sobre cuánta muestra van a trabajar. Buscan referencias de artículos en vídeos en YouTube y consultan con el profesor y asistente de cátedra. Se preparan para filtrar en el laboratorio anexo para proteger las muestras de la luz, cubren toda la cristalería donde van a procesar las muestras con papel de aluminio. Hacen búsqueda de un equipo para realizar la extracción al vacío en uno de los laboratorios de la Universidad. Tienen problemas sobre cómo realizar la extracción pensando en que podrían realizar 2 muestras concurrentemente; sin embargo, se dan cuenta que la mejor forma de utilizar el equipo es trabajando una a una. (Observación 5)

El participante 7 y 8 trabajan con sus muestras de sedimentos. Luego de secar las muestras, procedieron a tamizar las mismas. Los participantes indicaron que tamizar les permitiría separar los sedimentos por tamaño y pasan las muestras en varias ocasiones por las mallas hasta obtener las partículas de la muestra con el tamaño deseado. (Observación 5)

El participante 12 trabajaba en la preparación de las soluciones para la curva de adiciones estándar. Señaló que habían filtrado las muestras previamente. (Observación 5)

El participante 6 y el participante 11 consultan entre ellos sobre cómo prepararían las soluciones. El participante 6 consulta con el profesor por el agua nanopura y el profesor le resuelve para que pueda llevar a cabo el análisis por espectroscopía de absorción atómica. Por otro lado, el participante 11 señala que estuvo buscando más o menos las concentraciones de calcio y magnesio en agua para decidir cómo construir las curvas de calibrado. Además, estaban viendo el rango dinámico lineal de las concentraciones de calcio y magnesio que podían evaluar con la técnica seleccionada. (Observación 5)

Y, después, la etapa de las medidas con todos nuestros instrumentos. Tomamos las medidas que estábamos buscando. (Entrevista 3)

Luego de realizarlo, con distintos cálculos y eso, obtuvimos resultados. En mi caso, fue determinar la concentración de litio, que encontramos las concentraciones que había en la laguna. Pudimos determinar si era peligroso o no en cuestión de los niveles que habían de litio. (Entrevista 6)

Hubo una etapa de reconsideración de todas las cosas que salieron bien -que bueno me salieron bien- todas las que salieron mal en cuanto nos dio las medidas, pues repetir algunas etapas y las medidas que nos dieron con incertidumbre más altas de lo esperado, pues tratar de bajar esas incertidumbres. (Entrevista 3)

En la búsqueda de estas lámparas, se encontró que no había disponible una lámpara para analizar magnesio empleando esta técnica; como resultado, se determinó realizar un análisis volumétrico mediante la titulación de estos dos metales con EDTA o limitar el estudio a calcio. (Observación 5)

Finalmente, la última etapa consistió en la **presentación de los resultados**. En esta etapa, los/as estudiantes presentaron el proyecto de investigación. La actividad se realizó en un salón de conferencias, estuvo abierto a asistencia de miembros de la comunidad universitaria interesados en participar y fue dirigida por el profesor del curso. Mientras se daban las presentaciones, el profesor y otros presentes evaluaban los trabajos de los/as estudiantes. También, estuvo presente representación de la comunidad impactada. Generalmente, el contenido de las presentaciones incluyó información sobre la justificación del estudio, los objetivos, la descripción de los materiales y el método, una discusión de resultados y, luego, hubo una sección de preguntas. A continuación, se muestra una cita donde uno de los entrevistados hace mención a la etapa y se incluye un narrativo que es parte de la Observación 6 que fue

realizada precisamente cuando los/as estudiantes llevaron a cabo la presentación de los resultados de sus proyectos de investigación.

Y, finalmente, fue la etapa de presentación de resultados. (Entrevista 3)

La reunión se realizó en un salón reservado para este propósito donde además de los estudiantes de la sección se encontraban alrededor de 6 estudiantes de Química adicionales quienes habían expresado interés de asistir, el profesor de la sección, una profesora de la facultad y la directora del departamento. Además, se encontraba un exestudiante del programa graduado que recién completó su doctorado quien ayudó en las evaluaciones y, de forma remota, se encontraba personal del proyecto Para La Naturaleza. Para la evaluación, asistían al profesor el exestudiante del programa graduado y una estudiante subgraduada que era mentora del curso. Para guiar este proceso, se utilizó una rúbrica preparada para este propósito. La reunión comenzó con un saludo y una bienvenida explicando, en términos generales, qué iba a estar ocurriendo en la actividad. Se explicó que consistía en la presentación de los resultados de los proyectos de investigación con la particularidad de que se habían transformado en proyectos de servicio en la reserva natural Cabezas de San Juan en Fajardo, Puerto Rico. El profesor aprovechó para recordar que el proyecto de investigación era parte de la evaluación del curso... El profesor presenta a los Participantes 1 y 12 quienes procedieron a exponer su presentación sobre la determinación de litio en la Laguna Grande. Indican que realizan el estudio porque altas concentraciones de litio pueden causar daños a la flora y la fauna. Luego, el participante 1 mencionó los materiales que se utilizaron. El participante 12 procedió a describir los lugares de muestreo y, luego, el participante 1 indicó cómo se realizó el muestreo. Entre otras cosas, destacó cómo se preservó la muestra ajustando el pH con ácido nítrico. El participante 12 indicó que utilizaron

la técnica de Absorción Atómica para el análisis del metal y que implementaron el método de adiciones estándar para corregir por el efecto de la matriz. Luego, el participante 1 explicó la metodología donde indicó cómo se prepararon las soluciones, cómo se trabajó la muestra y cómo, luego, se determinaron las absorbancias para obtener la curva de calibrado con el método de adiciones estándar. El participante 12 comenzó a discutir los resultados obtenidos. Indicó las absorbancias para cada solución y mostró la curva de calibración. Indicó la concentración de las muestras analizadas con sus respectivas incertidumbres. Luego, el participante 12 indicó las conclusiones del estudio. Mencionó que realizaron prueba Q para descartar datos dudosos, pero no se lograron descartar, pero que se obtuvieron los valores de la concentración de litio para las muestras realizadas, las cuales consideraron aceptables. Luego, se pasó a la ronda de preguntas. El profesor le preguntó sobre la ecuación que utilizaron para obtener la concentración de las muestras y los estudiantes procedieron a explicarla. Luego, vinieron sobre cómo se obtuvo las incertidumbres, pues, aunque tuvieron una buena correlación lineal, la incertidumbre estaba alta. Esto fomentó una discusión entre los profesores presentes y los estudiantes. Luego, se discutieron temas sobre las interferencias espectrales para litio. (Observación 6)

El profesor presenta la última presentación de la tarde realizada por las participantes 7 y 8 sobre el Análisis de los tipos de microplásticos en los sedimentos por FT-IR. Como parte de la introducción, la Participante 8 definió lo que son los microplásticos, la importancia de su estudio, el origen de estos y sobre los tipos de microplásticos. Luego, habló sobre la técnica que iban a implementar que era FT-IR para poder identificar los grupos funcionales de los microplásticos encontrados. La participante 7 explicó los objetivos del estudio y

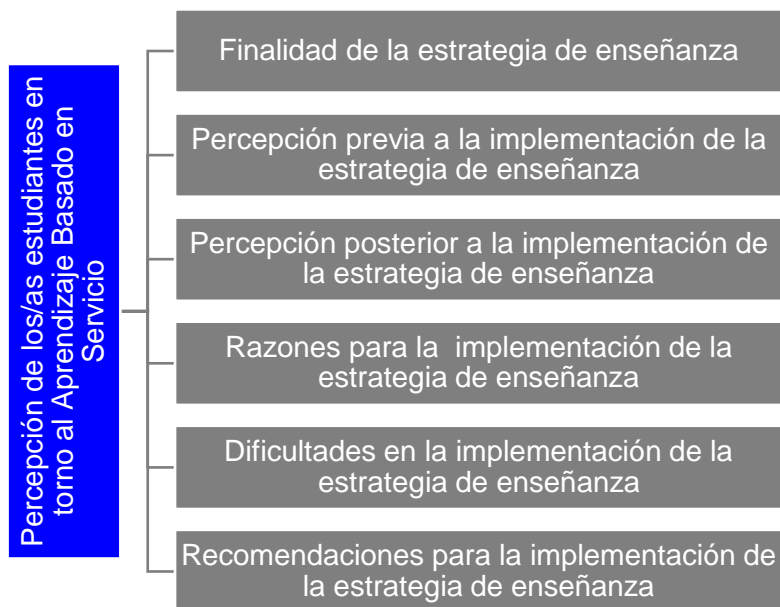
procedió a discutir la metodología. Mencionó los materiales para cada una de las partes del método que implementaron. Luego, describió cómo fue la recolecta de los sedimentos y dónde fueron los lugares de muestreo. Explicó cómo fue el secado de las muestras. Además, explicó cómo fue la separación granulométrica por tamaño utilizando los tamizadores de distintos tamaños. Discutió cómo se hizo la separación por densidad para recuperar los microplásticos separándolos del resto de la muestra. La participante 8 comenzó a discutir el análisis de los microplásticos encontrados. Primero, discutió cuáles microplásticos encontrados y el origen de estos. Ilustraron y explicaron los espectros de infrarrojo para cada muestra. Identificaron los picos característicos que utilizaron para identificar qué microplásticos estaban en sus muestras. Finalmente, presentaron la discusión de resultados donde mencionaron los microplásticos que encontraron e incluyeron una parte de agradecimientos. Luego, presentaron sus referencias y tuvieron la parte de las preguntas. Le preguntaron sobre cómo calibraron el equipo y si habían obtenido los espectros de estándares para los microplásticos. Indicaron que habían realizado un experimento sobre la identificación de distintos plásticos. (Observación 6)

Categoría 4. Percepción de los/as estudiantes en torno al Aprendizaje Basado en Servicio

La categoría 4 recoge información sobre la ***Percepción de los/as estudiantes en torno al Aprendizaje Basado en Servicio***. En esta categoría, se incluye los datos sobre cómo los/as estudiantes perciben la aplicación del Aprendizaje Basado en Servicio en el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental. La información fue recopilada a partir de las observaciones participativas y las entrevistas semiestructuradas y fue segmentada en 6 subcategorías que se muestran en la Figura 4.7.

Figura 4.7

Percepción de los/as estudiantes en torno al Aprendizaje Basado en Servicio



Subcategoría 4.1. Finalidad de la estrategia de enseñanza

En cuanto a la percepción de los participantes en torno a la **Finalidad del Aprendizaje Basado en Servicio** se identificó una perspectiva que la estrategia de enseñanza, además de generar un aprendizaje, implementa un servicio. Esto se evidencia en las contestaciones de los participantes cuando se les preguntó en torno a qué entendían sobre la estrategia de Aprendizaje basado en servicio. En sus contestaciones, se encuentran:

Ayudar a alguien. Sin que sea solamente fines educativos, además comunitario. A pesar de que la clase cuesta una nota, pero el fin, además, es ayudar a otras personas. En este caso, fue ayudarlos a ellos para que ellos tengan una idea de las variables que pueda haber allá, pero sí aprendizaje, fue además de ayudarlos a ellos, nosotros adquirimos conocimiento. (Entrevista 1)

Que se lleva a cabo un servicio comunitario a la vez que se aprende. (Entrevista 2)

Pues entiendo que va a ser cada vez que tengamos la oportunidad de hacer algún proyecto, desarrollar algún proyecto donde vayamos a invertir todo el tiempo para tener algunos resultados o tener algún estilo de aprendizaje, pues en vez de aplicarlo a cosas teóricas o cosas que tal vez no sean tanto interés público, pues buscar maneras de aplicarlo a la comunidad, algo que tenga un bien común. Algo que los resultados vayan a tener algún tipo de efecto o no sólo eso, también, los esfuerzos. Que los esfuerzos van a traer algún tipo de efecto hacia la comunidad. Como en el caso de lo que hicimos ahora, que en vez de hacer un proyecto de un tema de interés x, podemos hacer un proyecto que pudiese tener algún tipo de impacto eventualmente o en el momento. (Entrevista 3)

Lo que entendí es que las enseñanzas de las técnicas y todo eso que aprendimos en el laboratorio era relacionado a cosas que tenían efecto o algún objetivo que lograr en la sociedad. Por ejemplo, nosotros estuvimos trabajando con Para la Naturaleza, porque ellos son una fundación sin fines de lucro, trabajan para la naturaleza y pues es como combinar dos beneficios: aprender y, además, servirle a la comunidad. (Entrevista 4)

Es un tiempo que uno saca de su tiempo libre para servir a la comunidad y, en esa experiencia, uno va aprendiendo cosas nuevas. (Entrevista 5)

Como dice la palabra, aprender mediante el servicio. Haciéndolo, no solamente aprendiéndolo de un libro y memorizando solo por un examen o algo así simplemente. Aplicándolo y sirviendo, en algún aspecto, a la comunidad. (Entrevista 6)

Subcategoría 4.2. Percepción previa a la implementación de la estrategia de enseñanza

La **percepción previa a la implementación de la estrategia de enseñanza** es una subcategoría que recoge la opinión de los/as participantes una vez fueron notificados sobre la incorporación de la estrategia de Aprendizaje basado en Servicio en el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental. Los/as participantes indicaron que lo vieron como una carga adicional, y sintieron miedo y confusión. Hubo participantes que expresaron disgusto por ser sometidos a una estrategia distinta al resto de las secciones. Además, expresaron inconformidad al estar delimitados a atender ciertos temas y no poder investigar sobre otros temas de preferencia. Por otro lado, se expresó, también, emoción y positividad porque se entendía que este tipo de proyecto ayudaba a delimitar las opciones de asuntos a estudiar y había una aportación a la comunidad. A continuación, algunas citas donde expresan esto:

...al principio, nos habían dicho que “ustedes son el grupo que está seleccionado”, pues como fue como que ok esto es un estrés más. (Entrevista 1)

Al principio, daba un poquito de miedo, porque hay gente que está contando contigo. No es una propuesta que tú la puedes dejar en el aire como en otros cursos. Así que hay expectativas y pues eso daba un poquito de miedo.

(Entrevista 4)

Como que no entendía lo que íbamos a estar haciendo en completo y pues sentía a veces que no me tenían como que en *loop* de lo que iba a pasar. Esa fue mi percepción inicial. Como que ‘mira qué está pasando’, ‘qué vamos a hacer’, ‘cuánto tiempo va a tomar’, muchas preguntas. (Entrevista 5)

Al principio, fue como que ‘Aaah... somos el único grupo’ (Entrevista 2)

Yo, al principio, no estaba tan feliz por el hecho de que... por lo mismo, mi especialidad es alimento. Así que siempre que hay una oportunidad de tener un

proyecto, una propuesta, yo voy a tratar de aplicarla. Lo hacía así con todas las clases antes desde Orgánica, que yo trabajé con extracción de compuestos para utilizarlos en comida. Yo he bregado con medidas de alcohol, medidas de todo. O sea, siempre ha sido desarrollar proyectos con alimentos. Así que, cuando llegué a este proyecto, que era un proyecto especial, vi como que... 'Ah suena bueno por todo lo que vamos a hacer', pero no voy a poder aplicar los alimentos. Así que estaba más o menos. No, no era como que 'anda pal' sino que fue la encontraba sí un poquito como frustrante de que no iba a poder aplicarlo a lo mío al principio. (Entrevista 3)

Lo primero que pensé es que iban a hacer las cosas mucho más fáciles, porque en estos proyectos de investigación yo pensé que lo más difícil es encontrar un tema. Me pasó en el curso de Análisis Químico pasado. Para llegar al tema, pues éramos cuatro personas buscando un tema, con infinidad de posibilidades. Igual, me pasó para la propuesta Orgánica que estuvimos un montón de tiempo buscando un tema. Pero cuando ya nosotros tenemos un objetivo, que tenemos universo más pequeño de objetivos, que no tenemos todos... que eran básicamente medir los parámetros y eso de la Laguna Cabezas de San Juan. Es más fácil. También, al tener... Básicamente, era más más fácil. Lo único que es que tenías que hacer ahora como que complicado era buscar una estrategia creativa o innovadora para medir el parámetro que necesitaban que midiéramos. (Entrevista 4)

Estaba emocionado. Fue... O sea, voy a hacer algo más allá, fuera del laboratorio. No significa que dentro del laboratorio no se pueden hacer cosas buenas, pero sientes que estás yendo a algún lugar; en este caso, pues la reserva natural. Estás haciendo una propuesta, lo traes al laboratorio, haces la investigación, tienes tus resultados y se los presentas a la reserva. O sea,

sientes que eres parte de algo más grande que quizás como preparar unas soluciones para cumplir con manual y ya. Obviamente, fue una experiencia muy buena y me gustó mucho. (Entrevista 6)

Subcategoría 4.3. Percepción posterior a la implementación de la estrategia de enseñanza

La tercera subcategoría consiste en la ***Percepción posterior a la implementación de la estrategia de enseñanza*** y esta incluye la perspectiva que tuvieron los/as participantes una vez finalizada la aplicación del Aprendizaje Basado en Servicio en el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental. Los hallazgos indicaron que, luego de la experiencia, aunque la noción de que fue una carga adicional prevalecía, surgió una valoración positiva ante la exposición de la incorporación de la estrategia para llevar a cabo el proyecto de investigación del curso. Los/as participantes indicaron satisfacción por haber sido seleccionados y expresaron un mayor aprendizaje. Además, distinguían que la oportunidad les permitió realizar muestreo de campo en un laboratorio de Química, cosa que ellos no creían posible dentro de los laboratorios académicos de esta disciplina. Sobre este último aspecto, recomendaron llevar a cabo este tipo de ejercicios en otros cursos y extenderlos a otros escenarios. Los narrativos extraídos de las entrevistas que sustentan estos puntos se muestran a continuación:

Siendo sincera, para mí fue un estrés más, pero no me arrepiento. Me gusta mucho que nos hayan escogido, como dijiste por disponibilidad. Pero no se compara. Yo nunca imaginé ir a otro sitio a coger muestras para una clase de laboratorio sin que no fuera en una investigación de esas de Biología o algo. Y uno tiene algo para contar en el futuro... "Hace tiempo tuve el lab de Instrumental y fuimos a buscar muestra". Yo nunca había escuchado eso de otros compañeros. (Entrevista 1)

Me gustó mucho porque sentía que estaba fuera del laboratorio- o sea, no necesariamente todo el tiempo-, pero que sí estamos aplicando todo lo que estamos aprendiendo en este bachillerato y ver las distintas aplicaciones que puede tener quizás trabajar en el laboratorio, que no necesariamente tienes que limitarte a hacer experimentos dentro de un laboratorio con reactivos. Que también puedes ir afuera a determinar cosas, concentraciones y ver si eso es peligroso o no, qué soluciones hay. (Entrevista 6)

Yo entiendo que aprendí más yendo a allí físicamente, viendo cómo se lleva a cabo, escuchando a los demás compañeros, escuchando a las personas de la laguna; que hacerlo un laboratorio porque es simplemente cuatro paredes, todo se puede resolver ahí rapidito; cuando estás allá fuera, si se te daña una muestra, tienes que volver a tomarla, averiguar cómo arreglar las cosas. No es la misma experiencia del laboratorio que allá afuera. (Entrevista 2)

Y, pues siento que algo que se debería hacer desde ya y no solamente Química Instrumental sino también en otros cursos. Y no solamente en Fajardo, sino en otros sitios... (Entrevista 1)

En mi perspectiva, es algo que se debe aplicar a todos los laboratorios porque es algo completamente diferente. Que, por lo menos una vez en el bachillerato, lleves a cabo este tipo de experiencia. Mínimo, una vez. ...ahora es como que quisiera repetirlo otra vez, fue una experiencia única. Siento que todas las demás secciones tuvieron que haberlo experimentado porque unió al grupo. (Entrevista 2)

Es bien importante tener esas experiencias porque se acerca más a lo que uno hace en una carrera profesional. No siempre todo va a estar en una libretita formulado, una agenda bien específica de cómo se deben hacer las cosas. (Entrevista 5)

Como menciona, me sentía bastante motivado y emocionado de hacer algo distinto y no lo tradicional. Yo, personalmente, creo mucho en eso, en aplicar lo que lo que aprendan no solamente como que aprende el tema para un examen de memoria y ya. Creo que eso también ayuda a que nosotros, los químicos, y cualquier profesión se desarrolle y se desenvuelvan más, porque estás pues aplicando lo que estás aprendiendo y no simplemente conocimiento que ocupa espacio y ya. Estás, realmente, aplicándolo y viendo el por qué. Yo creo que ese afecto es de manera positiva. Le vi más importancia a la que le veía a la química y más oportunidades más allá de hacer un bachillerato y de estar en un laboratorio, de coger clase y ya. (Entrevista 6)

Subcategoría 4.4. Razones para la implementación de la estrategia de enseñanza

La cuarta subcategoría de la categoría Percepción de los/las estudiantes en torno al Aprendizaje Basado en Servicio es ***Razones para la implementación de la estrategia de enseñanza*** y consiste en la información que brindaron los/as participantes cuando se les preguntó por qué la implementación de esta estrategia se debería fomentar. Sobre este aspecto resaltaron que la profesión de químico/a no se limitaba al laboratorio y que el ejercicio de esta vocación se extendía a las comunidades. En este sentido, comentaron sobre la importancia de que esta característica de la profesión se refleje desde la formación académica. Otro aspecto que se destacó fue la aplicación del Aprendizaje Basado en Servicio con el propósito de proyectar la Química más relacionada a los aspectos de la vida e incrementar el interés por la disciplina. Además, propusieron el uso de esta estrategia para mostrar los distintos escenarios del trabajo de un/a químico/a. Esta información se evidencia en los siguientes narrativos extraídos de las entrevistas a los/as participantes:

...estamos estudiando para ayudar a la comunidad con Química. Por lo menos nosotros. No es para estar en el laboratorio y ya. Por lo menos, este curso siento

que ayudaría más a la comunidad estando afuera que aquí encerrado en el laboratorio. Nos vamos a graduar de una profesión que es para ayudar a la comunidad y siento que deberíamos empezar desde ahora estando subgraduados, no esperar estar en PhD, en farmacia, o en lo que sea, y ahí empezar a ayudar a la comunidad. (Entrevista 1)

Nosotros vamos a tener que ejercer la profesión y es algo positivo que nosotros podemos hacer, que nosotros ya siendo químicos podamos llevar- por decirlo así- la Química al mundo. Es cuestión de que usemos nuestro conocimiento para ayudar a otras personas, como que para determinar cosas. No limitar nuestro conocimiento simplemente a un laboratorio, sino que podemos expandirlo y buscar soluciones a distintos problemas. (Entrevista 6)

...Creo que es importante, porque una vez tú pones a las personas que están estudiando la mentalidad de que yo quiero hacer estudios que sean por el bien de la comunidad, eso va a ser que los estudios que hagan y todos los *papers* que hagan sean de mayor importancia no sólo para ellos, sino que para toda la sociedad. Porque no es lo mismo que tú estés en un laboratorio que estudian un compuesto específico y tú saliste de aquí y ese es el compuesto que te gustaba, y fuiste al laboratorio y estás 15 años tratando con ese compuesto en específico, que decir si lo sintetizaste con cetona, que lo sintetizaste con ácido y eso no tiene ningún tipo de aplicación al resto de la gente; a que tú saliste de aquí so yo quiero solucionar estos problemas, yo quiero ver cómo puedo tener un estudio que afecta a tales personas o que resuelva algo por la sociedad. Porque eso va a hacer que todos los estudios que tengan esos estudiantes que tienen un nivel de consideración por los demás, pues que sean estudios significativos, sean resultados que es lo que necesitamos en la sociedad...Por ejemplo, los niveles

de agua. No hay nadie midiendo los niveles de nitratos y fosfatos en agua en Puerto Rico y eso es algo importante. (Entrevista 3)

Sí, porque he escuchado mucho- especialmente durante la High- que la gente no le gusta la Química, que se ve bien complicada y no encuentran cómo relacionarlo con la vida. En el caso de Biología, lo relacionamos con el cuerpo humano, por cómo aprender más de mi cuerpo. La física no tanto tampoco. Casi siempre lo que la gente le interesa es Biología y entiendo que la Química puede atraer más gente, no solamente haciendo truquitos 'Ah... esto cambia de color por hacer esto' o con las titulaciones, sino relacionándolo con la vida, que la gente vea 'Ah... esto me impacta a mí, déjame averiguar más sobre esto. Ahora estoy aprendiendo de Química. Estoy aprendiendo cosas nuevas'. (Entrevista 2)

Cuando salgamos del bachillerato, la mayoría va a usar Química aplicada en un contexto real. Así que las muestras que vamos a utilizar no son cosas estandarizadas. Así que es mejor tener estudiantes que ya están preparados en ese estilo de estudio, a tener estudiantes que cuando lleguen a trabajar les digan 'ah, olvídate de todo lo que aprendiste en bachillerato, porque esto es algo nuevo. (Entrevista 3)

Exponernos a esas situaciones reales que no van *by the book* como siempre, pues nos ayudan a desarrollar ese *problem solving* que nos dan esas situaciones reales... Esta perspectiva de aplicar un proyecto, pues son cosas que es bueno exponerlas ponerlas ahora así temprano porque una carrera profesional más o menos sería la dinámica de cómo funcionarían las cosas. Y pues exponernos a esto, pues nos ayudaría a tener esa experiencia para luego poder destacarnos como profesionales. (Entrevista 5)

Ayuda a visualizar donde tú te ves ejerciendo Química en el futuro, porque uno siempre está aprendiendo del libro, pero, al tú estar en el campo, te das cuenta si te gustaría hacer eso por muchos años. (Entrevista 4)

Subcategoría 4.5. Dificultades con la implementación de la estrategia de enseñanza

La quinta subcategoría consiste en las ***Dificultades con la implementación de la estrategia de enseñanza*** del Aprendizaje Basado en Servicio en el Laboratorio de Química Instrumental. A partir del análisis de las entrevistas semiestructuradas y las observaciones participativas, emergieron los siguientes temas: la búsqueda de literatura, el manejo de los reactivos e instrumentos, transporte y manejo de las muestras, el manejo del tiempo, y la confiabilidad y los límites de detección de los métodos seleccionados. Sobre la búsqueda de literatura, los/as participantes entrevistados reportaron que hubo problemas al identificar artículos actualizados para algunos temas. El manejo de los reactivos e instrumentos presentó retos en la implementación de la estrategia. En el caso de los reactivos e instrumentos, los/as estudiantes indicaron dificultades por el acceso y disponibilidad. Además, comentaron que el desconocimiento sobre las cantidades exactas que se iban utilizar era otro reto que se presentó en la implementación. También, se habló sobre el manejo de la muestra en términos del transporte y la preservación de sus condiciones. Por otro lado, se destacó que el factor tiempo era una limitación en el sentido de hacer requisición de reactivos y planificar la propuesta de la investigación que iban a realizar. Por último, reportaron dificultad en términos a estimar la confiabilidad de los resultados y los límites de detección de los métodos que implementaron. Los extractos de entrevistas y observaciones a continuación evidencian estas dificultades reportadas:

...nosotras tuvimos que buscar diferentes métodos que tuvieron que ver con determinación de oxígeno disuelto y no había muchos papeles [refiriéndose a artículos] actualizados. (Entrevista 1)

Aquí era que hacíamos algo mal, pero era porque no sabíamos qué reactivo usar, qué cantidades, que no tenemos algo escrito y pues tuvimos que mezclar diferentes *papers* [refiriéndose a combinar artículos]. (Entrevista 1)

En esta ocasión, el participante 4 y el participante 9 intentan realizar una medida del oxígeno disuelto en la misma área, pero no lo consiguieron por no tener experiencia utilizando el equipo. El equipo se había conseguido un día previo al muestreo. (Observación 4)

El infrarrojo... hubo problemas con el instrumento. So no sabemos si nos estado marcando microplásticos o nos estaba marcando otras. (Entrevista 2)

Explicó que se supone que le diera fluorescencia y que atribuían este resultado a la pérdida de sensibilidad del instrumento con el tiempo. Para asegurarse de que el problema no se relacionaba a que el estándar estaba dañado, indicaron que realizaron un experimento mediante espectroscopía UV-Vis e indicaron que obtuvieron un espectro que confirmaba la presencia del compuesto comparado con lo indicado en la literatura. En el caso de esta técnica, dijeron que no les fue útil por su baja sensibilidad. Luego, mencionó que intentaron también el método de voltametría cíclica pero que no lograron ver la señal para la vitamina.

(Observación 6)

Teniendo ese primer problema de no tener una lámpara de magnesio, se intentó buscar otro método para servir de comparativo con el de Absorción Atómica, pero esos resultados no estaban teniendo mucho fruto; en términos de la titulación; porque intentamos hacer una titulación con EDTA [ácido etilendiaminotetraacético], pero no estaba titulando como debiera, se esperaba

un volumen mucho menor de lo que se estaba descargando y no estaba dando y se estaba poniendo indicador, y pues desafortunadamente no habían tiempo suficiente para seguir buscando más y más técnicas para poder comparar.

(Entrevista 5)

El fluorómetro nos había dado problemas durante todo el semestre. A veces, funcionaba; a veces, no. Había una impureza cromática o algo así; que es una impureza que no se puede quitar del instrumento. So ya el instrumento no era muy confiable y cuando medimos no nos dio ninguna señal, no dio nada de intensidad de fluorescencia. Pues esa dificultad porque no nos dio, pero, además, no podíamos estar seguros de si éramos nosotros o si era el instrumento. Ya lo otro con UV [ultravioleta] pues el instrumento era más confiable y no midió la concentración, pero eso era de esperarse porque es menos sensitiva la técnica de por sí. (Entrevista 4)

Pues cargar la muestra porque la muestra estaba en agua. Teníamos que buscar una pala y la pala pesa, y somos dos nenas. Los envases... como teníamos que coger cierta cantidad, pues los envases pesaban. Teníamos que cargarlos nosotras mismas y entonces, como venían de agua, se pasaban sacando mucha agua por el borde. Se llenó de agua todos lados, se cayó agua en el laboratorio. (Entrevista 2)

Bueno, y lo de la luz, también; que se fue la luz y estuvimos múltiples días que las muestras estuvieron... No sabíamos si las muestras iban a estar bien. Se tuvo que mantener en frío adicional en la nevera para tratar de mantenerla. En mi caso, como estamos estudiando nutrientes, pues todo este tiempo de incertidumbre no sabíamos si esos nutrientes estaban siendo consumidos por alguna especie que tuvieses la muestra también que entonces iba a afectar todas las medidas y, si afecta las medidas, bajaba la concentración de una, se le

va a hacer más difícil detectar y los resultados no iba a estar tan bien. (Entrevista 3)

El profesor aclaró que esta prueba posiblemente fue la más que se afectó por el periodo donde la universidad estuvo sin luz por una semana, aunque las muestras se trataron de mantener en temperatura baja. (Observación 6)

No pedimos los reactivos a tiempo. (Entrevista 1)

En la búsqueda de estas lámparas, se encontró que no había disponible una lámpara para analizar magnesio empleando esta técnica; como resultado, se determinó realizar un análisis volumétrico mediante la titulación de estos dos metales con EDTA o limitar el estudio a calcio. (Observación 5)

Time management. Planificaría mejor desde que asignen la situación o el problema, porque yo sabía que teníamos que hacer una propuesta, pero yo decía falta todavía. (Entrevista 1)

Como el proyecto era como para un mes después, pues uno seguía procrastinando. 'Ahí podemos hacer eso después'. Pero necesitábamos los materiales so había que hacer en ese tiempo. (Entrevista 4)

El tiempo invertido en tratar de resolver el problema, fue otra situación. Fue que hay otras clases, hay otros factores; entonces tener todo ese tiempo invertido por el día en el laboratorio para que no funcionara para, después, ir a la casa hasta y estar toda la noche leyendo, tratar de encontrar algo que funcione, y volver para atrás y tampoco funcione... Yo tuve frustración porque yo me preparaba tanto para desarrollar una metodología que entendía que iba a funcionar, pero cuando llegaba al laboratorio y hacía las medidas, no funcionaba. Al principio, eso era normal. Una propuesta, la traté, no funcionó. Está bien, pues leía más teorías y decía 'ah ya encontré el error con mi teoría original, voy a tratar esta nueva metodología' y lo trataba y fallaba. En un momento, llegó a ser

frustrante porque tantas horas invertidas en leer y estudiar en cosas que yo estaba seguro de que iba a funcionar y no daba los frutos que estaba esperando. Pues llegó a ser frustrante, aunque fue bueno porque yo nunca había estudiado tanto si no hubiese... si hubiese funcionado a la primera 'Wao nos dio resultado y ya', pero era frustrante por todo el tiempo invertido y todo el tiempo en el laboratorio haciendo soluciones para que esto no funcionara. (Entrevista 3)

Subcategoría 4.6. Recomendaciones para la implementación

La sexta subcategoría consiste en las ***Recomendaciones para la implementación del Aprendizaje Basado en Servicio*** que realizaron los/as estudiantes en las entrevistas participativas. Estas recomendaciones giraron en torno a la incorporación de una visita a la comunidad previa la toma de muestras, una selección de temas de investigación limitada a asuntos que se hayan estudiado, apertura a otros escenarios, una mayor exposición del trabajo de investigación realizado y una mayor disponibilidad en tiempo. Los siguientes extractos de observaciones y las entrevistas sustentan esta información:

El participante 9 expresa que le resultó interesante y la importancia de estar preparado mentalmente para factores que podrían alterar los resultados y las muestras. Además, se expresó sobre la importancia del tiempo para la toma de muestras y que hubiera sido acertado a ir antes a practicar el muestreo.

(Observación 4)

Luego, el investigador hizo una pregunta: "¿Qué proponen ustedes para que en otra ocasión se logre la determinación correcta de oxígeno disuelto?"

Recomendaron recorrer el área antes de realizar el muestreo, repasar los métodos analíticos. (Observación 6)

Primero, saber desde antes cuál es el lugar. Pero, antes de todo, cuando las personas tengan sus temas, primero iríamos al lugar sin coger muestras.

Simplemente, ver el lugar, ver el área para saber con qué estás trabajando, volver al laboratorio y ahí llevar a cabo su metodología basado en lo que tienen, basado en lo que vieron. (Entrevista 2)

Creo que algo que se podría hacer sería tener una idea de qué muestras se van a tomar... O sea, como, por ejemplo, si fuese de la laguna, la Laguna Grande de las Cabezas, pues entonces tener idea de los temas, pero que todo el mundo diseñe; o sea, tenga un tema que ellos quieran hacer por el mero hecho no sólo de aplicación, sino que también se puede así tener temas que se saben que van a funcionar un poco más. O sea, había grupos en nuestro laboratorio que tuvieron temas que eran más difíciles de hacer o que nunca se habían hecho antes. Sino que tener uno... O sea, poder tener la oportunidad de cada uno diseñar su experimento para así tener... Que si quieren tener eso... O sea, si quieren tener algo que no se ha hecho antes, ellos ya sepan que no se ha hecho antes y estén más preparados. Si fuera una frustración, ya están preparando mentalmente para eso. Y, si quieren hacer uno que ya ha sido comprobado y variarlo un poco, pues entonces tener la oportunidad de hacerlo. Creo que eso disminuiría un poco la frustración y, también, si estás en un tema que te gusta más, tienen menos frustración en cuanto estar mucho tiempo leyendo de eso. (Entrevista 3)

Darles la opción a los estudiantes a escoger bien cuáles serán las aplicaciones que le van a dar. Aquí, básicamente, estábamos obligados a trabajar con Para la Naturaleza. Por ahí, hay gente que le interesa más Biomédica que no se sentirían igual de motivados como yo me sentía hacia el proyecto. Si puedes...si se pudiese hacer lo de aplicar a cambiar la sociedad, pero con diferentes temas; sería mucho mejor, pienso yo. (Entrevista 4)

Si fuera como modificar una etapa, pues la quinta etapa de presentar se puede hacer más pública. Así como la dinámica que tiene Orgánica, que las propuestas se presentan en el sapo de Ciencias Naturales [entrada del edificio de Ciencias Naturales] donde cualquier persona puede venir a ver y visitar, y ver el trabajo que hemos realizado. (Entrevista 5)

Pero, quizás, con un poquito más de tiempo, se pudo haber pensado un poquito más allá como que *out of the circle*... Quizás el tiempo para hacerlo con más calma y pensar más allá. Por ejemplo, nosotros queríamos también determinarlo con cadmio, y por el tiempo y por los recursos, no pudimos. Así que quizás con más tiempo, pues podemos hacer quizás más puntos en la curva que ayuden a nuestros resultados y eso. (Entrevista 6)

Categoría 5. Productos de la aplicación del Aprendizaje Basado en Servicio

La aplicación de la estrategia de Aprendizaje Basado en Servicio en el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental permitió recopilar información sobre lo que aprenden los/as estudiantes en este contexto. Por esta razón, esta categoría 5 recoge la información relacionada a los productos de la experiencia. Para esta categoría, se identificaron 4 subcategorías que se muestran en la Figura 4.8.

Figura 4.8

Productos con la aplicación del Aprendizaje Basado en Servicio



Subcategoría 5.1. Destrezas de análisis químico

En el caso de la implementación del Aprendizaje Basado en Servicio, el análisis se sugiere un aprendizaje notable en **Destrezas de análisis químico**. En esta subcategoría, se señalan los aprendizajes relacionados a las destrezas concernientes al análisis químico que se destacaron por los estudiantes entrevistados a raíz de la aplicación del Aprendizaje Basado en Servicio. Se acentúan el muestreo de campo, el desarrollo de planes experimentales, la búsqueda de literatura, y la aplicación y la optimización de diversos métodos. Esta información se sustenta con los extractos de las entrevistas que se presentan a continuación:

Adquirí conocimiento solamente ir para allá... nunca había ido a coger muestras en ningún lado... Primeramente, el plan de qué cosas hay para llevar a un sitio de muestreo en otras secciones no lo tienen porque no han ido a un muestreo. Hacer un listado de las cosas que necesitamos porque otras secciones pues ya

tienen un listado de lo que necesitan. Tomar el tiempo de buscar en *papers* qué es lo que vamos a hacer porque no teníamos algo concreto de lo que íbamos a hacer. ...Y fue *fun* porque nosotras tuvimos que buscar diferentes métodos que tuvieron que ver con determinación de oxígeno disuelto y no había muchos papeles [artículos] actualizados. (Entrevista 1)

...nosotros fuimos allí, nos ensuciamos todas las manos para coger todas las muestras, brincamos en el lago por el lado en el sedimento para coger las muestras que eran sólidas de algunos de los grupos y vimos todo desde el principio hasta el final. (Entrevista 3)

Primero que todo, el muestreo. El muestreo... Nosotros si no hubiésemos estado con Luisa [nombre ficticio], que fue la que nos estuvo orientando, no sabíamos bien cómo es que se muestreaba y eso, y pues ella nos dijo la profundidad donde teníamos que sacar las muestras y todo eso; que en la experiencia tradicional pues no tuviésemos ese recurso. (Entrevista 4)

En la guagua, se fue discutiendo sobre la importancia de tener una hoja de datos para registrar temperatura, hora del muestreo, entre otras variables importantes. Entre otras cosas, se habló sobre cómo los cambios en temperatura podrían afectar la muestra y cómo se iba preservar la muestra mientras tanto. (Observación 4)

Buscando en diferentes *papers* que estuvimos rebuscando, pues encontramos que la mejor técnica para ejecutar nuestro proyecto era la de Absorción Atómica. Dentro de la Absorción Atómica, buscamos un método que fuese similar al que íbamos a ejecutar en la playa ya con muestras más biológicas. Ahí pues encontramos lo de bajar el pH de las muestras, también encontramos lo de preparación de muestras que se hizo después en el laboratorio, pero mayormente fue de esos *papers* que buscamos en Internet. (Entrevista 5)

Llevé a cabo un montón de investigación buscando en Internet cómo se llevaría a cabo, buscando artículos de investigación y analizando esos artículos para llevar..., para organizar cosas que tenemos aquí que podemos traer nosotros mismos. Si no se puede en el laboratorio, cómo podemos cambiar. Porque en el caso de mi investigación, no teníamos envases grandes suficientes para los sedimentos. Cómo nosotros podíamos resolver para conseguir los envases, cómo protegerlos que no se nos cayeran, que no se dañaran las muestras. Completamente diferente... Bueno, conocía de los métodos, pero por primera vez trabajé en eso (refiriéndose a la tamización). (Entrevista 2)

En el caso del análisis de nitratos, el participante 5 me indica que tuvieron un problema de saturación de señal en ultravioleta visible. Además, menciona que para resolver esto estarían diluyendo las muestras. En el caso de los fosfatos, me dice que no tenía señal en el espectro y que habían decidido hacer unas soluciones con una mayor concentración. (Observación 5)

La extracción [en fase sólida] fue una técnica que nunca habíamos hecho en el laboratorio; que habíamos discutido en la clase, pero nunca la habíamos realizado, llevado a cabo. Así que ahí, lo que hicimos, porque Richard [nombre ficticio] también... estábamos ahí ambos tratando de entender la técnica para no estar perdidos y vimos como dos videos de *YouTube* que enseñaban así súper bien cómo era la técnica. Vimos los *papers* dónde sacamos el procedimiento; tratamos de entender lo más posible lo que hacían, porque lo hacían, las cantidades de metanol y agua que usaban, y eso. Ahí puede, nosotros hicimos nuestro propio procedimiento con los ajustes que teníamos que hacer.

(Entrevista 4)

Se encuentran en la toma de decisiones consultan sobre cuánta muestra van a trabajar. Buscan referencias de artículos en videos en *YouTube* y consultan con

el profesor y asistente de cátedra. Se preparan para filtrar en el laboratorio anexo para proteger las muestras de la luz, cubren toda la cristalería donde van a procesar las muestras con papel de aluminio. Hacen búsqueda de un equipo para realizar la extracción al vacío en uno de los laboratorios de la Universidad. Tienen problemas sobre cómo realizar la extracción pensando en que podrían realizar 2 muestras concurrentemente; sin embargo, se dan cuenta que la mejor forma de utilizar el equipo es trabajando una a una... Por otro lado, a sus muestras, le añadieron sulfato de magnesio para atrapar al oxígeno y añadieron yoduro de potasio alcalino. Tenían un problema con la solución pues se formaban dos fases al dejarla reposar. Luego, conversando con el profesor se resolvió el problema y se decidió mantener en agitación constante mientras se realizaba el análisis volumétrico usando almidón como indicador y tiosulfato de sodio como agente titulante. (Observación 5)

Subcategoría 5.2. La Química y el compromiso social

Cuando a los/as participantes se les preguntó sobre los aprendizajes en torno a ***La Química y el compromiso social*** con la aplicación del Aprendizaje Basado en Servicio en el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental, estos destacaron la aplicación de la Química en el monitoreo de especies en muestras de cuerpos de agua y suelo. Particularmente, sugirieron que la aplicación resulta importante para organizaciones que velan por los recursos naturales. Por otro lado, uno de los productos de la implementación de esta estrategia es el aumento de compromiso social. En este sentido, los/as participantes entrevistados/as sostuvieron que no es cierta la visión de un científico trabajando exclusivamente en un laboratorio con reactivos y que se debe ayudar más a las comunidades. Esta información se sostiene con los siguientes extractos de entrevistas:

En el caso de Para La Naturaleza, ellos tienen bastantes problemas, pero en cuestiones de variables que pueden estar en el agua, en sólidos. Y pues la Química es muy importante porque detectan cosas. (Entrevista 1)

La experiencia me ayudó a visualizar que si no llevamos a cabo métodos, como hicimos ahora para mantener nuestros ecosistemas bien, pues afectan la sociedad en sí porque si un ecosistema está teniendo problemas, afecta la sociedad. (Entrevista 2)

Nos dio una muestra en concreto de cómo utilizar la Química para ver problemas en la sociedad. También, nos dio un instrumento nuevo para... o sea, nos enseñó el potencial que tiene aplicar la Química para este tipo de estructuras. Es algo que no habíamos hecho antes. Todos los otros estudios que habíamos hecho habían sido bien estandarizados o teóricos por completo. (Entrevista 3)

...uno tiene la mentalidad de que aquí (refiriéndose al laboratorio) sentado con reactivo y esa no es la realidad... Pues se debería ayudar más a la comunidad. (Entrevista 1)

Básicamente, entiendo que nos ayudó a recordar que el químico debe usar sus conocimientos para hacer el bien a la sociedad, porque de nada vale aprender Química y ser una bestia, y aprenderte todos los mecanismos, si después vas a hacer algo que no sea éticamente correcto, hacer una bomba nuclear. Que son como las bombas nucleares y la energía nuclear podría... lo podemos usar para hacer energía nuclear que, si llega a ser lo suficientemente seguro, pues sería algo fenomenal para la sociedad y que tiene mucho valor a una humanidad; a una bomba nuclear que destruya toda ciudad y pues eso es algo importante que nunca nos debemos olvidar. (Entrevista 4)

Subcategoría 5.3. Base para aplicaciones futuras

La cuarta subcategoría **Base para aplicaciones futuras** consiste en que, como producto de la implementación del Aprendizaje Basado en Servicio en el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental, los participantes entendieron que los resultados de los proyectos de investigación realizado por los estudiantes de la sección intervenida sirven como base para aplicaciones futuras.

Los/as participantes indicaron que el estudio que realizaron sirve como base para proyectos futuros en las comunidades donde se trabaje bajo contextos parecidos. Esto se evidencia en los siguientes extractos de entrevistas:

...les da una idea a ellos [refiriéndose a la comunidad] que en futuras ocasiones pueden esperar del mismo si tenemos las mismas circunstancias. (Entrevista 1)

Creo que son como un punto de partida para los próximos grupos que vengan. En especial, si se van a hacer estudios similares o de la misma área. Primero, tienen unos resultados que pueden servir de comparación para lo que les den a ellos. En mi caso, lo más cercano que había era un estudio del 2006 en una laguna, o sea, una bahía que tenía condiciones similares. En este caso, si se repite el estudio, tienen valores a los cuales compararlos y saber, 'mira lo que me está dando son valores relativamente precisos o son relativamente realístico en cuanto al estudio'. Y, adicional a eso, también, creo que el estudio que se hizo se podría partir de ahí y hacer estudios variando algunas de las condiciones. Por ejemplo, se podía ver si el efecto que tuvo el estar en la muestra mucho tiempo antes de hacerse la medida, se podría congelar la muestra- que fue una de las cosas que leí en un estudio que si se congelaba tal vez el preserva mejor-, se podría hacer la medida el mismo día que se tomó la muestra o un día después de que se tomó una muestra y ver cómo se afecta. Se podría tomar eso como un punto de partida si fuimos los primeros en hacerlo en

esa área en ese tiempo específico. Y, no sólo eso, también, si se hace en otro semestre, se podría ver las diferencias que hay de todas las medidas en cuanto a época y todo eso. Creo que hay mucho potencial a partir de ahí. (Entrevista 3)

Sí, definitivamente, tiene aplicación para otros proyectos. Incluso, no específicamente solamente de litio, pero también se podrían determinar las concentraciones de los otros metales que sabemos que están presentes en agua salada específicamente en la Laguna Grande; como el cadmio... Así que, si hay futuros experimentos, pues determinar otras concentraciones de otros metales, quizás volver a tratar de determinar el litio quizás con otros instrumentos. (Entrevista 6)

Pero digamos que alguien entonces esto le interesa, pues eso haría que algún proyecto eventualmente quiera medir los nitratos y fosfatos en todos los lados de Puerto Rico, y ver cuáles tienen problema. Eso da paso a que diseñen proyectos de cómo disminuir la contaminación en los lagos. Eso nos afecta a todos los de Puerto Rico. No hay nadie haciéndolo, pero hay tantos laboratorios haciendo *research* y cosas que no nos afectaría tanto a todos como una sociedad y creo que por eso es importante ponerlos desde ahora. (Entrevista 3)

Y, pues evitamos a futuras personas que vayan a hacer el experimento a que no se vayan por esa vía y ahí pues ahorramos tiempo y ahorramos esfuerzo. A lo último, el equipo de Absorción Atómica nunca funcionó, pero pudimos analizar las interferencias que podía haber, cómo disminuirlas y ya avanzamos esa parte del instrumento sí se puede hacer. (Entrevista 4)

En verdad, no pienso que haya impactado mucho porque pienso que en el futuro podría impactar cuando ya finalmente se pueda encontrar el efecto de la vitamina B-12 en agua. Así que, de inmediato, no pude ver ningún efecto, pero,

si en el futuro, después se sigue investigando y profundizando, pues me sentiría bien de por lo menos aportar el granito de arena en eso. (Entrevista 4)

Subcategoría 5.4. Aprendizajes en resultados negativos

La quinta subcategoría consiste en ***Aprendizajes en resultados negativos***. Esta subcategoría surgió de un reconocimiento al aprendizaje detrás de los resultados negativos por parte de los/as participantes entrevistados con la implementación del Aprendizaje Basado en Servicio en el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental. En este sentido, los/as estudiantes pudieron reconocer que, en la labor científica hay desaciertos y esto, también, es aprendizaje. Esta información se evidencia a continuación:

Que no nos haya salido para mí eso no es negativo, pues aprendo yo que en el futuro si yo hago esto, pues tengo que no hacer lo que hice y hacer otras cosas mejores. (Entrevista 1)

Creo que aprendí más del que no dio el resultado, que del que nos salió de la primera. El que no me dio el resultado tuve que buscar el por qué y otras alternativas. Hoy te puedo decir porque no nos dio. Siento que eso fue mejor; mejoró la experiencia. (Entrevista 3)

Pero pienso que hicimos un buen análisis de por lo menos por qué descartamos una técnica o la otra. Eso como quiera sirve, es un avance. Primero, pudimos analizar por qué no funcionaron las técnicas. No es que simplemente dijimos 'Ay, no funcionó. Qué mal'. Analizamos y determinamos que a cierta cantidad de analito el instrumento no era sensitivo suficiente. (Entrevista 4)

Resumen

En este capítulo, se analizó la información recopilada en el estudio de caso dirigido a describir la aplicación del Aprendizaje Basado en Servicio en el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental. A raíz de las tres estrategias de recopilación de datos,

surgieron cinco categorías emergentes que sirvieron para representar la aplicación de esta estrategia de enseñanza particularmente en el escenario de un laboratorio de instrucción subgraduada. En los narrativos que explican cada categoría y subcategoría, queda evidenciado cómo la estrategia fue implementada en el curso y el impacto que tuvo en los/as estudiantes. Además, los resultados sirvieron para describir el curso y explorar las concepciones que tienen los/as estudiantes impactados sobre el aprendizaje. A partir de las narrativas, toma relevancia promover estrategias alineadas a contextos reales donde pudieran aplicar sus conocimientos. También, se pudo observar cómo el Aprendizaje Basado en Servicio va alineado con los objetivos del curso y ayuda a ilustrar el papel de la Química en la sociedad y, concurrentemente, ayuda a fomentar el sentido de servicio en los/as estudiantes.

Capítulo V

Discusión, conclusiones, implicaciones y recomendaciones

Este estudio de caso tuvo como propósito conocer, entender y describir la perspectiva de los/as estudiantes sobre la estrategia de Aprendizaje Basado en Servicio incorporada al curso de Laboratorio de Análisis Químico Instrumental. Asimismo, se exploró cómo el curso fomenta estrategias de aprendizaje activo, y cómo estas estrategias se acercan al aprendizaje de los/as estudiantes y facilitan el entendimiento en torno al rol de la Química en la sociedad. Para cumplir con este propósito, se analizó la experiencia de los/as estudiantes que fueron participantes del objeto del estudio de caso. Conforme a los resultados del estudio, la estrategia de Aprendizaje Basado en Servicio demostró capacidad para adaptarse al curso y es cónsona a la forma en que los/as estudiantes aprenden.

En este capítulo, se dará respuesta a las preguntas de investigación que guiaron este estudio. Las respuestas parten de la revisión de literatura que se presenta en el Capítulo II, los hallazgos recopilados en el Capítulo IV y conforme a mi experiencia como investigador, profesor y especialista del área de Química Analítica. El capítulo contiene una guía para la aplicación del Aprendizaje Basado en Servicio en el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental que parte de la información recopilada en este estudio. Además, dentro del contenido de este capítulo, se presentan las conclusiones principales del estudio, las implicaciones y recomendaciones a raíz de la aplicación en el contexto de la educación subgraduada en Química, y el significado de mi experiencia durante el proceso de conducir esta investigación.

Discusión

Este estudio de caso permitió entender y describir la estrategia de Aprendizaje Basado en Servicio desde el escenario de un curso de Laboratorio de Análisis Químico Instrumental. Asimismo, ayudó a conocer la perspectiva de los/as estudiantes sobre la

implementación de esta estrategia y los aprendizajes recuperados, especialmente en torno al rol de la Química en la sociedad. Además, el estudio permitió describir cómo el curso fomenta estrategias de aprendizaje activo desde sus guías. Conforme a este propósito, las preguntas que guiaron este estudio de caso fueron las siguientes:

1. ¿Qué estrategias de aprendizaje activo se incorporan en el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental a partir de sus guías?
2. ¿Cómo la estrategia del Aprendizaje Basado en Servicio se acerca a las formas de aprendizaje de los/as estudiantes de Química intervenidos/as?
3. ¿Cómo contribuye la incorporación del Aprendizaje Basado en Servicio al entendimiento del rol de la Química en la sociedad?
4. ¿Qué elementos deberían integrarse en una guía que incorpora el Aprendizaje Basado en Servicio del curso de Laboratorio de Análisis Químico Instrumental?

En este capítulo, se dará contestación a las preguntas de investigación. Las respuestas están sustentadas en el análisis de los datos que fue discutido en el Capítulo IV. En este análisis, emergieron cinco categorías que redujeron la información y sirven de base para este estudio. Estas cinco categorías emergentes se muestran en la Figura 5.1.

Figura 5.1

Categorías emergentes



Primera pregunta de investigación: ¿Qué estrategias de aprendizaje activo se incorporan en el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental a partir de sus guías?

Esta pregunta tuvo como objetivo identificar las estrategias de aprendizaje activo que se incorporan en el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental a partir de las guías que fueron revisadas. En este sentido, primero, se explicará qué se entiende por

aprendizaje activo particularmente en un escenario de un laboratorio de análisis químico. Luego, se discutirá cómo estas características se vislumbran a través de las guías del Laboratorio de Análisis Químico Instrumental.

El aprendizaje activo ocurre en un salón de clases donde el/la profesor/a y las actividades educativas van explícitamente dirigidas a que el/la estudiante se encargue de su aprendizaje (Lombardi & Shipley, 2021). Estas actividades se dan de forma opuesta a la acción de escuchar de forma pasiva, y se enfatiza el pensamiento de alto nivel y el trabajo en grupo (Freeman et al., 2013). Para carreras de ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM), se evidenció empíricamente que la aplicación de estrategias ligadas al aprendizaje activo incrementa el desempeño de los/as estudiantes (Freeman et al., 2013). En el contexto particular de un curso de laboratorio de análisis químico, Wenzel y Larive (2014) propusieron los siguientes criterios para definir el aprendizaje activo en las actividades de laboratorio:

1. Las actividades comienzan con una pregunta abierta o un problema.
2. Las actividades están diseñadas de forma tal que los estudiantes trabajan en equipos.
3. El/la profesor/a puede o no saber los resultado o desenlace del problema con anterioridad.
4. Los/as estudiantes usan su conocimiento previo o consultan la literatura para darle dirección a la pregunta o el problema.
5. Los/as estudiantes usan destrezas de pensamiento crítico para desarrollar una hipótesis y/o planificar un procedimiento para resolver un problema siguiendo los aspectos de seguridad de laboratorio.
6. Los/as estudiantes ejecutan un procedimiento observando y recopilando información, o mediante data provista donde ellos determinan las medidas correctas que van a realizar.

7. Cuando los experimentos son realizados, los/as estudiantes tienen que tomar decisiones en su diseño y su ejecución, teniendo en consideración los aspectos de seguridad.
8. Los/as estudiantes usan métodos apropiados para validar sus medidas.
9. Los/as estudiantes procesan (describen, tabulan, resumen, calculan) la información que es recopilada o provista.
10. Los/as estudiantes desarrollan y sustentan conclusiones con la información recopilada o provista.
11. Los/as estudiantes usualmente reportan sus hallazgos de forma escrita u oral.

En el caso del curso de Laboratorio de Análisis Químico Instrumental, partiendo precisamente del sílabo del curso (Apéndice L), se establece que su diseño persigue el aprendizaje activo.

En el documento, se establece que el curso está diseñado utilizando estrategias de aprendizaje activo. Se indica que el diseño y la implementación se centra en el alumno promoviendo su participación y reflexión. Además, se establece que en las actividades se fomenta el diálogo y la colaboración entre compañeros, y el desarrollo de habilidades y actitudes. (Documento 1)

Según Morales y colaboradores (2021), el potencial para que se dé el aprendizaje activo es uno de los factores determinantes a la hora de seleccionar las actividades para impartir el curso de Laboratorio de Análisis Químico Instrumental. Así mismo, la planificación y la implementación de actividades que envuelven el aprendizaje activo no excluye la necesidad de recursos de textos y guías (Wenzel & Larive, 2014). Con esto en mente, se espera que dentro de las guías de las actividades del curso se puedan contemplar las características que definen el aprendizaje activo en el contexto particular del laboratorio de análisis químico. En el curso que fue parte de este estudio

de caso, las guías y textos del curso que se utilizan como referencia se limitan al sílabo (Apéndice L) y módulos de experimentos. Los módulos de experimentos analizados fueron *Práctica Inicial: Entrenamiento en el uso de la instrumentación y en buenas prácticas de laboratorio*, *GCFID: Estudio de parámetros que afectan la respuesta y resolución de la cromatografía de gas* y *Fluorescencia: Determinación fluorométrica de quinina en agua tónica*.

En el caso del módulo *Práctica Inicial: Entrenamiento en el uso de la instrumentación y en buenas prácticas de laboratorio*, el documento es una guía para una práctica inicial con el objetivo de que los/as estudiantes conozcan los fundamentos básicos para realizar las prácticas experimentales del curso. Además, está enfocada en adiestrar a los/as estudiantes sobre operación de distintos instrumentos y las buenas prácticas del laboratorio. El documento incluye una información de trasfondo sobre en qué consisten las buenas prácticas de laboratorio y la descripción del procedimiento que se subdivide en siete estaciones: Fluorescencia, Espectroscopía región Ultravioleta, Espectrofotometría en la región Infrarroja FTIR, Cromatografía de gas acoplada a detector de ionización de llama GC/FID, Cromatografía líquida de alta resolución HPLC/UV-Vis, Potenciostato- Voltametría cíclica y Calorimetría de rastreo diferencial. Además, incluye una hoja de reporte de los resultados. La guía para las siete actividades comienza con una descripción para contextualizar el ejercicio que se va a trabajar y, luego, presentan el procedimiento. No se presenta un problema o una pregunta inicial, pero sí se incluyen preguntas dentro de algunos de los procedimientos para que los/as estudiantes tomen decisiones sobre distintos parámetros experimentales como cuál es el blanco y el largo de onda máximo que utilizarán. También, se incluye otras preguntas que van dirigidas más bien al cálculo o a la discusión de los resultados. Estas últimas giran en torno al análisis de espectros, a la identificación de errores, a comparación de resultados y otros aspectos relacionados a la discusión de los resultados. En la hoja

para el reporte, se encuentran varios puntos donde los/as estudiantes adjuntan los gráficos, rellenan las tablas y discuten los resultados que obtuvieron.

El módulo *GCFID: Estudio de parámetros que afectan la respuesta y resolución de la cromatografía de gas* es una guía sobre un experimento para practicar la técnica de GCFID (cromatografía de gas acoplada a un detector de ionización de llama) y la optimización de parámetros experimentales. La guía incluye cuatro partes donde se le va indicando al estudiante desde la preparación del instrumento con los parámetros y especificaciones, el procedimiento y cálculos para determinar el número de platos teóricos y altura de los platos de la columna, el procedimiento para evaluar el efecto en temperatura en una corrida de cromatografía de gas y cálculos del factor de retención y selectividad, el efecto del flujo en la separación cromatográfica, y el análisis de datos para el informe.

El módulo *Fluorescencia: Determinación fluorométrica de quinina en agua tónica* es una guía sobre un experimento para practicar la técnica de fluorescencia para la determinación de quinina en agua tónica. La guía incluye información de trasfondo de la técnica y explica los cálculos. Luego, detalla el procedimiento para preparar las soluciones requeridas para la curva de calibrado y detalla distintos procedimientos para medir el efecto en pH, la presencia de un electrolito y oxígeno, y la temperatura en la intensidad de fluorescencia en quinina. Además, se incluye las instrucciones para el informe y unas preguntas sobre el tema.

En general, las guías que fueron analizadas presentan solo alguno de los criterios que establecieron Wenzel y Larive (2014) para definir las actividades de laboratorio que asumen un aprendizaje activo. Entre los criterios que se presentan en las guías que son característicos del aprendizaje activo se encuentran que los/as estudiantes ejecutan un procedimiento y procesan datos, y que, a partir de ahí, elaboran conclusiones. También, se da forma a lo que es el reporte escrito de los hallazgos. Al

menos, en una de las guías se encontró que, dentro del procedimiento, se incluían algunas preguntas para tomar decisiones sobre ciertos parámetros experimentales. Sin embargo, las actividades no presentan una pregunta abierta o problema para iniciarlas, tampoco se precisa una consulta con la literatura, ni fomenta el desarrollo de hipótesis o el diseño de procedimiento. Otros aspectos que no se especifican en estas guías es si las actividades se trabajan en grupo o no.

En resumen, las guías que fueron consultadas del Laboratorio de Análisis Químico Instrumental no precisan la mayoría de los detalles del aprendizaje activo. Generalmente, estas guías se visualizan como unos ejercicios donde los/as estudiantes siguen unas instrucciones de una receta en específico y no se invita a desarrollar el pensamiento crítico y al diseño de experimento a partir de conocimientos previos. La aplicación de los conocimientos previos y el ejercicio del pensamiento crítico se presenta exclusivamente en el análisis de los resultados experimentales de acuerdo con lo que se observa en estas guías. Por otro lado, tampoco se observa un origen de las actividades motivado por un problema o una pregunta abierta que estimule el aprendizaje.

Segunda pregunta de investigación: ¿Cómo la estrategia del Aprendizaje Basado en Servicio se acerca a las formas de aprendizaje de los/as estudiantes de Química intervenidos/as?

Esta pregunta tuvo como objetivo principal recopilar información sobre cómo la implementación del Aprendizaje Basado en Servicio se acerca al aprendizaje de los/as estudiantes del curso de Laboratorio de Análisis Químico Instrumental. Para contestar esta pregunta, primero, se describe cuál es la meta del curso en torno al aprendizaje de los/as estudiantes. Luego, se discute la información brindada por los/as participantes sobre cómo ellos/as aprenden y los aprendizajes que estos/as reportaron como consecuencia de exponerse a la estrategia de Aprendizaje Basado en Servicio. En otras

palabras, se discute sobre cómo los productos de la estrategia implementada coinciden con las formas de aprendizaje de los/as estudiantes y con los contenidos temáticos y destrezas que promueve el curso como se ilustra en la Figura 5.2.

Figura 5.2

Convergencia entre qué se pretende aprender, cómo se aprende y el Aprendizaje Basado en Servicio



¿Qué se pretende aprender en el curso? El curso de Laboratorio de Análisis Químico Instrumental comprende esencialmente desde el desarrollo de destrezas prácticas para el uso de la instrumentación en el análisis químico cuantitativo y cualitativo hasta la discusión de técnicas cromatográficas, espectrofotométricas,

calorimétricas y de electroanálisis. Este hecho se contempla en el sílabo del curso (Apéndice L) y se sustenta con las observaciones realizadas para describir el curso. Estas prácticas se dan en un ambiente en donde el/la estudiante las ejecuta de forma independiente, a su ritmo; por lo que asume cierto grado de autonomía como científico/a. En este sentido, coincide con los objetivos que se señalan para este curso que se enfatiza principalmente en una exposición directa a la teoría, la operación y la práctica de los equipos instrumentales disponibles con el mínimo grado de supervisión (Budner & Simpson, 2018; Harris & O'Brien, 1992; Kalivas, 2005; Lanigan, 2008; Schroeder, 1975).

En el caso de las destrezas que se promueven en el curso de Laboratorio de Análisis Químico Instrumental, según las observaciones realizadas y las guías consultadas (Práctica Inicial: Entrenamiento en el uso de la instrumentación y en buenas prácticas de laboratorio, GCFID: Estudio de parámetros que afectan la respuesta y resolución de la cromatografía de gas y Fluorescencia: Determinación fluorométrica de quinina en agua tónica), estas consisten en: la limpieza analítica de la cristalería, la preparación de soluciones, el uso de distintos equipos instrumentales (espectrofotómetro de infrarrojo, cromatógrafo de gases, fluoroespectrómetro, balanza analítica, espectrofotómetro de absorción atómica), separaciones analíticas (extracción, cromatografía), la aplicación de curvas de calibración (curva de calibración normal y métodos de adiciones estándar), y síntesis y caracterización de nanopartículas.

¿Cómo aprenden los/as estudiantes? El currículo debe considerar no solo los contenidos y destrezas que suponen los objetivos de un curso y la formación de un profesional, sino que también debe recurrir a los intereses y preocupaciones de los/as aprendices, y el contexto social (Porlan-Ariza, 2018). Por esa razón, dentro de este estudio, se indagó sobre cómo aprenden los/as estudiantes. Con este propósito, los/as participantes fueron cuestionados/as sobre qué estrategias de enseñanza le resultaban

más efectivas para concebir el aprendizaje concerniente a la disciplina de la Química. Sobre este asunto, los/as participantes compartieron distintas experiencias que, bajo su perspectiva, les provocaba un mayor aprendizaje. La resolución de problemas fue una de las actividades que destacaron. Sobre este aspecto, resaltaron la dinámica de la resolución de problemas en la discusión de la clase y dentro de los instrumentos de evaluación. Además, compartieron que la contextualización con hechos reales o las aplicaciones aumentaba su interés por aprender. Los/as estudiantes entrevistados/as mencionaron, por ejemplo, aprendizajes cuando podían relacionar lo aprendido con una enfermedad conocida o con el desarrollo de una sociedad más sustentable. También, hicieron mención al aprendizaje basado en la experiencia o la práctica. En este sentido, compartieron que visualizar los aspectos teóricos en un escenario práctico como el laboratorio, y realizar experimentos por ellos mismos y tener que optimizarlos, le resultaba más interesante y un mayor aprendizaje. En resumen, se observa cómo los estudiantes prefieren actividades educativas que involucren la resolución de problemas, la contextualización con hechos reales y el aprendizaje que se origina de la práctica y o la experiencia misma. Precisamente, estas acciones para promover el aprendizaje coincidieron con algunas de las características de la estrategia de Aprendizaje en Servicio que busca que el/la estudiante gane experiencia fuera del aula y que pueda aplicar lo que aprende (Williamson, 2017).

¿Cómo se acerca el Aprendizaje Basado en Servicio? El Aprendizaje Basado en Servicio en el contexto de un curso de Laboratorio de Análisis Instrumental se aplicó de forma cocurricular como parte del proyecto de investigación del curso. Este proyecto de investigación fue parte de las estrategias de evaluación que propone el sílabo del curso (Apéndice L). Para la implementación esta estrategia de enseñanza, fue importante que varios elementos sirvieran de andamiaje para provocar encuentro del conocimiento con la realidad característico del Aprendizaje Basado en Servicio (Figura

5.3). De esta manera, surge imprescindible para la implementación del Aprendizaje Basado en Servicio en el escenario del laboratorio que distintos recursos estén disponibles para que se dé la experiencia y que se consiga un escenario real para el cual se puedan atender unas necesidades. Además, es importante que los/as estudiantes implicados/as en la implementación de la estrategia cuenten con unos conocimientos previos y que tengan o desarrollen actitudes que le permitan aprovechar la experiencia a favor de la construcción de su propio conocimiento y el resto de los productos que la implementación de esta estrategia trae consigo que coinciden con el aprendizaje significativo.

Figura 5.3

Elementos requeridos para la implementación y productos del Aprendizaje Basado en Servicio



Interacción con un escenario real. El Aprendizaje Basado en Servicio consiste esencialmente en conducir las actividades de enseñanza de forma tal que se obtenga un producto que pueda atender algún problema o una necesidad de naturaleza real. Debido a esta particularidad, es importante que se dé la *interacción con un escenario real*. Esta acción supone que se pueda identificar un área en específico donde se pueda implementar un servicio para atender las necesidades o problemas particulares del escenario aprovechando los contenidos que se ofrecen en el contexto del curso. A base de la experiencia, dos de las características que debe cumplir el escenario que se impacte es que sea accesible y que se consideren los aspectos de seguridad. También, es importante que se pueda identificar un miembro de la comunidad que se pueda integrar al proyecto y pueda orientar a los/as estudiantes en diferentes etapas de la implementación de la estrategia (Harrison et al., 2013). Entre los escenarios utilizados para aplicar el Aprendizaje Basado en Servicio se encuentran: reservas naturales (Kammler et al., 2012), residencias (Kesner & Eyring, 1999), humedales (Heider et al., 2018), entre otros. En el caso del escenario de esta investigación, la interacción se dio en la Reserva Natural Cabezas de San Juan en Fajardo, Puerto Rico. Particularmente, se estudió la Laguna Grande, la cual resultó interesante por su peculiar actividad bioluminiscente. Gestores ambientales del proyecto Para La Naturaleza, sirvieron de apoyo durante el ejercicio explicando las necesidades de la reserva y ayudaron en el proceso de muestreo y comprensión de los resultados.

Recursos. Otro aspecto importante que delimita el alcance del Aprendizaje Basado en Servicio y es importante en el diseño y desarrollo curricular son los recursos necesarios. La experiencia mostró que la implementación de la estrategia de Aprendizaje Basado en Servicio en este curso requirió de una infraestructura física y tecnológica adecuada, un/a profesor/a que la implemente, el apoyo del departamento y de materiales. Primero, implementar la estrategia se requería facilidades físicas

adecuadas. Sobre este requisito es importante destacar que la resolución de la necesidad implicaba la realización de proyectos experimentales en un laboratorio. Por lo tanto, un laboratorio disponible con recursos de agua, electricidad y mesas de trabajo son necesarios para la ejecución de estos métodos experimentales. En el caso particular del escenario que fue descrito en esta investigación, los/as participantes señalaron una dificultad relacionada a los fallos en energía eléctrica que afectaron la temporización de los experimentos que se habían programado y creó incertidumbre en la confiabilidad de los resultados que se obtuvieron debido a la preservación de la muestra recolectada. Además, se requirió una estructura tecnológica que brindara acceso a la Internet para las videoconferencias que se llevaron a cabo con la comunidad. Por otro lado, el/la profesor/a es pieza clave en la implementación del Aprendizaje Basado en Servicio. En el caso particular de la implementación en el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental, el profesor/a no asume un rol distinto a lo que se observó en los datos recopilados. Es decir, que durante la implementación de la estrategia el/la profesor/a es un/a guía que fomenta el uso apropiado del tiempo, aclara los procedimientos, valida el trabajo realizado por los/as estudiantes y administra el laboratorio. En términos de lo que fue la estructura de la actividad, es importante, también que el/la profesora guíe el proceso de implementación de forma tal que le dé forma a la experiencia en sí y pueda llevarse de modo cocurricular en el curso. Además, es importante que ayude en el desarrollo a los estudiantes conociendo el alcance y los recursos del curso. Este hecho puede suponer un trabajo extra en el docente (Porlan-Ariza, 2018). Otro elemento indispensable es el apoyo del Departamento de Química. En este caso, para implementar la estrategia, es necesario que la institución ayude en el transporte a la comunidad, en la gestación de permisos y relevos de responsabilidad, y la provisión de los materiales. Sobre este asunto, es importante que se pueda identificar con tiempo los materiales necesarios (reactivos y equipos) considerando que la

implementación del aprendizaje en servicio es un proyecto especial de investigación y se recomienda que se establezca comunicación directa con la administración para que de antemano se identifiquen partidas para sufragar las posibles necesidades que haya en la implementación del Aprendizaje Basado en Servicio. Las actividades para el Aprendizaje Basado en Servicio deben diseñarse considerando los recursos disponibles, a menos que haya alguna fuente de fondos disponibles (Kammler et al., 2012).

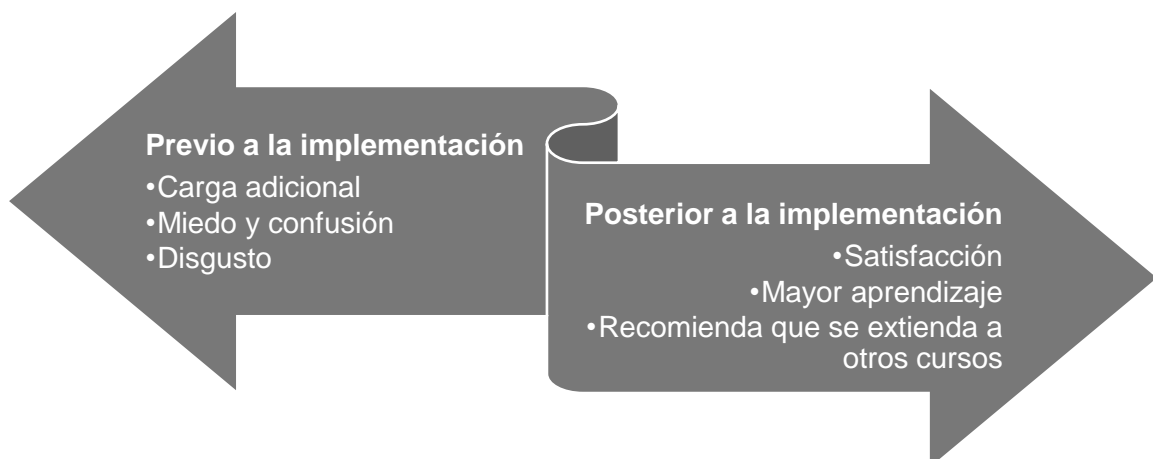
Conocimientos previos. Basado en lo recopilado en esta investigación y otros estudios (Williamson, 2017), la implementación del Aprendizaje Basado en Servicio requiere la aplicación de conocimientos previos. Los conocimientos previos consisten en aquellos conocimientos recuperados en cursos previos al curso de Laboratorio de Análisis Químico Instrumental y los conocimientos adquiridos con las prácticas experimentales propias del curso. La razón principal de que los estudiantes requieran estos conocimientos es que los/as estudiantes realizan proyectos de investigación auténticos de naturaleza real y cuyo origen está en la necesidad o un problema de la comunidad o escenario impactado. Particularmente, en el curso de Laboratorio de Análisis Químico Instrumental, de acuerdo con los resultados, a los/as estudiantes, no se les proveyó una guía para llevar a cabo su investigación, y el desarrollo de sus propuestas de investigación se basaba en sus conocimientos previos y las referencias que consultaran. Es importante destacar que gran parte del conocimiento previo en las técnicas instrumentales que podían aplicar fue discutido en el curso como parte de las prácticas y el contenido temático como se señala en el sílabo del curso (Apéndice L), y se evidencia en la información recopilada en las entrevistas semiestructuradas donde se reconoce una aplicación inmediata de lo aprendido en el curso.

Actitudes. Para la implementación del Aprendizaje Basado en Servicio, es importante que los/as estudiantes asuman la actividad educativa con las actitudes

apropiadas para que se faciliten los procesos de aprendizaje. Por ejemplo, una recepción asertiva a la implementación y una disposición a trabajar en equipo. Como producto de la implementación, se observó un cambio en la percepción de los/as estudiantes (Figura 5.4). Previo a la implementación de la estrategia, predominó una percepción negativa. La mayoría de los/as estudiantes entrevistados/as reportó que percibieron el Aprendizaje Basado en Servicio como una carga adicional, un estrés más. Además, expresaron que sentían miedo, pues había personas externas esperando por unos resultados, y confusión al no tener claro completamente lo que se tenía que hacer. Posterior a la experiencia, todos/as los/as estudiantes entrevistados/as coincidieron con una percepción positiva entorno al aprendizaje en servicio. Los/as estudiantes entrevistados/as expresaron satisfacción por su participación -lo que coincide con el estudio de Damaris y colaboradores (2020)-, un mayor aprendizaje y recomendaron extender la posibilidad de implementar esta estrategia de enseñanza a otros cursos.

Figura 5.4

Percepción general de los/as estudiantes previa y posterior a la implementación del Aprendizaje Basado en Servicio



El cambio en percepción se entiende que fue causado, en gran parte, por la motivación generada con la implantación. El elemento motivacional que se identificó en este estudio es consistente con otros estudios donde se aplica el Aprendizaje Basado en Servicio en escenarios similares (Harrison et al., 2013; Kammler et al., 2022; Kesner & Eyring, 1999; Velázquez-Rivera, 2018). Aunque Kesner y Eyring propusieron que la motivación es producto de la aplicación inmediata del conocimiento, en este estudio, los/as participantes indicaron que la motivación fue generada porque el producto de su proyecto de investigación era importante para otras personas y tenía un efecto en su país. Sobre la motivación, se expresó, además que facilitó el proceso de aprendizaje con expresiones como "... al estar más motivado a hacer tu proyecto de investigación, pues tú estás dispuesto a aprender más o se te hace más fácil aprender". Como resultado, la implementación del Aprendizaje Basado en Servicio procuró los intereses y la motivación de los/as estudiantes, elementos que afectan la construcción del aprendizaje (Mellado et al., 2014).

Para la implementación del Aprendizaje Basado en Servicio, es importante que los/as estudiantes tengan una actitud receptiva al trabajo en equipo. En esta investigación, se vio cómo la disposición a la colaboración y la perspectiva de trabajo en equipo se fomentó. Por ejemplo, se observó cómo los/as estudiantes se ayudaban entre ellos/as en el proceso de muestreo. Este hallazgo es consistente con las características de la problematización en el aprendizaje cuya aplicación se caracteriza por tener un ambiente colaborativo (Borda et al., 2017; Brooks & Brooks, 1993; Savery & Duffy, 1995). Es importante destacar que las dinámicas del curso en sí mismas promueven el trabajo de grupo en equipo entre los/as estudiantes. En las observaciones, se identificaron acciones de colaboración donde se da la mentoría de pares y la complementación para cumplir con las tareas de los procedimientos experimentales.

Cuando se logran los elementos requeridos para el Aprendizaje Basado en Servicio y se implementa la estrategia en un curso, observamos como producto el aprendizaje. En el contexto del Laboratorio de Análisis Químico Instrumental, se observó como producto aprendizaje en torno a las destrezas de análisis químico y un incremento en el compromiso social. Además, se resaltó que el producto contribuye como base para aplicaciones futuras y hubo un reconocimiento del aprendizaje en los resultados negativos.

Destrezas de análisis químico. Los/as estudiantes reportaron ganancias en destrezas relacionadas al muestreo de campo, pues tuvieron que tomar muestras de agua y sedimentos en la Laguna Grande de la Reserva Natural Cabezas de San Juan. Los/as estudiantes aprendieron cómo distintas variables como la profundidad, la temperatura, la hora del recogido, entre otras, eran importantes en el proceso de muestreo. Basado en mi experiencia como docente, este tipo de práctica no es común en el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental ni en otros laboratorios académicos, aunque se reconoce que el proceso del muestreo es un paso de los métodos de análisis químico (Harris & Lucy, 2020; Skoog et al., 2021). Kesner y Eyring (1999) señalaron que un valor educacional significativo en el ejercicio es la toma de muestras. Además, mencionan que, típicamente, los/as estudiantes realizan su trabajo con muestras dadas sin considerar el origen y la representatividad de éstas.

Otras destrezas de análisis químico se promovieron con la implementación del Aprendizaje Basado en Servicio. Como, por ejemplo, el desarrollo de planes experimentales y la búsqueda de literatura. Además, se expusieron a otras técnicas de separación de sustancias como es la tamización y la extracción en fase sólida. De acuerdo con las expresiones de los/as estudiantes entrevistados/as, la experiencia sirvió para que los estudiantes desarrollaran, aplicaran y optimizaran métodos de

análisis químico donde utilizaron las técnicas instrumentales para aplicarlas en sus determinaciones trabajando con muestras reales.

Compromiso social. Uno de los productos de la implementación del Aprendizaje Basado en Servicio en el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental, fue el reconocimiento que los/as participantes tuvieron al concepto erróneo de una labor científica limitada al escenario de un laboratorio. Con este reconocimiento, mencionaron que los químicos deben comprometerse más con las comunidades. Este producto de la estrategia de enseñanza en cuestión fue observado en otros estudios similares (Kammler et al., 2012; Kesner & Eyring, 1999).

Base para futuras aplicaciones. Como parte del proyecto de investigación del curso de Laboratorio de Análisis Químico Instrumental, los/as estudiantes generaron unos resultados. En este caso particular, como el desarrollo de la investigación fue motivado por un problema o un asunto de naturaleza real, los/as estudiantes entendieron que los hallazgos de sus estudios permiten servir de base para futuras ocasiones donde se realicen los mismos estudios o similares en el escenario que fue impactado o contextos parecidos. De esta manera, las investigaciones proveen información sobre métodos de análisis instrumental para monitorear distintas sustancias en cuerpos de agua con condiciones similares. Además, los resultados sirven de referencia para establecer comparaciones en el caso de monitorear los cambios en concentración de las sustancias determinadas por los/as estudiantes.

Aprendizajes en resultados negativos. Otro de los hallazgos de este estudio fue que, a través de la implementación del Aprendizaje Basado en Servicio, los/as estudiantes pudieron razonar que en los desaciertos dentro de lo planificado como propuesta de experimentación también hubo aprendizaje. Este hallazgo es importante porque otros estudios señalaron que precisamente una de las razones que provoca ansiedad en estudiantes de Química es la falsa idea de que los resultados tienen que

ser positivos (Kamaruddin et al., 2019). Esta variación en la percepción que resulta en la valoración del error como origen de aprendizaje son posturas también importantes en la comunidad científica, pues a partir de resultados negativos surgen grandes descubrimientos (Kuo, 2018).

Aprendizaje significativo. Los productos de este estudio demostraron un aprendizaje significativo a raíz de la aplicación de la estrategia de Aprendizaje Basado en Servicio en el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental. Para evaluar la estrategia implementada, la taxonomía del aprendizaje significativo de Fink (2003) propone seis categorías: el conocimiento fundamental, la aplicación, la integración, la dimensión humana, compromiso y aprender a aprender.

Dentro del *conocimiento fundamental*, se contempla que para la implementación de la estrategia de Aprendizaje Basado en Servicio se parte de que los/as estudiantes involucrados/as cuentan con unas estructuras conceptuales y unos entendimientos teóricos de los métodos que se van a aplicar en la parte experimental de su proyecto. Particularmente, en el escenario que estamos discutiendo, previo y concurrentemente a las primeras etapas de la implementación del Aprendizaje Basado en Servicio, se dio paso a la discusión, la práctica y el entendimiento de distintas técnicas instrumentales. También, la implementación de la estrategia contribuyó al entendimiento de unos métodos a los cuales los/as participantes no habían sido expuestos y a sentar bases para estudios futuros en el escenario que fue identificado.

La *aplicación*, como categoría del aprendizaje significativo, se observa en la acción intelectual que emplearon los/as estudiantes al exponerse a análisis químicos de mayor complejidad y carente de guías o resultados previos. La exposición a la estrategia de Aprendizaje Basado en Servicio provocó que los/as estudiantes utilizaran su pensamiento creativo para desarrollar una propuesta de investigación partiendo de la revisión en distintas fuentes de información y exponer una presentación de resultados

de sus estudios. Además, en el proceso de la aplicación vemos el componente del pensamiento crítico y la dimensión práctica para establecer soluciones a los problemas que se encontraron en el proyecto, en el análisis de unos resultados y la capacidad de organizarse.

La *integración* es un aspecto que se logró fortalecer con la implementación del Aprendizaje Basado en Servicio. En este sentido, como producto de la experiencia los/as participantes reportaron una conexión con otras comunidades de aprendizaje con la participación de gestores ambientales de la organización Para La Naturaleza. Por medio de las entrevistas semiestructuradas, se identificó que esta integración permitió que los/as estudiantes conocieran mejor el proceso de recolección de muestras en el contexto que se identificó como escenario para sus proyectos de investigación.

La implementación de esta estrategia impactó también la *dimensión humana* en los/as estudiantes involucrados. Con el Aprendizaje Basado en Servicio, los/as estudiantes implicados/as reportaron en las entrevistas semiestructuradas, un aumento en el compromiso social, haciendo hincapié de que la gestión de un/a científico/a trascendía el escenario clásico en un laboratorio y que, también, es su deber ayudar a las comunidades.

El elemento de *compromiso o atención* se identificó con el valor que le dieron los/as estudiantes a la estrategia de aprendizaje posterior a su aplicación. Con la información recopilada sobre su percepción, los/as participantes que fueron entrevistados/as señalaron una satisfacción por ser seleccionados/as. Además, valoraron que el proceso les permitiera realizar recolección de muestras en un escenario real, acción que no consideraban posible dentro de los laboratorios académicos. Al exponerse a un escenario real, los/as estudiantes mostraron preocupación por tener resultados confiables considerando que había una comunidad esperando por sus resultados. Este hallazgo se observó en estudios similares (Kesner &

Eyring, 1999). También, los/as estudiantes reportaron gratitud por haber sido seleccionados/as para participar en el Aprendizaje Basado en Servicio como pasó en otros estudios similares (Dameris et al., 2020).

Por último, la categoría de *aprender a aprender* que concierne esta taxonomía para describir el aprendizaje significativo demostró estar presente en la implementación del Aprendizaje Basado en Servicio. En este sentido, los/as estudiantes consiguieron adueñarse del proceso de aprendizaje en la forma que aplicaron conocimientos y consultaron literatura para proponer un proyecto de investigación y explicar los resultados obtenidos. Inclusive, esta categoría está presente en la valoración del aprendizaje que hubo en los resultados negativos.

La Tabla 5.1 muestra una comparación en de las categorías de la taxonomía del aprendizaje significativo de Fink (2003) partiendo de lo que se identificó en esta investigación y otros estudios que fueron consultados.

Tabla 5.1

Elementos del aprendizaje significativo en la implementación del Aprendizaje Basado en Servicio en esta investigación y otros escenarios estudiados

Elementos del aprendizaje significativo	Escenario			
	Laguna Grande, Reserva Cabezas de San Juan, Fajardo, Puerto Rico (esta investigación)	<i>Residencias de Salt Lake (Kesner & Eyring, 1999)</i>	<i>Sistemas de acueductos residentes Greenville (Dameris et al., 2020)</i>	<i>Orlando Easterly Wetlands (Heider et al., 2018)</i>
<i>Conocimiento fundamental</i>	Uso de entendimientos teóricos y estructuras conceptuales previas	Aprovechamiento o comparable con estrategias tradicionales	Reportan el uso de los conocimientos de Química.	Uso de los conocimientos del curso.
<i>Aplicación</i>	Acción intelectual en análisis químico de mayor complejidad. Aplicación práctica de distintas técnicas instrumentales. Uso de pensamiento creativo para proponer soluciones	Aplicación práctica de la técnica de absorción atómica	Aplicación práctica de distintas técnicas instrumentales como ICP (Plasma de acoplamiento inductivo)	Los estudiantes se limitaron a seguir los protocolos de operaciones estandarizados y no hubo participación en el desarrollo del método.
<i>Integración</i>	Conexión con otras comunidades de aprendizaje (Para la Naturaleza) para conocer mejor la recolección de muestras y definir los asuntos a investigar	Intervención del Departamento de Salud de la comunidad para orientar a los/as estudiantes	Colaboración con el Departamento de Salud de Illinois	Integración del personal de Orlando Easterly Wetlands para definir el problema
<i>Dimensión humana</i>	Aumento en el compromiso social. La gestión del científico va más allá del laboratorio	Los estudiantes orientan a las familias que están en peligro de exposición	Ayudaron a verificar la calidad de agua de los consumidores	(No se identificó en la información presentada por los/as autores/as)
<i>Compromiso o atención</i>	Satisfacción por participar del proceso. Valoración por participar de recolección de muestras	Preocupación por tener resultados confiables para la comunidad	Los/as estudiantes expresó gratitud por ser parte del proyecto	Se reportó satisfacción por ser parte del proyecto
<i>Aprender a aprender</i>	Aplicar conocimientos y consulta de literatura para proponer investigación y explicar resultados	Consulta de la literatura para presentar los peligros con la exposición al plomo	(No se identificó en la información presentada por los/as autores/as)	(No se identificó en la información presentada por los/as autores/as)

Tercera pregunta de investigación: ¿Cómo contribuye la incorporación del Aprendizaje Basado en Servicio al entendimiento del rol de la Química en la sociedad?

El Aprendizaje Basado en Servicio es una estrategia de enseñanza que permite dar utilidad a los conocimientos de los/as estudiantes en la atención a una situación o un problema real de naturaleza social (Mayor-Paredes, 2018; Saz-Gil & Ramo-Garzarán, 2015). Por esta razón, uno de los objetivos de este estudio de caso era adentrarnos en la perspectiva de los/as participantes en torno al rol de la Química en la sociedad y cómo la estrategia de Aprendizaje Basado en Servicio ayudó a fomentar un mayor compromiso social en los/as estudiantes impactados/as. Para contestar esta pregunta, primero, se presenta cuál es la noción general que reportaron los/as participantes entrevistados/as sobre el rol de la Química en la sociedad. Luego, se discute el impacto que tuvo la implementación de la estrategia en la comunidad que sirvió como escenario para el servicio. Además, se describe cuál fue el efecto de la estrategia en torno al compromiso social de los/as estudiantes impactados/as.

En los Estados Unidos, estudios del *Pew Research Center* señalaron que alrededor de dos terceras partes de los/as estadounidenses piensan que las ciencias tienen un impacto positivo en la sociedad. La opinión popular, en el 2019, se concentraba en que las ciencias influían en la salud y en los avances médicos. Otras áreas que se destacaron en menor grado fueron los avances en las tecnologías digitales, el ambiente y la exploración del espacio (Spencer & Funk, 2022). En el contexto del Laboratorio de Análisis Químico Instrumental, la mayoría de los/as estudiantes entrevistados/as mencionó que la Química tenía un rol importante en temas concernientes a la contaminación ambiental. Probablemente, la razón principal para destacar la aplicación de la Química en esta área en particular fue la exposición que tuvieron los/as estudiantes a analizar distintos analitos en un cuerpo de agua con el

propósito de identificar anomalías en concentración que sugirieran contaminación. Sin embargo, uno/a de los/as participantes hizo mención a la aplicación de esta disciplina en el desarrollo de materiales y la salud. Como resultado, vemos que la percepción que tienen los/as estudiantes en general sobre el rol de la Química en la sociedad está sujeta a sus experiencias. Consistente con esto, estudios en Puerto Rico de Hernández-Matías y colaboradores/as (2019), mostraron cómo particularmente las experiencias de aprendizaje influyeron la percepción del desempeño como científicos en un grupo de estudiantes en escuela superior cuando se expusieron a actividades experimentales.

Por otro lado, al implementar esta estrategia de enseñanza, se impactó una comunidad. De esta manera, de acuerdo con las expresiones de los/as participantes, se identificó un beneficio directo para las organizaciones que velaban por los recursos naturales. Esta noción es consistente con las guías del Aprendizaje Basado en Servicio de la Universidad de Utah donde se establece que la implementación de esta estrategia sea útil para organizaciones sin fines de lucro (Kesner & Eyring, 1999). Establecer enlaces con organizaciones concretas permite unir esfuerzos y coordinarse para ser agentes útiles en la realización de sus propios fines (Saz-Gil & Ramo-Garzarán, 2015). En el caso particular de este proyecto, se estableció una colaboración con el proyecto sin fines de lucro Para La Naturaleza. Esta organización se dedica a velar por la conservación de los recursos naturales, particularmente en la zona de la Reserva Natural Cabezas de San Juan en Fajardo, Puerto Rico. Entre otras cosas, la organización promueve el servicio comunitario voluntario para monitorear la calidad de los recursos de agua existentes en la reserva natural. Esta colaboración permitió que los/as estudiantes del curso pudieran unir esfuerzos en los fines de la organización y realizar su proyecto de servicio. De esta manera, fue que ellos/as pudieron reconocer que, con la implementación de la estrategia, hubo un beneficio directo para la organización.

Hay que resaltar el elemento de servicio intrínseco de la estrategia. En la aplicación del Aprendizaje Basado en Servicio, los/as estudiantes indicaron que no es lo mismo trabajar con una muestra comercial- que es lo típico- a realizar el análisis con una muestra real donde los resultados impactan a una comunidad. Ejemplos de narrativos donde se presenta este punto de vista:

No es lo mismo así hacer una medida con jugo de china que compraste en el supermercado, y lo trajiste y mediste y eso no te afecta en nada. Nosotros vimos el lago, vimos los problemas, conocimos a la gente que está allí, vimos cómo esto los iba afectar, ellos estaban interesados en nuestras muestras. (Entrevista 3)

Además, siento que uno le mete un poquito más empeño a eso [refiriéndose al proyecto de investigación], sabiendo que ellos cuentan con nosotros, que podríamos tener un impacto con ellos porque me imagino que en otras propuestas uno trata de salir de eso lo más rápido que pueda, analizar las cosas y ya. Tratas como que regalarle a esa gente algo, algo tuyo, y pues tratas de hacer un buen trabajo. (Entrevista 4)

Como consecuencia, los resultados de este estudio mostraron que la implementación del Aprendizaje Basado en Servicio aumentó el compromiso social de los/as estudiantes impactados/as. En este sentido, los/as participantes entrevistados/as sostuvieron que es falsa la visión de un científico trabajando exclusivamente en un laboratorio con reactivos y que se debe ayudar más a las comunidades. En otros estudios sobre la implementación del Aprendizaje Basado en Servicio en distintos cursos de Química, también reportaron una valoración al trabajo que se hacía en la comunidad a través de la actividad, se sintieron más comprometidos/as con las comunidades y desarrollaron empatía (Kammler et al., 2012; Kesner & Eyring, 1999). Esto es consistente con lo que propusieron Dameris y colaboradores (2020) que

establecieron que este tipo de estrategia de enseñanza donde los/as estudiantes de ciencias tienen la oportunidad de contribuir con un servicio fuera del salón de clases atendiendo las necesidades de otros/as permite convertir a estos/as estudiantes en unos/as científicos/as más completos/as y con mayor compasión. Sobre este aspecto, Saz-Gil y Ramo-Garzarán (2015), quienes estudiaron la implementación de esta estrategia en la Universidad de Zaragoza en España, indicaron que el Aprendizaje Basado en Servicio promueve una innovación social desde las instituciones de educación superior. La innovación social, tal cual estas autoras la definen, consiste en capacitar a las personas para actuar en torno a los problemas sociales. Las autoras establecieron que la estrategia “proporciona significado y aplicación al aprendizaje al permitir desarrollar diferentes contenidos curriculares, facilitando la práctica de la planificación, el esfuerzo y el compromiso”. Considerando lo antes planteado, vemos un alineamiento de las prácticas educativas relacionadas al contenido químico con el desarrollo del ciudadano tal cual sugirió Eugenio María de Hostos (1969) y contempla la posibilidad de crear ciudadanos más capacitados para tomar mejores decisiones en torno al ambiente y la salud (Villarini-Jusino, 2014).

Cuarta pregunta de investigación: ¿Qué elementos deberían integrarse en una guía que incorpora el Aprendizaje Basado en Servicio del curso de Laboratorio de Análisis Químico Instrumental?

La cuarta pregunta de investigación consistió en identificar los elementos que son necesarios para tener una guía para incorporar la estrategia de Aprendizaje Basado en Servicio en el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental. Para contestar esta pregunta, se acopiaron sugerencias de la literatura, y se discurrió los elementos y las etapas que se identificaron en la implementación y el análisis de la estrategia de enseñanza. Además, se consideró la perspectiva de los/as participantes sobre las

limitaciones y dificultades de la estrategia de enseñanza y las recomendaciones que ofrecieron para su implementación.

Para las estrategias de enseñanza que se basan en la problematización del aprendizaje, Velázquez- Rivera y Figarella- García (2018) propusieron que la planificación curricular fuera desarrollada en tres fases: (1) el diseño y desarrollo curricular, (2) la implantación curricular, y (3) la evaluación curricular.

Diseño y desarrollo curricular. En el caso del diseño y desarrollo curricular, expusieron que esta fase consiste en establecer qué se debe aprender alineado con los contenidos del curso, cuál es el servicio que se realizará, quienes son los/as participantes y grupos de trabajo, cuáles recursos son necesarios y el calendario de trabajo general. Dos de estos requerimientos coinciden con los elementos requeridos para la implementación del Aprendizaje Basado en Servicio en el contexto del Laboratorio de Análisis Químico Instrumental: el servicio que se realiza que esencialmente consiste en identificar el escenario, y los recursos. Los elementos restantes: conocimientos previos y actitudes pueden incluirse en la descripción de participantes.

Para definir qué *se debe aprender* en el Aprendizaje Basado en Servicio particularmente en el contexto del Laboratorio de Análisis Químico Instrumental, se utilizó el sílabo del curso (Apéndice L) y los productos de la implementación de la estrategia. A partir de estas referencias y considerando como meta “Utilizar los conocimientos en métodos de análisis químico instrumental en un proyecto de investigación cuyo producto sea un servicio”, se identificaron los objetivos generales para la implementación del Aprendizaje Basado en Servicio para el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental.

Para seleccionar el *servicio que se realizará* es importante que se tome en consideración el escenario real y los recursos. En el caso del escenario real, conforme a

lo recopilado en esta investigación debe cumplir con los siguientes criterios: (1) presente una situación o problema de naturaleza real y resoluble, (2) el problema se puede atender aprovechando los contenidos temáticos y prácticos del curso, (3) el escenario es accesible y seguro para los/as estudiantes, (4) un miembro de la comunidad sirve de enlace. También, es importante que se consideren los recursos disponibles, pues delimitarán el servicio que realizará. Al tener esto en consideración, se suman otros criterios para seleccionar el servicio que se realizará: (5) la infraestructura física y tecnológica permite llevar a cabo el servicio, (6) el/la profesor/a está disponible y consiente para guiar la experiencia de los estudiantes en el proyecto, (7) el Departamento puede facilitar el transporte al lugar donde se realizará el servicio, (8) los materiales e instrumentos requeridos para el servicio están disponibles o son exequibles. En esta sección, se incorpora los trámites de relevo de responsabilidad para realizar viajes de campo. Además, se añadirán recomendaciones basadas en mi experiencia como investigador y las brindadas por los/as estudiantes entrevistados/as en este estudio.

Definir los *participantes y grupos de trabajo* es importante para el diseño curricular. Aunque como producto de este estudio los/as estudiantes recomiendan una extensión de la estrategia a otros cursos, es importante considerar que el número de estudiantes en las secciones de los cursos. Por ejemplo, Kesner y Eyring (1999) presentaron que secciones en donde hay muchos estudiantes (>35) se dificultaría la logística del análisis y la implementación de las actividades del Aprendizaje Basado en Servicio. Otro criterio para considerar es que los/as participantes deben tener unos conocimientos previos que le permitan llevar a cabo los proyectos de investigación para atender el servicio. De otra manera, se espera que, de forma concurrente a la implementación, se dé esta adquisición de los conocimientos teóricos y prácticos que permitan la finalidad de la estrategia. Por parte de los participantes, se espera que

tengan la disposición para trabajar en equipo y que se dé un cambio actitudinal consecuente a la realización del servicio. En el caso de los grupos de trabajo, puede haber flexibilidad sujeta a la cantidad de estudiantes y la variedad de proyectos que se puedan identificar. Por ejemplo, en el caso de la sección impactada en este estudio, eran doce estudiantes, que solían trabajar en parejas en las actividades del curso. Para la implementación del Aprendizaje Basado en Servicio fue oportuno que cada pareja fuera un grupo de trabajo, pues también se identificaron seis proyectos en el escenario del servicio: Determinación de vitamina B-12, Determinación de la dureza (calcio), Determinación de litio, Determinación del oxígeno disuelto, Determinación de microplásticos en sedimentos y Determinación de nitratos. Como se observa, los proyectos se basan en la determinación de distintos analitos. La identificación de estos proyectos o problemas se dio luego de la reunión inicial donde la comunidad presentó las necesidades que tenían. En el caso de que la cantidad de analitos sea limitada, los proyectos pueden variar la técnica para analizar un mismo analito. Por ejemplo, un proyecto puede ser Determinación espectrofotométrica de vitamina B-12 y otro puede ser Determinación de vitamina B-12 por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC). Esta recomendación puede resultar en una buena aportación porque permite comparar dos métodos en términos de los criterios de calidad y la adecuación para emplearlos con el tipo de muestra.

El calendario de actividades es uno de los componentes de la primera fase para la implementación del Aprendizaje Basado en Servicio. La Tabla 5.2 muestra el calendario aproximado de la implantación del Aprendizaje Basado en Servicio en el caso de esta investigación. Hay que considerar que el curso impactado en el caso tiene una duración de un semestre (5 meses), pero hay estudios reportados en donde la implementación del proyecto se da en un periodo de un año completo (Dameris et al., 2020).

Tabla 5.2

Calendario aproximado de cómo ocurrieron las actividades en la implementación en el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental

Semana	Reunión 1	Reunión 2	
1	Identificar el problema a atender →		
2			
3			
4			
5			Reunión inicial con la comunidad
6			
7			
8			
9			
10		← Desarrollo de propuestas	Presentación de propuestas
11		Toma de muestras	
12		Preparación de muestra y los estándares Medición del analito	
13			
14			
15		Estimación de la confiabilidad y validez de resultados	Presentación de resultados

De acuerdo con las recomendaciones de los/as participantes y las dificultades encontradas en este estudio, hace falta una mejor distribución del tiempo para las actividades del Aprendizaje Basado en Servicio. Por eso, a raíz de los hallazgos de este estudio de caso, el calendario que se propondrá en la guía va a contemplar las siguientes modificaciones:

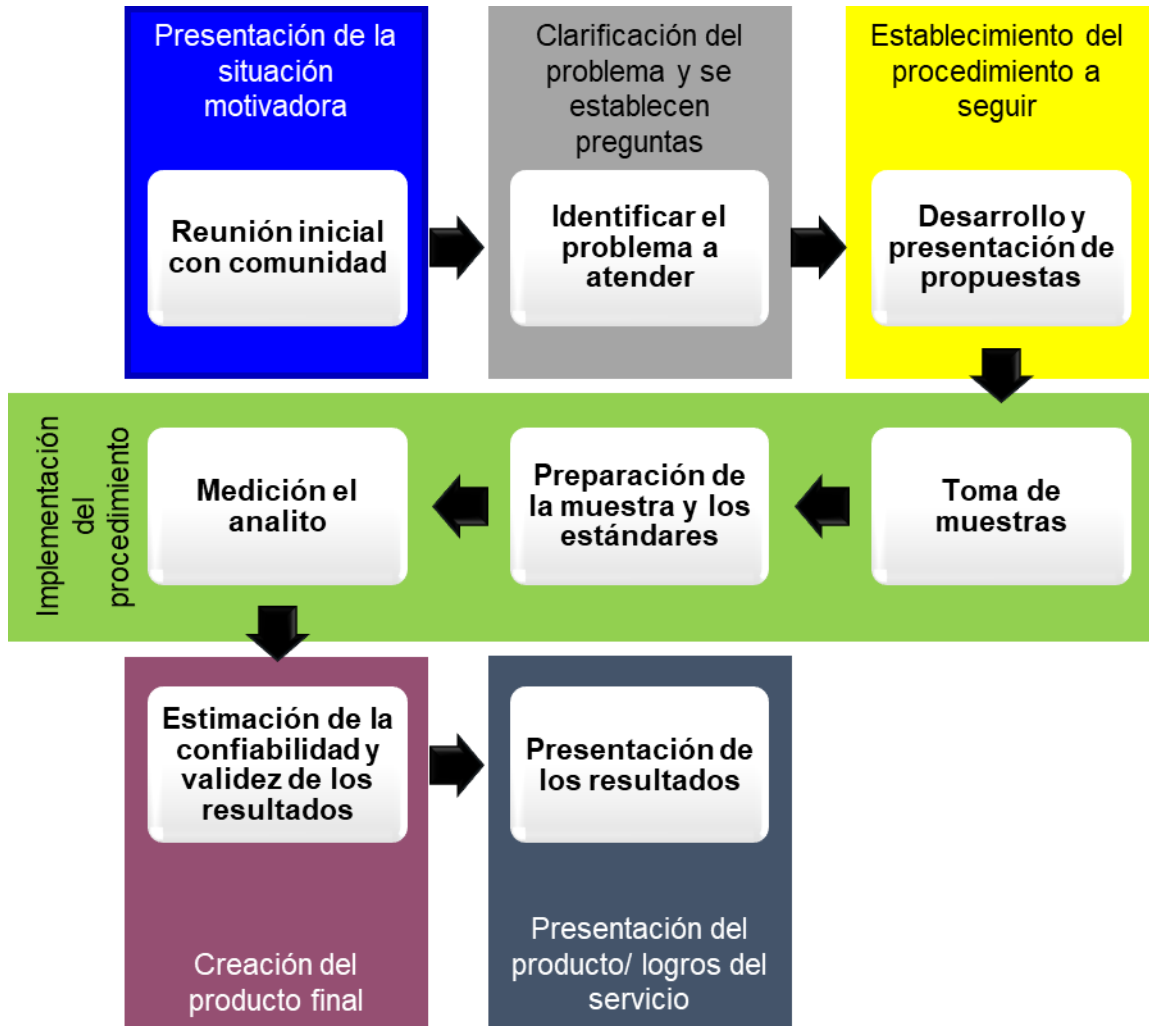
- (1) Mover la reunión inicial para más temprano en el semestre permite tener un periodo más largo en la fase de implantación
- (2) Mover la presentación de las propuestas para más temprano en el semestre permite que se pueda hacer requisición de materiales que no estén disponibles como reactivos

- (3) La toma de muestras debe ser lo más cercano a la preparación de estándares y la medición del analito

Implantación curricular. Para la *implantación curricular*, Velázquez-Rivera y colaboradoras (2016) propusieron siete pasos que consisten en (1) presentación de la situación motivadora, (2) clarificación del problema, proyecto o servicio, (3) establecimiento de las preguntas de investigación o torbellino de posibles soluciones o acciones, (4) el establecimiento del procedimiento a seguir, (5) la implantación del procedimiento, (6) creación del producto final, (7) presentación del producto o logros del servicio. Sin embargo, en el estudio que fue realizado se identificaron ocho etapas: (1) reunión inicial con la comunidad, (2) identificar el problema a atender, (3) desarrollo y presentación de propuestas, (4) toma de muestras, (5) preparación de la muestra y los estándares, (6) medición del analito, (7) estimación de la confiabilidad y validez de los resultados, y (8) presentación de los resultados. Estas ocho etapas convergen con las etapas planteadas con Velázquez- Rivera y Figarella- García (2018) tal cual se muestra en la Figura 5.5.

Figura 5.5

Convergencia entre las etapas de la implementación del Aprendizaje Basado en Servicio en el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental y las etapas de la problematización del aprendizaje de Velázquez-Rivera y Figarella- García (2018)



Reunión inicial con la comunidad. La primera etapa es reunión inicial con la comunidad es en cierto sentido la presentación de la situación motivadora. De acuerdo con Velázquez-Rivera y Figarella-García (2018), la situación motivadora se caracteriza por llamar la atención del estudiante, la integración de comunidades de aprendizaje y exponer los detalles sobre la necesidad que motiva el servicio. En el caso estudiado, en

la reunión inicial la comunidad se integró para dar una descripción del escenario y las situaciones que se requerían atender. Además, sirvió para dar detalles del proceso de muestreo y los objetivos de los proyectos de investigación.

En la guía para implementar el Aprendizaje Basado en Servicio, se definirán los objetivos de la etapa conforme a los hallazgos de este estudio y se incorporarán unas recomendaciones para darle forma a la reunión.

Identificar el problema a atender. La segunda etapa es identificar el problema a atender. En esta etapa, los/as estudiantes clarificaron los temas que iban a estudiar para desarrollar sus proyectos de investigación del curso a raíz de las necesidades que les presentó la comunidad. Esto se dio de forma orgánica entre los/as estudiantes del curso y el profesor. Sin embargo, algo que se puede incorporar, que surge de las recomendaciones que brindaron algunos/as participantes, es una visita a la comunidad posterior a la reunión inicial. Esta visita se dio en estudios similares (Kammler et al., 2012) y serviría para que los/as estudiantes consulten la viabilidad de los temas de investigación. Además, serviría para conocer el lugar y las zonas de muestreo con anticipación, y preparar un plan más adecuado para el recogido de muestras.

Dentro de la guía, se propondrá entonces en esta parte la visita a la comunidad para que los estudiantes la conozcan y que los/as estudiantes consulten los problemas que identificaron con los miembros de la comunidad. Es importante destacar en la guía que en el caso de un problema en el análisis químico debe ser una pregunta que se pueda contestar a través de medidas químicas (Harris & Lucy, 2020). Particularmente, en el contexto del Laboratorio de Química Instrumental esta medida debe ser obtenida aplicando una técnica instrumental.

Desarrollo y presentación de propuestas. En esta tercera etapa, los/as estudiantes implicados desarrollaron las presentaciones de las propuestas de investigación para atender los problemas identificados en la segunda etapa de la

implantación. Para atender este problema, seleccionaron un método analítico que involucraba técnicas instrumentales. Con este propósito, revisaron la literatura para identificar métodos apropiados o diseñar nuevos procedimientos para llevar a cabo su proyecto. Esta acción es consistente con el segundo paso del análisis químico que consiste en la selección del método (Harris & Lucy, 2020). Es importante que a la hora de seleccionar el método se consideren la exactitud requerida, el tiempo disponible, los recursos exequibles y la complejidad de la muestra (Skoog et al., 2021).

Una vez identificados los procedimientos que se iban a llevar a cabo en los proyectos de investigación, los/as estudiantes presentaron sus propuestas en una reunión del curso. En esta reunión la comunidad fue parte de la audiencia. Generalmente, el contenido de las presentaciones de las propuestas era un trasfondo para explicar la importancia del estudio, la exposición del método seleccionado y su justificación, la descripción detallada del procedimiento experimental y los materiales, y la aclaración de preguntas de la audiencia.

Para esta etapa, dentro de la guía, se incluirá el propósito de esta etapa y la información relacionada al contenido de las propuestas de investigación. Además, se incluirá algunas recomendaciones para contrarrestar dificultades como la falta de experiencia en la planificación de un muestreo y los conflictos con la identificación de referencias apropiadas en este paso.

Toma de muestras. En esta etapa, los/as estudiantes tuvieron un viaje de campo para realizar el muestreo en la comunidad. Al llegar a la zona, hubo una reunión con la comunidad para repasar los puntos de muestreo y cómo se iba a realizar el recorrido por el área. También, se repasó el proceso de la toma de muestras y cómo se iban a preservar las muestras al momento del muestreo, en el trayecto de regreso y en la institución académica. En el recorrido, se discutieron sobre distintas variables que pueden afectar las condiciones de la muestra.

En la guía, se presentará el objetivo de esta etapa. Se incluirá la logística y unas recomendaciones sobre el proceso de muestreo, y los posibles materiales requeridos conforme a la experiencia que se tuvo en el caso estudiado y lo recomendado por Harris y Lucy (2020).

Preparación de la muestra y los estándares, y medición del analito. La etapa de preparación de la muestra y los estándares y la medición de la muestra se consolidaron en una. Ambas etapas tienen en común que se trabajaron en el laboratorio. La preparación de la muestra es parte de los pasos de los métodos de análisis químico y consiste principalmente de hacer que la muestra sea adecuada para el método. Este proceso puede incluir procedimientos de disolver la muestra, preconcentrar la muestra y/o eliminación de interferencias (Harris & Lucy, 2020). En el caso estudiado, los/as estudiantes llevaron procesos de filtración y añadieron agentes enmascarantes para eliminar interferencia. Además, un grupo reportó la preconcentración de la muestra aplicando la extracción del analito en una fase sólida.

El siguiente paso de los métodos de análisis químico es la medición del analito. Para el paso del análisis, es importante que se considere que se debe partir de unas referencias para el análisis por eso es por lo que, antes de hacer la medición del analito, se incluyó dentro de las etapas para la implantación la preparación de estándares. Además, es importante el proceso de la calibración y la generación de curvas de calibrado (Skoog et al., 2021). La mayoría de los estudiantes realizó una preparación de soluciones que les sirvieron de estándares y emplearon curvas de calibración aplicando el método de adiciones estándar por la complejidad de la muestra.

En la guía, para esta etapa, se hará una descripción de lo que deberán hacer los/as estudiantes y algunas recomendaciones.

Estimación de la confiabilidad y validez de los resultados. En esta etapa, los/as estudiantes tienen los resultados e incertidumbres, y estiman su confiabilidad. En

esta etapa los/as estudiantes cuyo análisis sea cuantitativo deben realizar tratamiento estadístico, identificar posibles errores, y comparar con estudios similares o los resultados esperados. Además, sería una buena práctica que los/as estudiantes evalúen parámetros asociados al control y la validación de un análisis.

En la guía, se brindará una descripción para esta etapa y se presentará un esquema para facilitar el análisis de los resultados.

Presentación de los resultados. En la etapa de la presentación de los resultados, los/as estudiantes realizaron las presentaciones orales de los hallazgos del estudio y entregaron el informe escrito al profesor/a. Las presentaciones orales fueron en un salón abierto a audiencia ajena al curso, y participaron otros/as profesores/as y la comunidad. El contenido de las presentaciones orales fue generalmente una justificación del estudio, los objetivos, la descripción de los materiales y el método, una discusión de los resultados y una sección de preguntas. El contenido del informe escrito fue portada, índice, extracto, introducción, metodología, datos tabulados, gráficas, cálculos, resultados tabulados, discusión de resultados, conclusión y referencias.

Para la guía, se incluirá una descripción sobre esta última etapa, se harán unas recomendaciones sobre el alcance que puede tener las presentaciones y el contenido general del informe oral y el informe escrito.

Evaluación curricular. La implementación del Aprendizaje Basado en Servicio en el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental no incluyó una etapa formal y planificada, pero los hallazgos de este estudio se prestan para evaluar la implementación de la estrategia de enseñanza en cuestión y sus resultados. De esta manera, los hallazgos de este estudio sirvieron para adoptar ideas y proponer cambios en la manera de implementar la estrategia en el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental.

Con la intención de establecer un proceso de evaluación formal en una guía, se consultó las recomendaciones de Velázquez-Rivera y Figarella-García (2018). En este sentido, las doctoras puertorriqueñas conocedoras de la estrategia de Aprendizaje Basado en Servicio indicaron que el proceso de evaluación proveerá la información sobre si lo planificado y ejecutado tiene el alcance esperado. Para guiar el proceso de evaluación, recomiendan considerar tres aspectos curriculares: el valor intrínseco, el valor instrumental y el valor comparativo (Figura 5.6).

Figura 5.6

Aspectos para considerar en la etapa de la evaluación curricular sugeridos por Velázquez-Rivera y Figarella-García (2018)



El *valor intrínseco* permite evaluar la naturaleza de la filosofía educativa que persigue el Aprendizaje Basado en Servicio. De esta manera, se quiere responder cómo las actividades reflejan la problematización del aprendizaje. A tales efectos, en la guía se incluirá una escala para establecer un grado de acuerdo a cómo se reflejan elementos de esta filosofía: el conflicto cognitivo, el uso del conocimiento previo, la contextualización con aspectos de la vida, la motivación, y la planificación y la implementación de proyectos de investigación.

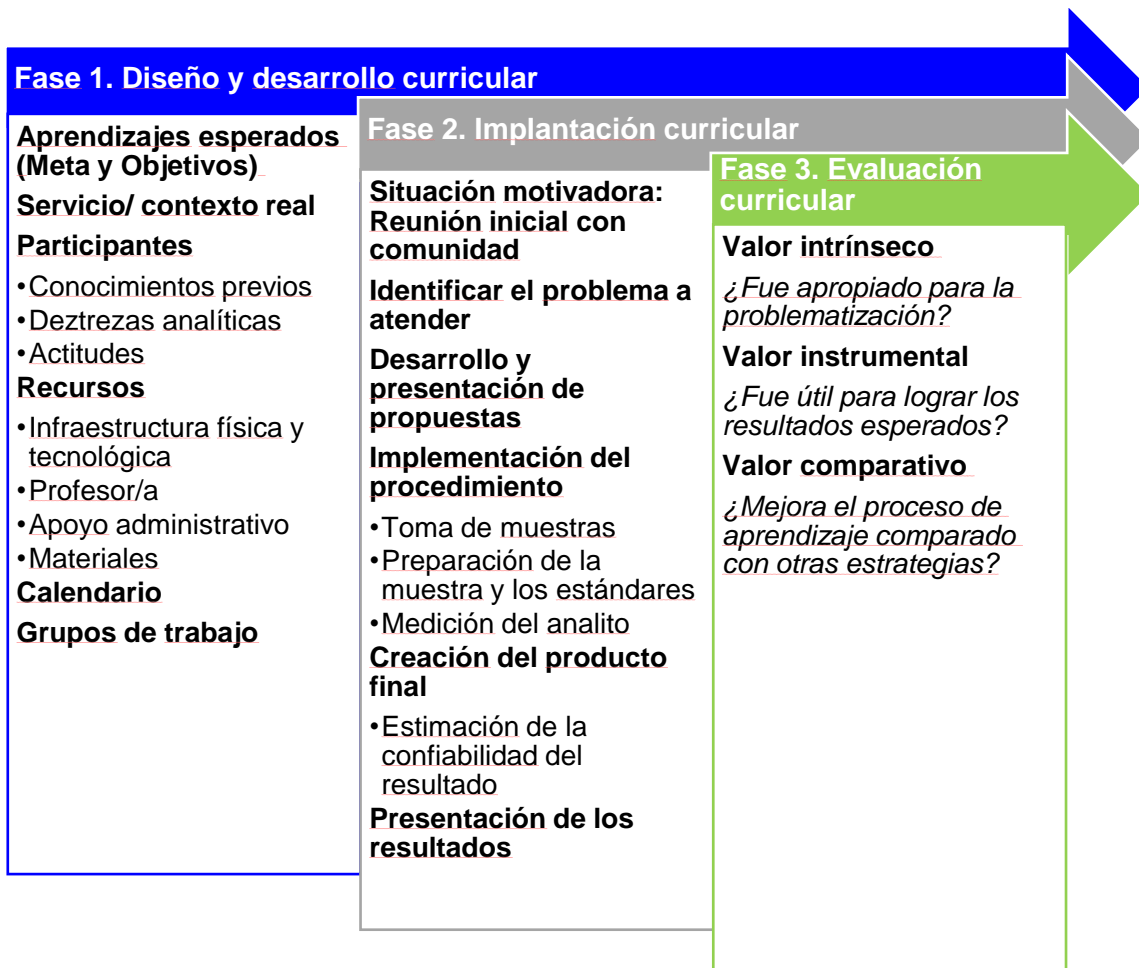
El *valor instrumental* permite evaluar si la unidad curricular fue útil para alcanzar los resultados esperados. Con este propósito la guía para la implementación del Aprendizaje Basado en Servicio producto de esta investigación, incluirá escala para establecer el grado de acuerdo para establecer si las actividades fueron útiles para alcanzar los objetivos esperados. Además, se evaluará por medio de escala de acuerdo la situación atendida, el producto, los instrumentos de evaluación de aprendizaje, las actividades medulares, y la planificación y el desarrollo curricular.

El *valor comparativo* en la evaluación curricular permite establecer contrastes y similitudes del Aprendizaje Basado en Servicio con otras estrategias de aprendizaje implementadas anteriormente. El propósito principal de este juicio comparativo es establecer qué estrategia consigue unos mejores resultados en términos del cumplimiento con los objetivos del curso. Para este elemento de la evaluación curricular, se propone una reflexión sobre los contenidos, los logros, las deficiencias y retos que se presentan en las estrategias.

Finalmente, consistente con lo antes presentado, la Figura 5.7 muestra un resumen del contenido de la guía para la implementación de Aprendizaje Basado en Servicio en el Laboratorio de Análisis Instrumental que se presenta más adelante.

Figura 5.7

Fases para la guía para la implementación del Aprendizaje Basado en Servicio en el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental



Guía para la implementación del Aprendizaje Basado en Servicio en el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental

Introducción

La manera en que se dirigen las actividades de enseñanza debe ir a la par con las formas de aprendizaje de los educandos. Aun en el escenario de educación superior, es importante que se promueva el interés del estudiante por aprender y la valoración de las experiencias de aprendizaje. Particularmente, la promoción de estrategias en los cursos conducentes a la formación de un/a químico/a presenta un reto ante la prolongación de estrategias de enseñanza que pasan de generación en generación y no suscitan un aprendizaje significativo.

Al considerar una inclinación de los/as estudiantes por actividades educativas que involucren la resolución de problemas, la contextualización con hechos reales y el aprendizaje que se origina de la práctica y o la experiencia misma, se propone la implementación del Aprendizaje Basado en Servicio en el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental para dirigir el proceso de enseñanza. El Aprendizaje Basado en Servicio es una estrategia de enseñanza constructivista que se basa en la aplicación del conocimiento para realizar un proyecto de servicio en un escenario real. En el contexto del Laboratorio de Análisis Químico Instrumental, demostró ser una estrategia que permite conducir un proyecto de investigación donde los/as estudiantes pueden aplicar los conocimientos teóricos y prácticos de las técnicas instrumentales cuyo producto es un servicio.

Entre los beneficios al estudiante que presenta la implementación de esta estrategia en el curso de Laboratorio de Análisis Químico Instrumental, se encuentran:

1. El estudiante aplicará de forma inmediata el conocimiento teórico y práctico sobre el análisis químico instrumental

2. El estudiante se motivará a aprender a través de la satisfacción en la realización de un servicio
3. El estudiante será evaluado con actividades más relacionadas a los trabajos que realizará al completar los estudios subgraduados
4. El estudiante explorará distintos escenarios de trabajo de la profesión de Química

Además, esta guía para la implementación del Aprendizaje Basado en Servicio tiene la misión de ayudar a visibilizar la gestión del químico/a en la sociedad y adentrar a los/as químicos a las comunidades. Asimismo, busca proyectar la Química como una ciencia accesible y una herramienta necesaria para la resolución de problemas que competen a la sociedad. Esta guía surge de actividades que fueron realizadas en el curso del Laboratorio de Análisis Químico Instrumental como parte del proyecto de investigación cuya motivación fue realizar el análisis químico en un escenario real y recoge las recomendaciones de los/as implicados/as.

De esta manera, esta guía plantea un proyecto cocurricular diseñado para que los/as estudiantes atiendan un problema enmarcado en un contexto real utilizando los métodos instrumentales aprendidos en el Laboratorio de Química Instrumental y en cursos previos. En el proceso, se espera que los estudiantes realicen revisión de literatura y trabajen en grupos o parejas aplicando los conocimientos adquiridos en el curso. Esta guía de implementación se diseñó para un semestre regular de quince semanas, para un curso que se reúna dos veces a la semana para un total de 90 horas contacto.

Para facilitar el proceso de implementación, esta guía adapta y modifica las fases sugeridas por Velázquez-Rivera y Figarella-García (2018) para las unidades curriculares centradas en la problematización del aprendizaje. Esta propuesta educativa

de estas autoras ayudó a organizar en tres fases las actividades para conducir la implementación del Aprendizaje Basado en Servicio como se muestra en la Figura 5.8.

Figura 5.8

Fases para la implementación del Aprendizaje Basado en Servicio



A continuación, se presentan la descripción de los contenidos y actividades que se recomiendan trabajar para llevar a cabo estas tres fases para guiar la implementación del Aprendizaje Basado en Servicio en el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental.

Fase 1. Diseño y desarrollo curricular

Meta. Utilizar los conocimientos en métodos de análisis químico instrumental en un proyecto de investigación cuyo producto sea un servicio.

Objetivos generales. Con la implementación del Aprendizaje Basado en Servicio, se pretende que el/la estudiante pueda:

1. Desarrollar destrezas de manejo de instrumentación analítica.
2. Aplicar los conocimientos teóricos sobre técnicas instrumentales (espectrofotométricas, cromatográficas, electroanalíticas o termoquímicas) en el desarrollo de propuestas de investigación.
3. Integrar ideas a partir de una revisión de literatura consultando fuentes confiables para justificar la idea de estudio.

4. Adaptar un método para realizar el análisis cuantitativo en una muestra real considerando las condiciones en las que se encuentra.
5. Implementar un plan de muestreo considerando las medidas adecuadas.
6. Aplicar el análisis estadístico para estimar la confiabilidad de los resultados experimentales.
7. Evaluar la validez de un método analítico en términos de los criterios de calidad.
8. Proponer alternativas para minimizar errores experimentales.
9. Optimizar procedimientos experimentales.
10. Desarrollar habilidad para pensar críticamente de una perspectiva científica sobre los problemas que afectan a la sociedad.
11. Educar a las comunidades sobre aspectos relacionados a la exposición de sustancias químicas.
12. Recomendar estudios futuros a partir de las implicaciones de los resultados del estudio.
13. Demostrar alto grado de principios éticos en la presentación de los resultados.
14. Comunicar la información científica a la comunidad de forma efectiva.
15. Preparar adecuadamente un informe de laboratorio que integre los elementos de un artículo científico.
16. Trabajar de forma cooperativa en grupos pequeños.
17. Reflexionar sobre el rol del científico en la sociedad.

Servicio/ contexto real. En el proceso de selección del servicio que se realizará, se debe considerar varios criterios relacionados al escenario y los recursos disponible. Estos criterios sirven para evaluar la viabilidad del servicio que está siendo considerado y que servirá de contexto para los proyectos de investigación que

realizarán los/as estudiantes del curso. La Tabla 5.3 muestra una lista de cotejo que incluye los criterios a considerar para el proceso de selección del servicio para la implementación del Aprendizaje Basado en Servicio en el contexto del Laboratorio de Análisis Químico Instrumental.

Tabla 5.3

Lista de cotejo para la selección del servicio

Criterio	Sí	No
(1) El escenario presenta una situación o problema de naturaleza real y resoluble		
(2) El problema se puede atender aprovechando los contenidos temáticos y prácticos del curso		
(3) El escenario es accesible y seguro para los/as estudiantes		
(4) Un miembro de la comunidad sirve de enlace		
(5) La infraestructura física y tecnológica del laboratorio permite llevar a cabo el servicio		
(6) El/la profesor/a está disponible y consiente guiar la experiencia de los estudiantes en el proyecto		
(7) La institución académica puede facilitar el transporte al lugar donde se realizará el servicio		
(8) Los materiales e instrumentos requeridos para el servicio están disponibles o son exequibles		

Además, es importante que, dentro del proceso de planificación, se mantenga un diálogo entre el departamento y el profesor que implementa la estrategia para tener constancia que se faciliten los recursos y los trámites de la transportación.

Especialmente, es importante que con la administración se genere un documento de relevo de responsabilidad para el viaje de campo que requiere la experiencia.

Una vez se identifique el servicio que cumpla con los criterios que se definieron, se recomienda una reunión entre el/la instructor/a con la comunidad a impactar previo a la implantación curricular para predefinir los problemas que se van a atender y proponer un calendario estimando para llevar a cabo las actividades de la implantación. En esta

reunión puede surgir el requerimiento de otro tipo de documentación por parte de la comunidad a impactar relacionado a pólizas de seguros y otros aspectos importantes.

Calendario del proyecto

El orden recomendado para la implantación de la estrategia de Aprendizaje Basado en Servicio en el curso de Laboratorio de Análisis Químico Instrumental se muestra en la Tabla 5.4. Este calendario considera que el curso se reúne dos veces a la semana.

Tabla 5.4

Calendario de actividades para la implantación del Aprendizaje Basado en Servicio

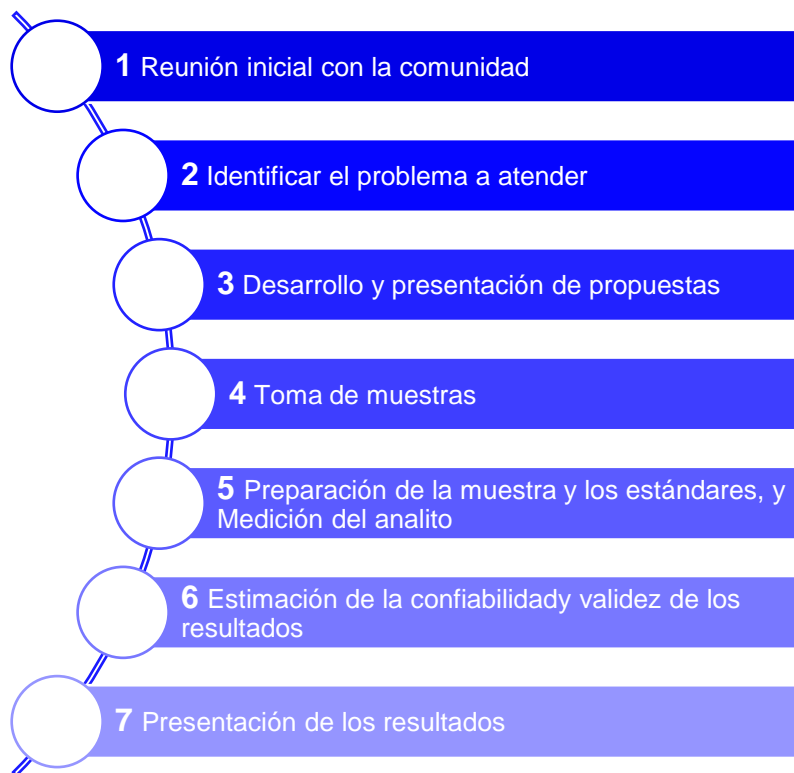
Semana	Reunión 1	Reunión 2
1		
2		
3	Reunión inicial con la comunidad	
4	Identificar el problema a atender	
5		
6		← Desarrollo de propuestas
7	Presentación de propuestas	
8		
9		
10		
11		Toma de muestras
12	Preparación de muestra y los estándares	
13	Medición del analito	
14		
15	Estimación de la confiabilidad y validez de resultados	Presentación de resultados

Fase 2. Implantación curricular.

La segunda fase consiste en la implantación curricular. Es decir, se llevará acabo la planificación que se originó en la primera fase. Para esta acción, se recurrirá a siete etapas ilustradas en la Figura 5.9.

Figura 5.9

Etapas para la implantación del Aprendizaje Basado en Servicio en el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental



Etapa 1. Reunión inicial con la comunidad. Esta primera etapa consiste en una reunión con la comunidad que se impactará en el proyecto. En esta reunión, participa activamente el/la profesora, los/as estudiantes y el/los miembro/s de la comunidad. Los propósitos de esta reunión consisten en describir los objetivos generales del proyecto de investigación y explicar las situaciones que se van a atender en la comunidad. Como intención, también se tiene que provocar el interés del estudiante en el proyecto de servicio.

Recomendaciones para la estructura de la reunión:

- El/la profesor/a da la introducción a la reunión presentando los objetivos del proyecto y al enlace de la comunidad.
- El miembro de la comunidad describe la comunidad y describe las necesidades.
- Se provoca una discusión sobre los aspectos relacionados al muestreo (dónde se tomarán las muestras, cómo se van a preservar, por cuánto tiempo) y la planificación. Esto con el propósito de provocar un ambiente de preguntas y el cuestionamiento de los/as estudiantes.
- Aclaración de dudas entre estudiantes, profesor/a y miembros de la comunidad.
- El/la profesor/a presenta el calendario de las próximas actividades de la implementación.

Etapas 2. Identificar el problema a atender. Esta segunda etapa implica que los/as estudiantes consecuentemente a la reunión inicial estarán identificado cuál será el tema que van a atender en el proyecto de investigación a partir de las necesidades de la comunidad. Para la emular los pasos del análisis químico, en esta parte se espera que los/as estudiantes formulen una pregunta que se pueda traducir a una necesidad de una medida química.

Algunos ejemplos de problemas de investigación:

- ¿La concentración de cobre cumple con los parámetros de agua potable en esta comunidad?
- ¿Hay presencia de microplásticos en los sedimentos de la laguna de la reserva?

Es importante que en el problema se haga la determinación de un analito. Se recomienda que ya en esta etapa los/as estudiantes tengan una noción de qué método

planean para su investigación y una discusión informal de la viabilidad del estudio. Por otro lado, se recomienda de que si existe la posibilidad se aproveche la segunda etapa para visitar la comunidad y compartir los problemas que identificaron. Esta visita permitiría de antemano que los/as estudiantes puedan conocer la comunidad y que aclaren dudas iniciales sobre el proceso de muestreo.

Etapas 3. Desarrollo y presentación de propuestas. En esta etapa, los/as estudiantes desarrollarán sus propuestas de investigación para atender el problema identificado en la etapa anterior. A través de la revisión de literatura, los estudiantes buscarán los métodos instrumentales apropiados y diseñarán sus procedimientos. Es importante que se describa dentro de la propuesta cómo se realizará el proceso de muestreo. El calendario de las actividades de la implantación debe tener reservado una reunión para la presentación de las propuestas de investigación de los/as estudiantes. La comunidad debe ser invitada a esta reunión. El contenido sugerido para la propuesta es el siguiente:

1. *Trasfondo.* La información de trasfondo debe incluir el problema que se está atendiendo y la importancia de atender ese problema.
2. *Objetivos del estudio.* Los objetivos del estudio deben presentarse de forma clara. Estos objetivos deben ser realizables aplicando análisis químico instrumental y responder al problema identificado.
3. *Método seleccionado.* El método seleccionado debe ser justificado y explicado por los estudiantes. Es importante que el método involucre alguna técnica instrumental.
4. *Procedimiento y materiales.* Se detalla el procedimiento experimental respondiendo a los objetivos del estudio empleando el método seleccionado. Se debe definir los parámetros experimentales y cómo se realizará el muestreo. Además, se debe incluir una lista de los materiales

requeridos, incluyendo los reactivos. La explicación debe incluir una justificación del uso de cada uno de los recursos.

5. *Referencias.* Se incluyen las referencias utilizadas para la propuesta en el formato sugerido por la Sociedad de Química de los Estados Unidos (ACS).
6. *Atención de dudas y preguntas.*

En este proceso de desarrollar la propuesta, es importante que el/la profesor/a anticipe las dificultades con las que se pueda encontrar los/as estudiantes como la búsqueda de artículos y la planificación del procedimiento para el muestreo. Para minimizar estas dificultades, por ejemplo, se podrían identificar talleres de búsqueda en bases de datos y sobre el proceso de muestreo para los/as estudiantes. Esta etapa debe servir para identificar los materiales e instrumentos requeridos en las próximas etapas del proyecto.

Etapas 4. Toma de muestras. El propósito de esta etapa consiste en que los/as estudiantes realicen el muestreo. Para este propósito, los estudiantes realizarán un viaje de campo hasta la comunidad. Una vez en la comunidad, se deben repasar los puntos de muestreo e identificar aquellos puntos que sean en común. Además, es importante clarificar cómo se realizará la toma de muestras. Se puede hacer una revisión de los materiales.

Algunas sugerencias para el proceso de muestreo:

1. Se debe reservar un espacio prudente en tiempo para el ejercicio. Se recomienda que todos/as los/as participantes tengan flexibilidad en lo agendado para ese día.
2. Los estudiantes deben estar advertidos que deben ir vestidos apropiadamente. Se recomienda que utilicen ropa cómoda, pero segura dependiendo de la zona donde se realizará el muestreo.

3. Lleve los materiales requeridos para el muestreo. Entre los posibles materiales:
- Para la *toma de muestra* botellas de muestreo limpias, bandejas plásticas o de aluminio, tazas con mango para tomar muestras, palas, entre otros. También, hará falta papel de aluminio y parafina para cubrir las botellas, y material para rotularlas como marcadores y cinta adhesiva.
 - Para *seguridad e higiene químico* serán necesarios guantes de nitrilo, servilletas, gafas de seguridad y bata de laboratorio.
 - Para *preservar la muestra*, probablemente le haga falta algunos reactivos químicos, goteros, vasos. Es importante definir de antemano cómo se va a manejar y transportar reactivos por cuestiones de seguridad. Además, para correr el proceso de la preservación de las muestras en el escenario, se recomienda que tenga disponible una mesa de trabajo pequeña que sea fácil de transportar y montar. Además, se sugiere que se lleve una o varias neveras con hielo para preservar muestras.
 - Para identificar las *condiciones de la muestra*, puede hacerle falta un metro de pH portátil, amortiguadores (para calibrar el metro) y un termómetro.
 - Para *primeros auxilios* por si ocurre alguna emergencia, será necesario un kit de primeros auxilios.
4. La muestra debe ser representativa. Se sugiere que revise recomendaciones para la toma de muestras representativas a Harris y Lucy (2020) y Zhang (2007).

5. Una vez se llegue a la institución con las muestras, se deben guardar en zonas seguras. Se recomienda para muestras líquidas, que se preserven en una nevera. Como medida de prevención, se recomienda que la nevera tenga reserva de energía para emergencias.

Etapas 5. Preparación de la muestra y los estándares, y medición del analito.

Luego de que los/as estudiantes hayan tomado las muestras, es momento de que la trabajen en el laboratorio y midan el analito que tienen como objetivo en su proyecto de investigación. Con este propósito, primero, los/as estudiantes deben preparar la muestra de manera tal que sea adecuada para el método. Dependiendo del tipo de muestra y la concentración esperada del analito, este paso puede incluir eliminación de interferencias, y procedimientos para diluir y/o preconcentrar la muestra.

Además, en esta etapa los/as estudiantes deben preparar o identificar estándares que le sirvan como referencia para análisis cuantitativo o cualitativo del analito. Luego, deberán ser capaces de medir el analito con los métodos seleccionados.

Esta etapa, en términos prácticos, se caracteriza por un ambiente de trabajo de mucha consulta en el laboratorio. Durante el proceso, los/as estudiantes pueden presentar problemas y dificultades llevando a cabo lo que propusieron como procedimiento experimental. Se recomienda, si es posible, la ayuda de asistentes de cátedra para supervisar a los/as estudiantes. Es importante que se sigan las reglas de seguridad del laboratorio y es recomendable la revisión de las hojas de información de seguridad (SDS) de los reactivos que se estarán utilizando.

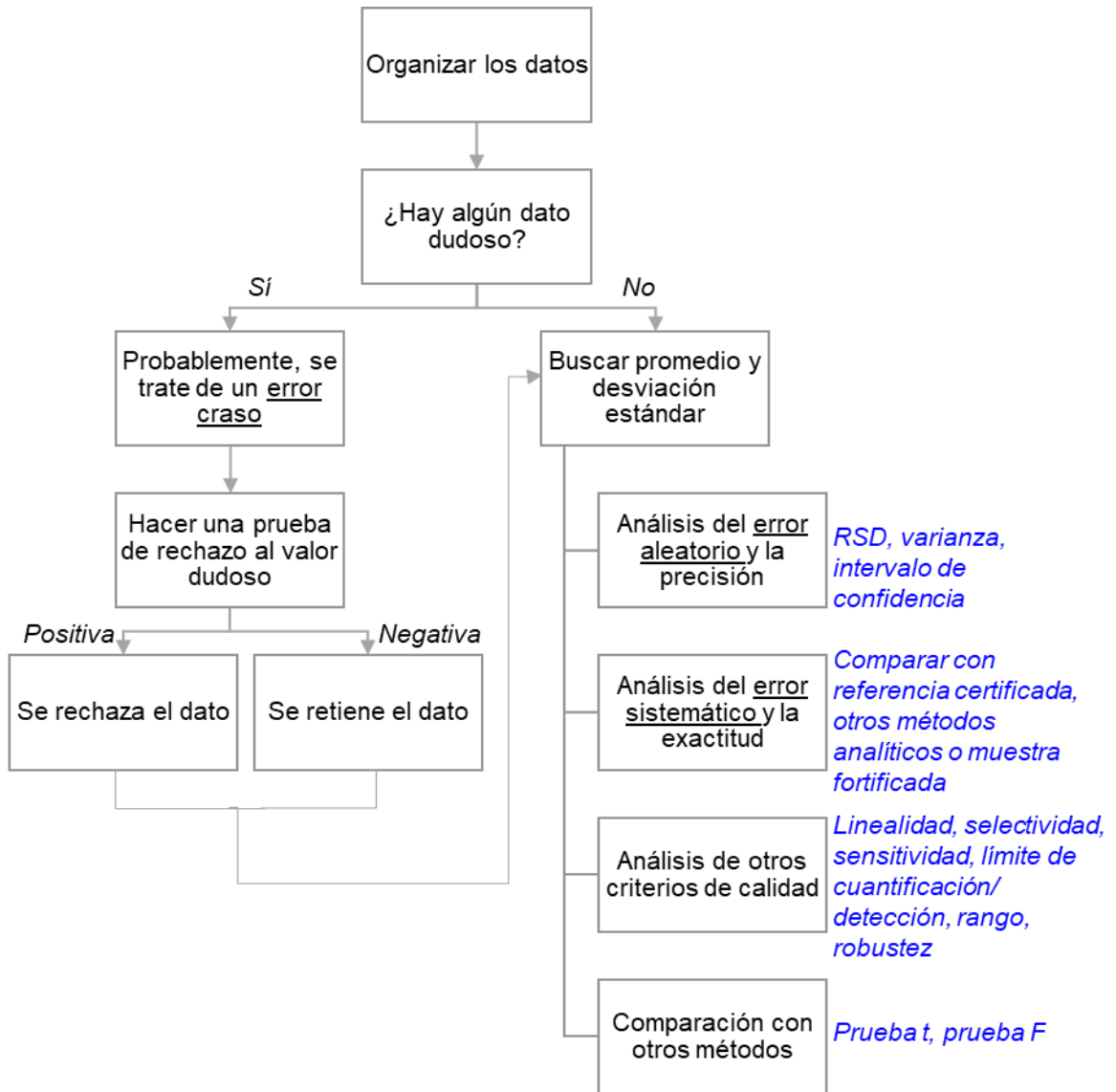
Etapas 6. Estimación de la confiabilidad y validez de los resultados. La etapa comprende en evaluar los resultados del estudio y sus incertidumbres para ver si son confiables y válidos. Esto implica que se debe evaluar la consistencia y la precisión de los resultados, y comparar los resultados con los valores esperados. En el caso de los proyectos que realizaron análisis cuantitativos, deben realizar tratamiento estadístico y

análisis del error. Además, se recomienda evaluar los criterios de control de calidad para proporcionar información sobre la validez del método.

A continuación, se presenta un esquema (Figura 5.10) que se puede utilizar para facilitar el análisis de los datos cuantitativos:

Figura 5.10

Pasos para el análisis cuantitativo de los resultados



Etapas 7. Presentación de los resultados. Los/as estudiantes deben entregar un informe escrito y realizar una presentación oral sobre los resultados del proyecto de investigación. El informe escrito debe contener las siguientes partes: portada, índice, extracto, introducción, metodología, datos tabulados, gráficas, cálculos, resultados tabulados, discusión de resultados, conclusión y referencias.

La presentación oral de los resultados es recomendable que sea abierta al público general donde otros/as estudiantes interesados/as, miembros de la facultad y personas de la comunidad puedan asistir. Entre las alternativas se encuentra que esta actividad sea estilo conferencia, presentaciones de afiches o que la actividad se de en la misma comunidad.

El contenido de la presentación oral de los resultados incluye la justificación del estudio, los objetivos, la descripción de los materiales y el método, una discusión de los resultados y una sección de preguntas.

Fase 3. Evaluación curricular

Para la evaluación de la implementación de la estrategia, se sugiere seguir las recomendaciones de Velázquez-Rivera y Figarella-García (2018). Se consideran tres aspectos curriculares: el valor intrínseco, el valor instrumental y el valor comparativo.

Evaluar el *valor intrínseco* permite ver cómo se refleja la filosofía de la problematización del aprendizaje en las actividades del Aprendizaje Basado en Servicio luego de ser realizadas. Para evaluar cómo los elementos de la problematización del aprendizaje (el conflicto cognitivo, el uso del conocimiento previo, la contextualización con aspectos de la vida, la motivación, y la planificación y la implementación de proyectos de investigación), se recrearon en las actividades del Aprendizaje Basado en Servicio que se implementó, complete la escala de acuerdo contenida en la Tabla 5.5.

Tabla 5.5

Escala para la evaluación intrínseca de las actividades del Aprendizaje Basado en Servicio

Las actividades del Aprendizaje Basado en Servicio...	De acuerdo	Neutral	En desacuerdo
<ul style="list-style-type: none"> ·promovieron el conflicto cognitivo (cuestionamiento) para el desarrollo de nuevo aprendizaje ·promovieron el uso del conocimiento previo en un proyecto de investigación ·integraron elementos donde los/as estudiantes pudieron contextualizar aspectos de su vida diaria ·facilitaron la motivación de los/as estudiantes para desarrollar el servicio ·permitieron que los/as estudiantes intervinieran en la planificación del proyecto de investigación ·permitieron que los/as estudiantes implementaran el proyecto de investigación planificado 			

Por otro lado, la evaluación del *valor instrumental* permite consultar si la unidad curricular fue útil para alcanzar los resultados esperados. Para este juicio, se incluyen a continuación distintas escalas que permiten evaluar con grados de acuerdo el valor instrumental de las actividades para alcanzar los objetivos generales del Aprendizaje Basado en Servicio (Tabla 5.6), la situación atendida (Tabla 5.7), el producto (Tabla 5.8), los instrumentos de evaluación del aprendizaje (assessments) (Tabla 5.9), las actividades medulares (Tabla 5.10), y la planificación y el desarrollo curricular (Tabla 5.11).

Tabla 5.6*Escala para la evaluación instrumental de los objetivos generales del Aprendizaje**Basado en Servicio*

Las actividades fueron útiles para...	De acuerdo	Neutral	En desacuerdo
<ul style="list-style-type: none"> ·desarrollar destrezas de manejo de instrumentación analítica ·aplicar los conocimientos teóricos sobre técnicas instrumentales (espectrofotométricas, cromatográficas, electroanalíticas o termoquímicas) en el desarrollo de propuestas de investigación ·integrar ideas a partir de una revisión de literatura consultando fuentes confiables para justificar la idea de estudio ·desarrollar un método para realizar el análisis cuantitativo en una muestra real considerando las condiciones en las que se encuentra ·implementar un plan de muestreo considerando las medidas adecuadas ·aplicar el análisis estadístico para estimar la confiabilidad de los resultados experimentales ·evaluar la validez de un método analítico en términos de los criterios de calidad ·proponer alternativas para minimizar errores experimentales ·optimizar procedimientos experimentales ·desarrollar habilidad para pensar críticamente de una perspectiva científica sobre los problemas que afectan a la sociedad ·educar a las comunidades sobre aspectos relacionados a la exposición de sustancias químicas ·recomendar estudios futuros a partir de las implicaciones de los resultados del estudio ·demostrar alto grado de principios éticos en la presentación de los resultados ·comunicar la información científica a la comunidad de forma efectiva ·preparar adecuadamente un informe de laboratorio que integre los elementos de un artículo científico ·trabajar de forma cooperativa en grupos pequeños ·reflexionar sobre el rol del científico en la sociedad 			

Tabla 5.7*Escala para la evaluación instrumental de la situación atendida en el Aprendizaje**Basado en Servicio*

La situación atendida...	De acuerdo	Neutral	En desacuerdo
<ul style="list-style-type: none"> · fue real · fue integradora · contribuyó a la aplicación de los contenidos del curso · fue originada en un contexto social 			

Tabla 5.8*Escala para la evaluación instrumental del producto en el Aprendizaje Basado en**Servicio*

El producto...	De acuerdo	Neutral	En desacuerdo
<ul style="list-style-type: none"> · sirvió de contexto para el aprendizaje · permitió demostrar conocimientos sobre las técnicas instrumentales · permitió demostrar destrezas de análisis químico · facilitó el uso de altos niveles de pensamiento · estuvo alineado con el problema de investigación 			

Tabla 5.9*Escala para la evaluación instrumental de los instrumentos de evaluación del**aprendizaje en el Aprendizaje Basado en Servicio*

Los instrumentos de evaluación del aprendizaje (assessment)...	De acuerdo	Neutral	En desacuerdo
<ul style="list-style-type: none"> · facilitaron la recopilación de información sobre los conocimientos de los/as estudiantes · facilitaron la autoevaluación · incorporaron las dinámicas de trabajo en grupo · fomentaron la reflexión sobre el servicio 			

Tabla 5.10*Escala para la evaluación instrumental de las actividades medulares en el Aprendizaje**Basado en Servicio*

Las actividades medulares...	De acuerdo	Neutral	En desacuerdo
<ul style="list-style-type: none"> ·fortalecen la comunidad de aprendizaje ·convergen con el contenido curricular del curso de Laboratorio de Análisis Químico Instrumental ·desarrollan competencias ciudadanas ·fomentan la investigación científica ·promueven la autodirección ·facilitan las interacciones sociales ·promueve una reflexión continua 			

Tabla 5.11*Escala para la evaluación instrumental para la planificación y el desarrollo curricular en**el Aprendizaje Basado en Servicio*

La planificación y el desarrollo curricular...	De acuerdo	Neutral	En desacuerdo
<ul style="list-style-type: none"> ·presentó el problema de forma tal que se logró motivar a involucrarse en el servicio ·permitió definir claramente el servicio ·estableció el procedimiento para crear el producto final ·integró los recursos necesarios ·promovió nuevas preguntas de investigación ·concluyó presentando los resultados del servicio ·incluyó un calendario que permitió coordinar las actividades de forma clara ·contempló una distribución de tiempo efectiva 			

Valor comparativo. El *valor comparativo* permite establecer contrastes y similitudes del Aprendizaje Basado en Servicio con otras estrategias de aprendizaje implementadas anteriormente. El propósito principal de este juicio comparativo es establecer qué estrategia consigue unos mejores resultados en términos del cumplimiento con los objetivos del curso.

Para realizar el juicio comparativo, se propone en esta guía una reflexión por parte del docente que implementó la estrategia.

A continuación, algunas preguntas para motivar la reflexión:

1. ¿Cómo compara el Aprendizaje Basado en Servicio con otras estrategias implementadas en el curso en términos de los contenidos temáticos que se aplican?
2. ¿Cómo compara el Aprendizaje Basado en Servicio con otras estrategias implementadas en el curso en términos de las destrezas de análisis químico que promueve?
3. ¿Cuáles son los logros más significativos del Aprendizaje Basado en Servicio?
4. ¿Cómo compara el Aprendizaje Basado en Servicio con otras estrategias de enseñanza que se han implementado en el curso en torno a la exposición al rol de la Química en la sociedad?
5. ¿Cómo compara el Aprendizaje Basado en Servicio con otras estrategias de enseñanza que se han implementado en el curso en términos de las aportaciones que se hacen a la comunidad?
6. ¿Qué deficiencias se presentan en Aprendizaje Basado en Servicio en comparación a otras estrategias de enseñanza que se han implementado en el curso?
7. ¿Qué retos se presentan en Aprendizaje Basado en Servicio en comparación a otras estrategias de enseñanza que se han implementado en el curso?

Este proceso de evaluación permite describir los productos del Aprendizaje Basado en Servicio en el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental e identificar aquellas áreas de mejora en el proceso. Con esta acción, se busca mejorar la

implementación de la estrategia de forma tal que cumpla con los objetivos definidos y mejorar la eficiencia del proceso de enseñanza.

Conclusiones

La discusión de los resultados de esta investigación dirige la elaboración de unas conclusiones a tono a los objetivos de este estudio. A partir de los hallazgos de este estudio de caso, se exploró cómo el curso de Laboratorio de Análisis Químico Instrumental fomenta las estrategias de aprendizaje activo a través de sus guías y se describió la incorporación del Aprendizaje Basado en Servicio en el contexto de este curso. Además, como producto de estos hallazgos se generó una guía para aplicar el Aprendizaje Basado en Servicio como una alternativa efectiva para promover el aprendizaje activo y el compromiso social en los/as estudiantes del curso.

A continuación, conforme a los hallazgos encontrados, se presentan las conclusiones más significativas de este estudio de caso:

- a. Las guías que fueron consultadas del Laboratorio de Análisis Químico Instrumental no precisaron algunos de los detalles del aprendizaje activo. Por ejemplo, no se precisa una consulta a la literatura y no se fomenta el desarrollo de hipótesis. En particular, generalmente, se visualizaron como unos ejercicios donde los estudiantes siguen unas instrucciones de una receta en específico y no se invita a desarrollar el pensamiento crítico y al diseño de experimento a partir de conocimientos previos. Tampoco, se observó un origen de las actividades motivado por un problema o una pregunta abierta que estimule el aprendizaje, tal cual sugiere el aprendizaje activo.
- b. El Aprendizaje Basado en Servicio fomentó actividades de enseñanza que los/as estudiantes implicados/as en este estudio entendieron contribuyen en un mayor grado a su aprendizaje. Entre estas actividades de enseñanza se encuentran la resolución de problemas, la contextualización en hechos reales y el aprendizaje basado en la experiencia o la práctica.

- c. Para implementar el Aprendizaje Basado en Servicio, fue necesario la interacción con un escenario real donde los/as estudiantes pudieron realizar el proyecto de investigación del curso cuyo producto fue el servicio. Además, fue necesario considerar los recursos exequibles, la disposición de la institución para colaborar y el/la disponibilidad del profesor/a del curso para implementarla.
- d. La implementación del Aprendizaje Basado en Servicio permitió la aplicación inmediata del aprendizaje recuperado en el curso y los conocimientos generados en cursos previos en el diseño y la ejecución de un proyecto de investigación.
- e. El Aprendizaje Basado en Servicio fomentó la motivación de los/as estudiantes para aprender. La razón de la motivación no se limitó a la aplicación inmediata del aprendizaje, sino que radicó, también, en que el producto tiene importancia para otras personas y la posibilidad de contribuir a la sociedad.
- f. Se percibió un cambio en percepción ante la estrategia de Aprendizaje Basado en Servicio con el progreso de la implementación. Inicialmente, predominó una actitud negativa y, al final, la valoración de los/as estudiantes fue positiva.
- g. El Aprendizaje Basado en Servicio se proyectó como una estrategia de enseñanza que permite incorporar prácticas relacionadas a la toma de muestras. Esta actividad permitió que los/as estudiantes impactados/as aprendieran las consideraciones del proceso de muestreo que es parte de los pasos de los métodos de análisis químico.

- h. Los/as estudiantes pudieron identificar en sus resultados posibles contribuciones para aplicaciones futuras. Además, se valorizó los resultados negativos que tuvieron en sus proyectos.
- i. El Aprendizaje Basado en el Servicio integrado al Laboratorio de Análisis Químico Instrumental armonizó con la taxonomía del aprendizaje significativo de Fink (2003) donde a partir de los hallazgos se identificaron las dimensiones de conocimiento fundamental, la aplicación, la integración, la dimensión humana, el compromiso o la atención, y la acción de aprender a aprender.
- j. La implementación del Aprendizaje Basado en Servicio tuvo un efecto en el compromiso social de los/as estudiantes impactados/as y promovió una visión de un/a científico/a más cercano/a a las comunidades.
- k. Se identificaron ocho etapas para la implementación del Aprendizaje Basado en Servicio en el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental: reunión inicial con la comunidad, identificar el problema a atender, desarrollo y presentación de propuestas, toma de muestras, preparación de la muestra y los estándares, medición del analito, estimación de la confiabilidad de los resultados y presentación de los resultados.

Implicaciones para el curso de Laboratorio de Análisis Químico Instrumental y educación subgraduada en Química

Como consecuencia de los hallazgos de este estudio de caso, se identificaron distintas implicaciones para mejorar la experiencia de los/as estudiantes del curso de Laboratorio de Análisis Químico Instrumental y la educación subgraduada en Química. Esta investigación permitió identificar áreas de oportunidad en las guías de las experiencias del curso. También, ayudó a comprender mejor la implementación del

Aprendizaje Basado en Servicio en el escenario de la educación superior, particularmente en el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental. Además de unos beneficios que quedaron claros en este estudio con respecto a esta estrategia, se identificaron varias limitaciones que podría tener la implementación en el escenario del Laboratorio de Análisis Químico Instrumental en torno a los recursos y los estudiantes que se expongan.

Primeramente, aunque el sílabo del curso contempla que el laboratorio está diseñado con un enfoque de aprendizaje activo, las guías no contemplan muchos de los elementos de este tipo de aprendizaje. Particularmente, estas guías carecen del ejercicio donde el/la estudiante construye procedimientos a partir del conocimiento previo y de preguntas que facilitan la problematización del aprendizaje característico del aprendizaje activo. Considerando este hecho, surge la necesidad de repensar el diseño de las guías del curso para que incluyan otros elementos del aprendizaje activo.

Segundo, el estudio demostró que la implementación del Aprendizaje Basado en Servicio en el curso de Laboratorio de Análisis Químico Instrumental es efectiva para promover el aprendizaje significativo, aumentar el compromiso social y promover los objetivos del curso. Una de las implicaciones que tiene la implementación de la estrategia es que permitió que se fortalecieran destrezas de análisis químico en torno a la aplicación de técnicas instrumentales, interpretación de resultados, entre otras. Además, permitió que se practicara el proceso de recogido de muestras como parte del proyecto de investigación del curso. Desde mi experiencia como estudiante y como docente, sé que una de las limitaciones que tienen los/as estudiantes de Química en su preparación es que no cuentan con entrenamiento en este proceso de recogido de muestras. En este aspecto, quedó demostrado que el Aprendizaje Basado en Servicio se convierte en una opción para reducir esta limitación de la educación subgraduada en Química.

La implementación de la estrategia implicó la cercanía de los/as estudiantes del curso a las comunidades. Esta cercanía permitió que los/as estudiantes de Química experimentaran una noción de la disciplina más dirigida a emplearse a cuestiones sociales. Con este hecho, quedó demostrado que la experiencia educativa permite darle otra perspectiva de la labor científica adentrando a los químicos a las comunidades. Por otro lado, desde la perspectiva de la comunidad impactada, podría tener otras implicaciones ligadas a una visión de un científico más cercano y comprometido con la resolución de los problemas sociales. Además, la institucionalización de la estrategia podría traer como consecuencia una mayor visualización de la institución académica en la sociedad.

Al tener todos estos hechos en cuenta, este estudio generó una guía para que la estrategia pueda ser implementada en este curso y pensada para cursos similares. Aun así, es importante reconocer que la estrategia puede verse limitada por los recursos disponibles. En este sentido, es importante considerar que el acceso a materiales como reactivos e instrumentación y las condiciones de la infraestructura (como fallas energéticas) delimitará el alcance de la estrategia y puede añadir incertidumbre a los resultados obtenidos. Por otro lado, la disposición del profesor/a puede ser otra limitación para implementar la estrategia porque puede suponer carga adicional en el proceso de identificar un contexto donde se pueda aplicar, en las gestiones de tipo administrativo (solicitar permisos, organizar transportación) y de anticipar los reactivos y los problemas que se van a atender.

Recomendaciones para el curso del Laboratorio de Análisis Químico Instrumental y la educación subgraduada en Química

Este estudio contribuyó a un mejor entendimiento de la aportación que tiene el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental a la formación de los/as futuros/as profesionales en el área de la Química. Además, sirve de andamiaje para mejorar los

procesos de enseñanza-aprendizaje y fomentar estrategias de aprendizaje activo que atienden otras dimensiones como es el compromiso social. A raíz de este estudio y conociendo las implicaciones de este, se proponen en esta sección distintas recomendaciones en torno al diseño del curso de Laboratorio de Análisis Químico Instrumental, la implementación de la estrategia de Aprendizaje Basado en Servicio y la educación subgraduada en Química en general.

La primera recomendación para mejorar el curso de Laboratorio de Análisis Químico Instrumental surge de la revisión de las guías del curso. Sobre este asunto, es importante repensar el diseño de las guías del curso de forma tal que reflejen la naturaleza del aprendizaje activo. Por ejemplo, es importante que la aplicación del conocimiento previo no se limite al análisis de unos resultados, sino que se pueda aplicar en el diseño del mismo experimento.

A raíz de este estudio de caso, la recomendación principal es la implementación del Aprendizaje Basado en Servicio en el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental. Sin embargo, a base de la experiencia, se sugieren distintas acciones para mejorar la implementación en términos de planificación y desarrollo. Una de las recomendaciones en término de la planificación es que se le puedan atribuir las horas de servicio a los/as estudiantes que participen de la experiencia de servicio. Esta recomendación permitiría certificar el servicio para que los/as estudiantes que participen de la experiencia puedan utilizarla para fortalecer su *curriculum vitae* a la hora de ser evaluados para programas graduados, trabajo, entre otros tipos de experiencias. Además, para mejorar el proceso de la planificación, se recomienda consultar los posibles escenarios con antelación para predecir los recursos necesarios y que estén disponibles para la experiencia.

Por otro lado, para disminuir las dificultades que se encontraron en el desarrollo, se recomienda conseguir vías alternas de energización e integrar métodos alternativos para los análisis que se realizan. De la misma forma, el desarrollo se facilitaría si se

integran otros miembros de la facultad a la experiencia. En este sentido, los docentes colaboradores podrían ayudar conforme a su especialidad en los proyectos de investigación y enriquecer la estrategia con múltiples perspectivas. Por ejemplo, se podría tener docentes especializados en electroanálisis para que se concentren en proyectos ligados a determinaciones potenciométricas o amperométricas, y expertos en separaciones inmersos en los proyectos donde se emplean técnicas cromatográficas. Además de incorporar otros/as docentes, la experiencia podría mejorarse si se define un rol de mayor envergadura a los/as asistentes de cátedra. De esta manera, el/la asistente podría facilitar la implementación asumiendo tareas como encargarse de los materiales, dirigir algunos de los proyectos, coordinar las reuniones con la comunidad, organizar el viaje de campo, ofrecer un seminario sobre el proceso de muestreo, entre otras tareas.

La implementación podría mejorar si se integran adiestramientos y se sistematizan los procesos con la implementación de la estrategia. Los/as estudiantes impactados/as podrían beneficiarse si en el transcurso del desarrollo de las propuestas se les adiestra sobre las estrategias para realizar muestreo de campo. Además, sería muy práctico si como parte de la experiencia se desarrollan Procedimientos Operativos Estandarizados (SOP) para realizar muestreo en el escenario de estudio. De esta manera, se facilitaría la etapa de toma de muestras de la implantación de esta estrategia de enseñanza.

Otras recomendaciones consisten en la aplicación de la estrategia en otros cursos e institucionalizarla. Con esta recomendación, también se debe trabajar en la anticipación de retos e identificar alternativas para garantizar accesibilidad a estudiantes con diversidad funcional para implementar la estrategia a otros escenarios. Con esto en mente, es importante visualizar que la ampliación de la estrategia de Aprendizaje Basado en Servicio conlleva unas actividades distintas a la forma de conducir la

enseñanza tradicional. Por eso, predecir los retos que puedan asumir ciertas poblaciones en la práctica de esta estrategia es importante para garantizar el acceso y que el aprendizaje sea reproducible.

Recomendaciones para investigaciones futuras

La realización de esta investigación produjo un interés por conocer a mayor profundidad el Aprendizaje Basado en Servicio implementado en escenarios de laboratorios de Química. Sería interesante ver cómo se afecta la estrategia incorporándole cambios a cómo se implementó en este caso estudiado en torno al enfoque de la disciplina donde se desarrolla. Además, considerando el servicio intrínseco de la estrategia, me gustaría ver el impacto del lado las comunidades. Inclusive, la estrategia puede nutrirse de los métodos cuantitativos para recopilar más información de manera que se pueda realizar una triangulación con todos los datos obtenidos.

Otros proyectos de investigación pueden surgir incorporándole cambios al enfoque curricular de la implementación de la estrategia. Por ejemplo, se podría estudiar la experiencia realizando el mismo proyecto, pero integrando otras disciplinas. Un proyecto multidisciplinario podría atender de una forma más abarcadora los problemas encontrados en las comunidades y darle una perspectiva más amplia. Por ejemplo, se podría trabajar con una situación que involucre no solo estudios químicos, sino que se podría incorporar estudios sobre bacterias colaborado de esta manera con un curso como Microbiología. Como resultado, el aprendizaje recuperado de la experiencia prometería ser más holístico.

Del otro lado, sería interesante describir el impacto que tiene la comunidad. De esta manera, podemos entender el valor que tiene el servicio que se está realizando. Las perspectivas de las personas en las diversas comunidades podrían dar información sobre las aportaciones que se realizan a través del Aprendizaje Basado en Servicio.

Además, se podría documentar los cambios en torno a la percepción del rol del científico/a en la sociedad y la visibilidad que le da el proyecto al esfuerzo de las instituciones académicas.

Por último, con el enfoque cuantitativo, se podría complementar la información que se obtuvo en este proyecto de investigación. Con esta intención, se puede trabajar proyectos de investigación asociados a la construcción, validación y la aplicación de instrumentos de medición para documentar la experiencia, como pruebas de aprovechamiento, escalas y cuestionarios. Como recomendación, se podría trabajar instrumentos para recopilar información sobre el aprendizaje con relación a los contenidos temáticos del curso y sobre la satisfacción de los/as estudiantes en torno a la experiencia.

El significado de mi experiencia en la investigación

Esta investigación es de gran valor para mí como educador y como persona. A través de esta investigación, pude impulsar una estrategia de aprendizaje activo que demostró ser efectiva y acogida positivamente por los/as estudiantes. Además, la implementación de este proyecto me ayudó a reconocer la voluntad del servicio que fue inculcada por mis maestros/as y que reafirmo quiero promover en mis estudiantes.

Conforme con los resultados, se identifica una importancia de revisar las estrategias de enseñanza vigentes en nuestros laboratorios académicos y promover aquellas que se puedan implementar a tono con los objetivos y que sean cónsonas con las formas en que los/as estudiantes aprenden. El Aprendizaje Basado en Servicio mostró estas dos cualidades siendo capaz de acomodarse y reforzar las metas de aprendizaje y, al mismo tiempo, provocando un interés de los/as estudiantes por aprender.

Por otro lado, el proyecto tuvo como meta impulsar el servicio desde el escenario de un laboratorio académico subgraduado. Con esta acción, se consiguió que los/as

estudiantes aplicaran su conocimiento a beneficio de una organización que se dedica a cuidar por la calidad de un recurso natural del país. Este gesto hizo que los/as estudiantes sintieran un mayor compromiso con la sociedad y la ampliación de la perspectiva social del científico.

En conclusión, si se persigue una educación integral y efectiva a la hora de formar los próximos científicos, es importante que se dedique un esfuerzo en la selección de las estrategias de enseñanza que van a guiar el proceso educativo. En esta investigación, se describió una alternativa efectiva para coincidir con el aprendizaje y la bondad que hay en el servicio, a través de Aprendizaje Basado en Servicio en el escenario de un Laboratorio de Análisis Químico Instrumental. Sin embargo, como producto de la experiencia, me llevo que la manera que se dan los procesos de enseñanza debe ser objeto de investigación periódica sin fecha de expiración y, más aun, debe reflejar la sociedad a la cual deseamos aspirar.

Referencias

- Acerca Ciencia. (2016). *Programa “Ciudadano Científico”, Puerto Rico*. Acerca Ciencia.
<https://www.acercaciencia.com/amp/2016/08/23/programa-ciudadano-cientifico-puerto-rico/>
- American Association of Colleges and Universities. (2018). *High Impact Practices*.
<https://www.aacu.org/resources/high-impact-practices>
- American Chemical Society. (2015). *Undergraduate professional education in Chemistry: ACS guidelines and evaluation procedures for bachelor’s degree programs*. American Chemical Society.
- American Chemical Society. (2019). *Science education policy. Public Policy Statement 2019-2022*. American Chemical Society.
- Ausubel, D. P. (1960). The use of advance organizers in the learning and retention of meaningful verbal material. *Journal of Educational Psychology*, 51(5), 267-272.
- Barr, D. A., Matsui, J., Wanat, S. F., & Gonzalez, M. E. (2010). Chemistry courses as the turning point for premedical students. *Advances in Health Sciences Education*, 15(1), 45-54. <http://doi.org/10.1007/s10459-009-9165-3>
- Boesdorfer, S. B. (2019). *Best practices in Chemistry teaching education*. American Chemical Society.
- Borda, E. J., Boudreaux, A., Fackler-Adams, B., Frazey, P., Julin, S., Pennington, G., & Ogle, J. (2017). Adapting a student-centered Chemistry curriculum to a large-enrollment context: Successes and challenges. *Journal of College Science Teaching*, 46(5), 8-13. http://doi.org/10.2505/4/jcst17_046_05_8
- Bringle, R. G., & Hatcher, J. A. (1995). A service-learning curriculum for faculty. *Michigan Journal of Community Service Learning*, 2, 112-122.
<http://hdl.handle.net/2027/spo.3239521.0002.111>

- Brooks, J. G., & Brooks, M. G. (1993). *In search of understanding: The case for constructivist classrooms*. Association of Supervision and Curriculum Development.
- Budner, D., & Simpson, B. (2018). Project-based integrated lecture and laboratory quantitative analysis course. *Journal of Chemical Education*, 95, 1533-1540. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00146>
- Chutrtong, J., Boonman, N., & Chutrtong, W. (2019). Service learning by STEM activity in secondary school at Prachin Buri Province, Thailand. *International Journal of Information and Education Technology*, 9(8), 580-583. <http://doi.org/10.18178/ijiet.2019.9.8.1270>
- Fideicomiso de Conservación. (2008). *Ciudadano científico*. <http://ciudadanocientifico.org/>
- Colegio de Químicos de Puerto Rico. (n.d.) *El colegio*. Colegio de Químicos de Puerto Rico. <https://cqpr1941.com/about/>
- Cruz-Barreiro, I. C. (2006) *Human development assessment through the human-scale development approach: Integrating different perspectives in the contribution to a sustainable human development theory* [Tesis doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya]. Tesis Doctorals en Xarxa. <https://www.tdx.cat/handle/10803/5924#page=1>
- Dameris, L., Frerker, H., & Iler, H. D. (2020). The southern Illinois well water quality project: A service- learning project in Environmental Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 97, 668-674. <http://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00634>
- de Hostos, E. M. (1969). *Obras completas* (XVI). Ediciones Borinquen.
- de Hostos, E. M. (1870, Enero 12). *New York-Diary Entries*. https://commons.hostos.cuny.edu/archives/biography/biography_span/biography_in_ny_diary5/

- Demoranville, L. T., Kane, O. R., & Young, K. J. (2020). Effect of application-based laboratory on student understanding of societal impact of chemistry in an accelerated General Chemistry course. *Journal of Chemical Education*, 97, 66-71. <http://doi.org/acs.jchemed.9b00584>
- Devetak, I, Glazar, S. A., & Vogrinc, J. (2010). The role of qualitative research in science education. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 6(1), 77-84.
- Dewey, J. (1899). *The school and society: Being three lectures*. University of Chicago Press.
- Dewey, J. (1910). Science as subject-matter and as method. *Science*, 31(787), 121-127.
- Dewey, J. (1916). Nationalizing education. *The Journal of Education*, 84(16), 425-428.
- Dewey, J. (1938). *Experience & Education*. Free Press.
- Dewey, J. (2004). Education for a changing social order. *Schools: Studies in Education*, 1(1), 98-100. (Reimpreso "Education for a changing social order", 1934, *The Collected Works of John Dewey*, 9, 1933-1934.)
- Dukhan, N., & Schucmak, M. R. (2010). Reflection-based assessment of service learning in undergraduate engineering. *International Journal for Serving Learning in Engineering*, 5(3), 32-43.
- Eltanahy, M., & Forawi, S. (2019). Science teachers' and students' perceptions of the implementation of inquiry-based learning instruction in a middle school in Dubai. *Journal of Education*, 199(1), 13-23. <https://doi.org/10.1177/0022057419835791>
- Escamilla, A. (2011). *Glosario de Términos educativos de uso más frecuente*. <https://www.profes.net/varios/glosario/glosario.asp?inic=C&trm=Conflicto%20cognitivo>

- Evaristo, J. R., & Karahanna, E. (1997). Is North American IS research different from European IS research. *Data Base for Advances in Information Systems*, 28(3), 32–43.
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(23), 8410-8415.
<http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1319030111>
- Fink, L. D. (2003). *Creating significant learning experiences: An integrated approach to designing college courses*. Jossey-Bass.
- Gillespie, R. J. (1991). What is wrong with the General Chemistry course? *Journal of Chemical Education*, 68(3), 192-194. <http://doi.org/10.1021/ed068p192>
- Glover, S. R., Sewry, J. D., Bromley, C. L., Davies-Coleman, M. T., & Hlengwa, A. (2013). The implementation of a service-learning component in Organic Chemistry Laboratory course. *Journal of Chemical Education*, 90, 578-583.
<http://doi.org/10.1021/ed2008153>
- Guerris, M., Cuadros, J., González-Sabaté, L., & Serrano, V. (2020). Describing the public perception of Chemistry on twitter. *Chemistry Education Research and Practice*, 21(3), 989-999. <https://doi.org/10.1039/C9RP00282K>
- Harris, D. C., & Lucy, C. A. (2020). *Quantitative chemical analysis* (10th ed.). W. H. Freeman & Co.
- Harris, H. H., & O'Brien, J. J. (1992). Instrumental analysis courses: Part I. The current experimental practice. *Journal of Chemical Education*, 69(10), A266.
<https://doi.org/10.1021/ed069pA266>

- Harrison, M. A., Dunbar, D., & Lopatto, D. (2013). Using pamphlets to teach Biochemistry: A service-learning project. *Journal of Chemical Education*, *90*, 210-214. <http://doi.org/10.1021/ed200486q>
- Hatcher, J. A., Bringle, R. G., & Muthiah, R. (2005). The role of service learning on retention of first year students to second year. *Michigan Journal of Community Service Learning*, *16*(2), 38-49.
- Heider, E. C., Valenti, D., Long, R. L., Garbou, A., Rex, M., & Harper, J. K. (2018). Quantifying sucralose in a water-treatment wetlands: Service-learning in the Analytical Chemistry Laboratory. *Journal of Chemical Education*, *95*, 535-542. <http://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00490>
- Hernández-Matías, L., Pérez-Donato, L., Llerandi-Román, P., Laureano-Torres, F., Calzada-Jorge, N., Mendoza, S., Washington, A. V., & Borrero, M. (2019). An exploratory study comparing students' science identity perceptions derived from a hands-on research and nonresearch-based summer learning experience. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, *48*(2), 134-142. <https://doi.org/10.1002/bmb.21314>
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, P. (2018). *Metodología de la investigación* (6th ed.). McGrall Gill Education.
- Ho, K., Svidinskiy, B. S., Smith, S. R., Lovallo, C. C., & Clark, D. B. (2021). The integration of community service learning water project in a post-secondary chemistry lab. *Chemistry Education Research and Practice*, *22*, 602-615. <https://doi.org/10.1039/D0RP00374C>
- Johnson, B., & Christensen, L. (2017). *Educational research: Quantitative, qualitative, and mixed approach* (6th ed.). Sage.
- Kaiser, G., & Buchholtz, N. (2014). *Overcoming the gap between university and school mathematics*. Springer.

- Kamaruddin, N. F., Ibrahim, N. H., Johari Surif, M. A., & Abd, C. (2019). Malaysian science stream students' anxiety towards chemistry at the secondary school level. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 7(6S5), 724–738.
- Kammler, D. C., Troung, T. M., VanNess, G., & McGowin, A. E. (2012). A service-learning project in Chemistry: Environmental monitoring of a nature reserve. *Journal of Chemical Education*, 89,1384-1389.
<http://doi.org/10.1021/ed300109k>
- Kesner, L., & Eytng, E. M. (1999). Service-learning General Chemistry: Lead paint analyses. *Journal of Chemical Education*, 76(7), 920-923.
<http://doi.org/10.1021/ed076p920>
- Kolil, V. K., Muthupalani, S., & Achuthan, K. (2020). Virtual experimental platforms in chemistry laboratory education and its impact on experimental self-efficacy. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 17(30), 1-22. <https://doi.org/10.1186/s41239-020-00204-3>
- Kuhn, T. S. (1980). The halt and the blind: Philosophy and the history of science. *The British Journal for the Philosophy of Science*, 31(2), 181-192
- Kuo, P. (2018). It's all right to be wrong in science. *Taking Measure- National Institute of Standards and Technology (NIST)*. <https://www.nist.gov/blogs/taking-measure/its-all-right-be-wrong-science>
- Lanigan, K. (2008). Teaching analytical method development in an undergraduate instrumental analysis course. *Journal of Chemical Education*, 85(1), 138-140.
<http://doi.org/10.1021/ed085p138>
- Lasker, G. A., Mellor, K. E., Mullins, M. L., Nesmith, S. M., & Simcox, N. J. (2017). Social and environmental justice in the Chemistry classroom. *Journal of Chemical Education*, 94, 983-987. <http://doi.org/10.1021/acs.jchemed.6b00968>

- Leedy, P., & Ormrod, J. E. (2014). *Practical research planning and design* (10th ed).
Person Educational.
- Levinson, R. (2010). Science education and democratic participation: An uneasy
congruence? *Studies in Science Education*, 46(1), 69-119.
<http://doi.org/10.1080/03057260903562433>
- Lombardi, D., & Shipley, T. F. (2021). The curious construct of active learning.
Psychological Science in the Public Interest, 22(1), 8–43. <http://doi.org/10.1177/1529100620973974>
- Lucca Irizarry, N., & Berríos Rivera, R. (2009). *Investigación cualitativa: Fundamentos, diseños y estrategias*. Ediciones SM.
- Mayor-Paredes, D. (2018). Aprendizaje-servicio: Una práctica educativa que promueve
el desarrollo de competencias del estudiantado universitario. *Revista
Actualidades Investigativas en Educación*, 18(3), 1-22. <http://doi.org/10.15517/AIE.V18I3.34418>
- McGowin, A. E., & Teed, R. (2019). Increasing expression of civic-engagement values
by students in a service-learning Chemistry course. *Journal of Chemical
Education*, 96, 2158-2166. <http://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00221>
- McLeod, J. (2010). *Case study research in counselling and psychotherapy*. Sage.
- McMillan, J., & Schumacher, S. (2005). *Investigación educativa*. Pearson Education.
- Mellado, V., Belén, A., Brígido, M., Melo, L. V., Dávila, M. A., Cañada, F., Conde, M. C.,
Costillo, E., Cubero, J., Esteban R., Martínez, G., Ruíz, C., & Sánchez, J.
(2014). Las emociones en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las
Ciencias*, 32(3), 11-36. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1478>
- Miller, A., & Gift, A. (2019). Community awareness and service learning in Analytical
Chemistry laboratories. *Journal of Chemical Education*, 96, 1395-1400.
<http://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00569>.

- Mintz, S. (2020). Pedagogy and course design need to change. Here's how. *Inside Higher Education* <https://www.insidehighered.com/blogs/higher-ed-gamma/pedagogy-and-course-design-need-change-here's-how>
- Morales-Cruz, A. L., Ortiz-Andrade, B. M., Del Pilar-Albajadejo, J., Díaz-Vázquez, L., Rivera-González, U., López-Mejías, V. (2021). Remote pandemic teaching in quantitative and instrumental chemical analysis courses at a Hispanic serving institution. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 413(11), 2845-2853. <http://doi.org/10.1007/s00216-021-03243-5>
- Najami, N., Hugerat, M., Khalil, K., & Hofstein, A. (2019). Effectiveness of teaching science by drama. *Creative Education*, 10(1), 97-110. <http://doi.org/10.4236/ce.2019.101007>
- National Research Council. (1996). *National Science Education Standards*. The National Academies Press.
- Nelson, D. (2016, Junio). Public perception of scientist, and what we can do about it. *Chemical and Engineering News*, 94(25). <https://cen.acs.org/articles/94/i25/Public-perception-scientists.html>
- Next Generation Science Standards Lead States. (2013). *Next Generation Standards: For States, By States*. The National Academic Press.
- Peña-González, J. (2013). El esquema: Una estrategia de estudio y aprendizaje. *Educere*, 17(57), 245-252. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=35630152011>
- Pérez, A., & de Pro, A. (2013). Estudio demoscópico de lo que sienten y piensan los niños y adolescentes sobre la enseñanza formal de las ciencias. En V. Mellado, L. J. Blanco, A. B. Borrachero, & J. A. Cárdenas (Eds.), *Las emociones en la enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias y las Matemáticas* (pp. 495-520). Badajoz.

- Pew Research Center. (2015). Public and scientists' view on science and society. *Science & Society*. <https://www.pewresearch.org/science/2015/01/29/public-and-scientists-views-on-science-and-society/>
- Porlán-Ariza, R. (2018). Didáctica de las ciencias con conciencia. *Enseñanza de las Ciencias*, 36(3), 5-22. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2795>
- Rautio, A. (2012). Service-learning in the United States: Status of institutionalization. *Service Learning, General*. <http://digitalcommons.unomaha.edu/slceslgen/139>
- Savery, J., & Duffy, T. M. (1995). Problem Based Learning: An instructional model and its constructivist framework. *Educational Technology*, 35, 31-38.
- Saz-Gil, M. I., & Ramo-Garzarán, R. M. (2015). Aproximación a los impactos y beneficios del aprendizaje servicio en la Universidad de Zaragoza. *Revista Iberoamericana de Aprendizaje y Servicio*, 1, 9-27. <http://doi.org/10.1344/RIDAS2015.1.2>
- Schroender, T. D. (1975). An undergraduate instrumental analysis course. *Journal of Chemical Education*, 52(4), 229-230. <http://doi.org/10.1021/ed052p229>
- Siponen, M., & Klaavuniemi, T. (2020). Demystifying beliefs about the natural sciences in information system. *Journal of Information Technology*, 36(1), 56-68. <https://doi.org/10.1177/0268396220901535>
- Skoog, D. A., West, D. M., Holler, F. J., & Crouch, S. R. (2021). *Fundamentals of analytical chemistry* (10th ed.). Cengage.
- Spencer, A., & Cary, F. (2022). What Americans think about science, what do they have in mind? *Pew Research Center*. <https://www.pewresearch.org/fact-tank/2022/03/25/when-americans-think-about-science-what-do-they-have-in-mind/>

- Spencer, J. N. (1999). New directions in teaching Chemistry: A philosophical and pedagogical basis. *Journal of Chemical Education*, 76(4), 566-569.
<http://doi.org/10.1021/ed076p566>
- Stake, R. (2010). *Qualitative research. Studying how things work*. The Guilford Press.
- Strauss, A., & Corbin, J. (2008). *Basics of qualitative research: Techniques and procedures for developing*. Sage.
- Strieder, R. B., Bravo-Torija, B., & Gil-Quilez, M. J. (2017). Ciencias-tecnología-sociedad: ¿Qué estamos haciendo en el ámbito de la investigación en educación en ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, 35(3), 29-49.
<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2232>
- Thomas, G. (2011). *How to do your case study: A guide for students and researchers*. Sage.
- U.S. Government. (n.d.). *Civic engagement*. <https://youth.gov/youth-topics/civic-engagement-and-volunteering>
- Vanderstoep, S., & Johnston, D. (2009). *Research methods for everyday life blending qualitative and quantitative approaches*. Jossey-Bass.
- Velázquez-Rivera, L. (2018). "Eso es lo que hago yo": ¿proyectos o estrategia aprendizaje basado en proyectos? Lo que es y lo que no es. *El Sol*, 59(1), 10-14.
- Velázquez-Rivera, L., Figarella-García, F., & Clark-Mora, L. (2016). *La aventura del currículo auténtico-Posibilidades y éxitos de la problematización del aprendizaje*. CoopERA.
- Velázquez-Rivera, L., & Figarella-García, F. (2018). *La problematización en el aprendizaje. Tres estrategias para la creación de un currículo auténtico*. CoopERA.

- Villarini-Jusino, A. R. (2014). *La conciencia ambiental y salubrista como competencia humana general*. Organización para el Fomento del Desarrollo del Pensamiento.
- Watts, F. M., & Finkenstaedt-Quinn, S. A. (2021). The current state of methods for establishing reliability in qualitative chemistry education research articles. *Chemistry Education Research and Practice*, 22(3), 565-578.
<http://doi.org/10.1039/d1rp00007a>
- Wenzel, T. J., & Larive C. K. (2013). The analytical sciences digital library: A resource to promote active learning. *Reviews in Analytical Chemistry*, 33(1), 1-9.
<http://doi.org/10.1515/revac-2013-0024>
- Williamson, M. H. (2017). Solving social problems: Service learning in a core curriculum course. *The Journal of Public and Professional Sociology*, 9(1).
<https://digitalcommons.kennesaw.edu/jpps/vol9/iss1/1>
- Wiegand, D., & Strait, M. (2000). What is service learning? *Journal of Chemical Education*, 77(22), 1538-1539. <http://doi.org/10.1021/ed077p1538>
- Wolcott, H. F. (1994). *Transforming qualitative data: Description, analysis, and interpretation*. Sage.
- Woldeamanuel, M. W., Atagana, T., & Engida, T. (2014). What makes chemistry difficult? *African Journal of Chemical Education*, 4(2), 31-43.
- Yakmaci-Guzel, B. (2013). Preservice chemistry teachers in action: An evaluation of attempts for changing high school students' chemistry misconceptions into more scientific conceptions. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(1), 95-104.
- Yin, R. (2018). *Case study research and applications: Design and method*. Sage.
- Zhang, C. (2007). *Fundamentals of environmental sampling and analysis*. Wiley.

Apéndice A

Aprobación del Comité de Institucional para la Protección de los Seres Humanos como Sujetos en la Investigación (CIPSHI)

AUTORIZACIÓN DEL PROTOCOLO

Número del protocolo: 2122-070

Título del protocolo: Aprendizaje basado en servicio en el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental: un estudio de caso

Investigador: Uriel Rivera González

Tipo de revisión: Inicial Renovación

Evaluación: Comité en pleno
 Revisión expedita:
Categoría(s) expedita 45 CFR §46.110: 6 y 7

Fecha de la autorización: 14 de febrero de 2022



Recinto de
Río Piedras

Además, el CIPSHI:

- Concedió la **dispensa** solicitada para modificar el procedimiento estándar de toma de consentimiento informado.

Cualquier modificación posterior a esta autorización requerirá la consideración y reautorización del CIPSHI. Además, debe notificar cualquier incidente adverso o no anticipado que implique a los sujetos o participantes. Al finalizar la investigación, envíe el formulario de Notificación de Terminación de Protocolo.

Decanato de
Estudios Graduados
e Investigación

18 Ave. Universidad STE 1801
San Juan PR 00925-2512

787-764-0000
Ext. 86700
Fax 787-763-6011

Página electrónica:
<http://graduados.uprrp.edu>

Areliz Quiñones Berrios, Ed.D.

Presidenta del CIPSHI o
representante autorizado

Apéndice B

Hoja de consentimiento informado- Estudiantes



DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS GRADUADOS
UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO, RECINTO DE RÍO PIEDRAS, FACULTAD DE EDUCACIÓN

HOJA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO- ESTUDIANTES (Modalidad Presencial)

DISERTACIÓN DOCTORAL

Aprendizaje basado en servicio en el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental: Un estudio de caso

Descripción

Está invitado/a a participar en una investigación en torno a la aplicación de una estrategia de aprendizaje activo llamada Aprendizaje basado en servicio en el curso del Laboratorio de Química Instrumental. Esta investigación es realizada por Uriel Rivera González, estudiante graduado del programa doctoral de Currículo y Enseñanza del Departamento de Estudios Graduados de la Facultad de Educación.

El propósito de esta investigación es implementar el diseño de estudio de caso para conocer, entender y describir la perspectiva de los/as estudiantes en torno a la estrategia de aprendizaje basado en servicio incorporada al curso de Laboratorio de Análisis Químico Instrumental. Además, se explorará cómo el curso fomenta estrategias de aprendizaje activo, y cómo estas estrategias se acercan a la forma en que los/as estudiantes aprenden y se afecta su entendimiento en torno al rol de la Química en la sociedad. La finalidad de esta investigación es desarrollar una guía para incorporar el aprendizaje basado en servicio en el curso de Laboratorio de Análisis Químico Instrumental.

Usted fue invitado/a para participar en esta investigación porque es estudiante del programa subgraduado de Química y está matriculado en la sección escogida del curso de Laboratorio de Análisis Químico Instrumental durante el semestre académico. Si acepta participar de esta investigación, se desea informar que se realizarán seis (6) observaciones participativas del curso en el periodo lectivo. En este sentido, el investigador fungirá como observador participativo en fechas y ocasiones previamente avisadas. Es decir, el investigador estará en contacto directo con usted mientras realiza sus prácticas de laboratorio y podría realizarle preguntas con el propósito de aclarar sus observaciones. Además, al ser participante de la investigación podría voluntariamente presentarse a una entrevista cuyo propósito sería profundizar sobre su experiencia participando en actividades concernientes a la estrategia de aprendizaje basado en servicio en el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental. Estas entrevistas se realizarán luego de concluir las observaciones. Las entrevistas se realizarán de forma presencial en un salón del edificio de Ciencias Naturales de la

Versión 2022-02-02

Página 1 de 4

P.O. Box 23304 San Juan, Puerto Rico 00931-3304 Tel. 787-764-0000 ext. 89195, 89203 <http://ege.uprrp.edu>
Patrono con igualdad de oportunidades en el empleo M/M/V/I



DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS GRADUADOS
UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO, RECINTO DE RÍO PIEDRAS, FACULTAD DE EDUCACIÓN

universidad. La misma tendrá una duración aproximada de 45 minutos. Las entrevistas serán grabadas en audio y únicamente el investigador principal (Uriel Rivera González) y el director de la disertación (Dr. Reinaldo Berríos Rivera) tendrán acceso a las grabaciones.

Es importante destacar que las actividades en la que se contemplan en que participen, no afectará su desempeño ni las notas del curso en el que está matriculado/a. Por lo tanto, no está obligado a participar.

Riesgos y beneficios

Los riesgos asociados al estudio son mínimos. Sin embargo, durante las observaciones participativas y en las entrevistas, se pudiera sentir incomodidad con la presencia del investigador. En el caso de que el/la participante exprese incomodidad, se detendrá el proceso. Además, podría sentirse agotado/a en el transcurso de la entrevista. Si esto sucediera, el/la participante puede solicitar fragmentar el periodo de entrevista. En el caso de requerir ayuda psicológica profesional para atender cualquier incomodidad o situación emocional, se referirá al participante al Centro Universitario de Estudios y Servicios Psicológicos (CUSEP) (cusep.rp@upr.edu, 787-764-0000, Ext. 87680 o 87681) para una evaluación inicial libre de costo. Además, como estudiante de la UPRRP tiene disponible los servicios del Departamento de Consejería para el Desarrollo Estudiantil (DCODE).

Para llevar a cabo las observaciones y entrevistas que sean en modalidad presencial, se seguirá el protocolo sugerido como medidas de exposición del COVID-19 del Recinto. Estoy anejando las medidas de control de exposición a COVID-19. Discutiré este plan con usted antes de que acepte participar en la fase de entrevista de este estudio.

Por otro lado, los beneficios esperados en esta investigación son:

1. comprender cómo las estrategias de enseñanza del curso de Laboratorio de Análisis Químico Instrumental facilitan el aprendizaje significativo,
2. aplicar los conocimientos y destrezas del Laboratorio de Análisis Químico Instrumental en contextos reales,
3. desarrollar nuevas estrategias de enseñanza de la Química desde la realidad del estudiante guiadas por el aprendizaje activo, y
4. entender la utilidad de la Química en la resolución de los problemas sociales.

Es importante mencionar que no hay beneficios directos o compensación para los participantes de esta investigación.



DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS GRADUADOS
UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO, RECINTO DE RÍO PIEDRAS, FACULTAD DE EDUCACIÓN

Confidencialidad

Su identidad será protegida en todo momento. La información o datos obtenida en esta investigación que puedan utilizarse para identificar a los/as participantes se mantendrán en estricta confidencialidad, y la identidad de los/as participantes será protegida. De la misma forma, al momento de publicar los resultados de la investigación, no se divulgará el nombre de los/as participantes; en cambio, se utilizarán seudónimos para sustituir los nombres de los/as participantes.

Toda información o datos que puedan identificarlo directa o indirectamente serán manejados con estricta confidencialidad. Las únicas personas con acceso a estos datos e información que pueda identificar algún participante, incluyendo las hojas de consentimiento, serán Uriel Rivera González (Investigador) y el Dr. Reinaldo Berríos Rivera (Director de la disertación).

Oficiales del Recinto de Río Piedras de la Universidad de Puerto Rico o de agencias federales responsables de velar por la integridad de los procesos de investigación podrían requerirle al investigador los datos crudos obtenidos en este estudio, incluyendo este documento.

Los datos obtenidos en esta investigación serán almacenados en un lugar seguro, cerrado bajo llave, en la residencia del investigador. Todos los datos, incluyendo las grabaciones de audio, se guardarán por un periodo de 5 años a partir de la conclusión de este estudio. Al culminar este periodo de custodia, todos los documentos serán eliminados de forma segura, borrando los archivos digitales y triturando los impresos.

Incentivos

No habrá incentivos, ni remuneraciones.

Derechos

Si leyó este documento y decidió participar, por favor entienda que su participación es completamente voluntaria y que tiene derecho a abstenerse de participar o a retirarse del estudio en cualquier momento, sin ninguna penalidad. También, tiene derecho a no contestar alguna pregunta en particular. Además, tiene derecho a recibir una copia de este documento.

Participar o no participar en la investigación no tendrá efecto en las calificaciones, en la relación profesor/estudiante, en los servicios que recibe en la institución ni en futuras clases que pudiese tomar el estudiante con el profesor del curso.

Si tiene alguna pregunta o desea más información en torno a esta investigación, por favor comuníquese con Uriel Rivera González (uriel.rivera@upr.edu) al o



DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS GRADUADOS
UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO, RECINTO DE RÍO PIEDRAS, FACULTAD DE EDUCACIÓN

con el supervisor de la investigación Dr. Reinaldo Berríos-Rivera
(reinaldo.berrios@upr.edu) al 787-764-0000 ext. 87406.

Si tiene preguntas en torno a sus derechos como participante o una reclamación o queja relacionada con su participación en este estudio, puede comunicarse con la Oficial de Cumplimiento del Recinto de Río Piedras de la Universidad de Puerto Rico, al teléfono 787- 764-0000, extensión 86773, o al correo electrónico cipshi.degi@upr.edu.

Su firma en este documento significa que decidió participar en esta investigación después de leer y discutir la información presentada en esta hoja de consentimiento y que recibió copia de este documento.

Nombre del participante

Firma

Fecha

Discutí el contenido de esta hoja de consentimiento con el de arriba firmante.

Nombre del investigador

Firma

Fecha

Apéndice C

Hoja de consentimiento informado- Profesor



DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS GRADUADOS
UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO, RECINTO DE RÍO PIEDRAS, FACULTAD DE EDUCACIÓN

HOJA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO- PROFESOR

DISERTACIÓN DOCTORAL

Aprendizaje basado en servicio en el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental: Un estudio de caso

Descripción

Está invitado a participar en una investigación sobre la aplicación de una estrategia de aprendizaje activo llamada Aprendizaje basado en servicio en el curso del Laboratorio de Química Instrumental. Esta investigación es realizada por Uriel Rivera González, estudiante graduado del programa doctoral de Currículo y Enseñanza del Departamento de Estudios Graduados de la Facultad de Educación.

El propósito de esta investigación es implementar el diseño de estudio de caso para conocer, entender y describir la perspectiva de los/as estudiantes en torno a la estrategia de aprendizaje basado en servicio incorporada al curso de Laboratorio de Análisis Químico Instrumental. Además, se explorará cómo el curso fomenta estrategias de aprendizaje activo, y cómo estas estrategias se acercan a la forma en que los/as estudiantes aprenden y se afecta su entendimiento en torno al rol de la Química en la sociedad. La finalidad de esta investigación es desarrollar una guía para incorporar el aprendizaje basado en servicio en el curso de Laboratorio de Análisis Químico Instrumental.

Usted fue invitado para participar en esta investigación porque es profesor del programa subgraduado de Química y ha ofrecido el curso de Laboratorio de Análisis Instrumental por más de dos años. Además, usted tiene asignada la sección escogida del curso de Laboratorio de Análisis Químico Instrumental durante el semestre académico.

Si acepta participar de esta investigación, se desea informar que se realizarán seis (6) observaciones participativas del curso en el periodo lectivo. En este sentido, el investigador fungirá como observador participativo en fechas y ocasiones previamente avisadas. En este sentido, el investigador estará en contacto directo con usted mientras realiza sus prácticas de laboratorio y podría realizarle preguntas con el propósito de aclarar sus observaciones.

Es importante destacar que las actividades en las que se contemplan en que participen, no afectará su desempeño como profesor ni pretende evaluar sus capacidades como docente.

Versión 2022-02-02



DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS GRADUADOS
UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO, RECINTO DE RÍO PIEDRAS, FACULTAD DE EDUCACIÓN

Riesgos y beneficios

Los riesgos asociados al estudio son mínimos. Sin embargo, durante las observaciones participativas, se pudiera sentir incomodidad con la presencia del investigador. En el caso de que exprese incomodidad, se detendrá el proceso.

Para llevar a cabo las observaciones que sean en modalidad presencial, se seguirá el protocolo sugerido como medidas de exposición del COVID-19 del Recinto.

Por otro lado, los beneficios esperados en esta investigación son:

1. comprender cómo las estrategias de enseñanza del curso de Laboratorio de Análisis Químico Instrumental facilitan el aprendizaje significativo,
2. aplicar los conocimientos y destrezas del Laboratorio de Análisis Químico Instrumental en contextos reales,
3. desarrollar nuevas estrategias de enseñanza de la Química desde la realidad del estudiante guiadas por el aprendizaje activo, y
4. entender la utilidad de la Química en la resolución de los problemas sociales.

Es importante mencionar que no hay beneficios directos o compensación para los participantes de esta investigación.

Confidencialidad

Su identidad será protegida en todo momento. La información o datos obtenida en esta investigación que puedan utilizarse para identificar a los/as participantes se mantendrán en estricta confidencialidad, y la identidad de los/as participantes será protegida. De la misma forma, al momento de publicar los resultados de la investigación, no se divulgará el nombre de los/as participantes; en cambio, se utilizarán seudónimos para sustituir los nombres de los/as participantes.

Toda información o datos que puedan identificarlo directa o indirectamente serán manejados con estricta confidencialidad. Las únicas personas con acceso a estos datos e información que pueda identificar algún participante, incluyendo las hojas de consentimiento, serán Uriel Rivera González (Investigador) y el Dr. Reinaldo Berríos Rivera (Director de la disertación).

Oficiales del Recinto de Río Piedras de la Universidad de Puerto Rico o de agencias federales responsables de velar por la integridad de los procesos de investigación podrían requerirle al investigador a los datos crudos obtenidos en este estudio, incluyendo este documento.

Los datos obtenidos en esta investigación serán almacenados en un lugar seguro, cerrado bajo llave, en la residencia del investigador. Todos los datos, incluyendo las grabaciones de audio, se guardarán por un periodo de 5 años a partir de la conclusión de este estudio. Al culminar este periodo de custodia, todos los documentos serán eliminados de forma segura, borrando los archivos digitales y triturando los impresos.



DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS GRADUADOS
UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO, RECINTO DE RÍO PIEDRAS, FACULTAD DE EDUCACIÓN

Incentivos

No habrá incentivos, ni remuneraciones.

Derechos

Si leyó este documento y decidió participar, por favor entienda que su participación es completamente voluntaria y que tiene derecho a abstenerse de participar o a retirarse del estudio en cualquier momento, sin ninguna penalidad. También, tiene derecho a no contestar alguna pregunta en particular. Además, tiene derecho a recibir una copia de este documento.

Si tiene alguna pregunta o desea más información sobre esta investigación, por favor comuníquese con Uriel Rivera González (uriel.rivera@upr.edu) al _____ o con el supervisor de la investigación Dr. Reinaldo Berríos-Rivera (reinaldo.berrios@upr.edu) al 787-764-0000, ext. 87406

Si tiene preguntas en torno a sus derechos como participante o una reclamación o queja relacionada con su participación en este estudio, puede comunicarse con la Oficial de Cumplimiento del Recinto de Río Piedras de la Universidad de Puerto Rico, al teléfono 787- 764-0000, extensión 86773, o al correo electrónico cipshi.degi@upr.edu. Su firma en este documento significa que decidió participar en esta investigación después de leer y discutir la información presentada en esta hoja de consentimiento y que recibió copia de este documento.

Nombre del participante

Firma

Fecha

Discutí el contenido de esta hoja de consentimiento con el de arriba firmante.

Nombre del investigador

Firma

Fecha

Apéndice D

Plan de control de exposición a COVID-19 para investigaciones de campo

ANEJO
Plan de control de exposición a COVID-19 para investigaciones de campo
Aprendizaje basado en servicio en el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental: un estudio de caso
17 de enero de 2022

El Plan de control de exposición a COVID-19 tiene el propósito de establecer las estrategias y medidas para prevenir la exposición al SARS-CoV-2, el Coronavirus que produce el COVID-19, durante su participación en esta investigación.

Agradecemos su interés en participar de esta investigación, especialmente en estos momentos. Por favor, lea cuidadosamente este plan que discutiremos antes de que usted decida si participa o no en la investigación.

1. Cernimiento y poblaciones vulnerables

Los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) han identificado los siguientes grupos como los de mayor riesgo a enfermarse gravemente:

- [Adultos mayores](#)
- [Personas con otras afecciones o condiciones de salud](#)

Además, los CDC enlistan los siguientes síntomas y signos asociados al COVID-19, aunque estas listas no incluyen todos los posibles:

Síntomas:

- Fiebre o escalofríos
- Tos
- Dificultad para respirar (sentir que le falta el aire)
- Fatiga
- Dolores musculares y corporales
- Dolor de cabeza
- Pérdida reciente del olfato o el gusto
- Dolor de garganta
- Congestión o moqueo
- Náuseas o vómitos
- Diarrea

Signos:

- Dificultad para respirar
- Dolor o presión persistente en el pecho
- Confusión
- Incapacidad de despertarse o permanecer despierto

- Coloración azulada en los labios o el rostro

No podrá participar en estos momentos en la investigación si usted presenta estos síntomas o signos. Le recomendamos que monitoree su salud y busque atención médica cuando sea necesario. Si presenta alguno de estos **signos**, necesita atención médica de emergencia.

2. Lugar de la investigación:

- Coordinación y acceso a la institución

El acceso a la institución está sujeto a las normativas vigentes del Recinto de Río Piedras de la Universidad de Puerto Rico que incluye vacunación (3 dosis) compulsoria y el uso de mascarilla en todo momento. Debe limitar su visita al lugar donde se reúne el curso (CN-303) o la entrevista (CN-305). Debe cumplir, además, con el protocolo establecido por el profesor del curso y las disposiciones establecidas en este documento.

- Lugar específico de la investigación
Los lugares donde se desarrollarán las actividades concernientes a la investigación son el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental (CN-303) y el salón 305 en el Edificio de Ciencias Naturales del recinto. Ambos son lugares cerrados. Su capacidad está sujeta a los protocolos de mitigación del recinto.
- Antes de entrar al salón CN-305, se le tomará la temperatura con un termómetro infrarrojo-sin contacto (Noan). Su temperatura debe ser menor a 38°C (100.4°F).

3. Cantidad de personas con las que interactuará durante la investigación

- Durante la investigación, las observaciones participativas se realizarán de acuerdo con la dinámica establecida del profesor del curso con un máximo de 15 personas en el salón laboratorio o, en su lugar, los grupos que se establezca cumpliendo con el cupo máximo establecido por la institución. Para la entrevista, estaremos presentes solo usted y yo.
- No se permitirá acompañante para las entrevistas y, en el caso de requerirlo, deberá esperarlo fuera del salón de la entrevista.

4. Tiempo de exposición o de contacto social durante la investigación

- El tiempo que estaremos interactuando será de aproximadamente 3 horas (duración del periodo del laboratorio) para cada una de las observaciones participativas (6 sesiones) y 45 minutos aproximadamente para la entrevista.

- Puede tener pausas para tomar alimento o agua en un espacio al aire libre.

5. Distanciamiento físico

- Mantendremos una distancia mínima de 6 pies.

6. Uso de mascarillas o buconasales

- Utilizaremos mascarillas regular desechable o N95 (o su equivalente) en todo momento.
- La mascarilla debe estar bien ajustada y cubrir la boca y la nariz estar colocada por debajo del mentón.
- No utilizaremos mascarillas con válvulas. Este tipo de mascarilla puede proteger a la persona que la utiliza, pero no a la otra persona.
- Se le proveerá una mascarilla N95 de ser necesario.

7. Otro equipo de protección personal (EPP)

Durante las observaciones participativas, deberá utilizar la bata y gafas de seguridad. También, se le proveerá guantes y protectores faciales (sujeto a disponibilidad).

8. Lavado de manos y productos de higiene personal

- Observaré la medida del lavado de manos con agua y jabón por un mínimo de 20 segundos.
- Usted también tendrá acceso a facilidades para el lavado de manos con agua y jabón.
- Además, tendré disponible un desinfectante de manos que contiene al menos 60% de alcohol.

9. Desinfección de los materiales, equipo o superficies

En el caso del laboratorio, el protocolo de desinfección será asumido por el profesor del curso. En el caso del salón de las entrevistas (CN-305), las mesas y sillas serán desinfectadas con alcohol al 60% antes y luego de cada entrevista.

10. Luego de la investigación y rastreo de contactos:

El [rastreo de contactos](#) es clave para que una sociedad controle la propagación del COVID-19. Es nuestra responsabilidad ciudadana comunicar nuestros contactos en caso de exposición al COVID-19.

- Si usted ha tenido contacto cercano con una persona infectada por COVID-19 o presenta síntomas asociados al COVID-19 en los subsiguientes 14 días luego de participar en esta investigación, le agradecería me lo comunique. Además, ofrezca mi información de contacto si representantes del Departamento de Salud o de los sistemas de rastreo municipales se comunican con usted.
- Igualmente, de ser esa mi situación, comunicaré las personas con las que tuve contacto, incluyéndolo a usted, a representantes del Departamento de Salud o de los sistemas de rastreo municipales así como al Comité COVID-19 del Recinto de Río Piedras.
- La información de las personas para el rastreo de contactos es **confidencial**.

11. Preguntas o dudas:

- Por favor, aclare sus dudas antes de aceptar participar en esta investigación.

12. Información de contacto del investigador:

- Uriel Rivera González

uriel.rivera@upr.edu

13. Información adicional:

- Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) :
<https://espanol.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/index.html>
- Departamento de Salud de Puerto Rico:
<http://www.salud.gov.pr/Pages/coronavirus.aspx>

- Universidad de Puerto Rico: <https://www.upr.edu/covid19/>
- Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras: <http://www.uprrp.edu/coronavirus/>

Apéndice E

Certificación del programa CITI sobre “Investigaciones psicológicas, sociales o educativas”



Completion Date 17-Jan-2022
Expiration Date 16-Jan-2027
Record ID 39164490

This is to certify that:

Uriel Rivera Gonzalez

Has completed the following CITI Program course:

Investigaciones psicológicas, sociales o educativas
(Curriculum Group)

Investigaciones psicológicas, sociales o educativas
(Course Learner Group)

1 - Stage 1
(Stage)

Under requirements set by:

Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras

Not valid for renewal of certification through CME.



Verify at www.citiprogram.org/verify/?w0f3cbbcf-1431-4235-a528-4691129958ad-39164490

Apéndice F

Aprobación “Plan de control de exposición a COVID-19 para investigaciones de campo”

D. CERTIFICACIÓN

Plan de control de exposición a COVID-19 para investigaciones de campo (Incluya el título de la investigación)

En carácter de investigador principal de la investigación que se indica en este Plan certifico que durante la investigación de campo que realizo se implementarán las medidas de control de exposición para COVID-19 que se señalan en este documento para mi protección como investigador y la protección de otro personal de la investigación o de apoyo, la de sujetos que participen en la investigación y de las personas que estén cerca del lugar de la investigación.


Uriel Rivera González		1/17/2022
Nombre del Investigador Principal	Firma	Fecha

Certifico que revisé este plan y que supervisaré para que se lleve a cabo según planificado. Además, informaré a las autoridades universitarias correspondientes cualquier incidente que ocurra durante la realización de la investigación.

Reinaldo Berríos Rivera		1/17/2022
Nombre del supervisor o mentor de la investigación ³	Firma	Fecha

Para uso institucional

Aprobado por:

Jorge Ramos Feliciano	
Nombre	Firma
Director OPASO	11/febrero/2022
Puesto	Fecha

³ Las investigaciones de estudiantes, graduados o subgraduados, deben estar certificadas y firmadas por el supervisor, mentor o director de la tesina, tesis, disertación.

Apéndice G

Carta de solicitud de apoyo y aprobación- Directora del departamento

14 de febrero de 2022

Dra. Liz M. Díaz-Vázquez
Directora- Departamento de Química
Facultad de Ciencias Naturales
Universidad de Puerto Rico

Estimada doctora Díaz:

Le escribo en calidad de estudiante del Programa de Estudios Graduados de la Facultad de Educación de la Universidad de Puerto Rico en Río Piedras.

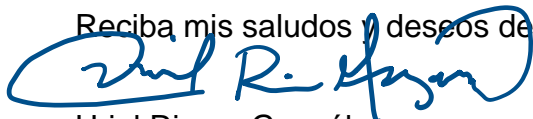
El motivo de esta misiva es para solicitar su apoyo y aprobación para llevar a cabo el proyecto de investigación "Aprendizaje basado en el servicio en el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental: Un estudio de caso" para completar los requisitos del grado doctoral en Educación en Currículo y Enseñanza en el área de Educación Científica. Este proyecto es de mi autoría y cuento con la dirección del Dr. Reinaldo Berríos-Rivera, Catedrático de la Facultad de Ciencias Sociales de la Universidad de Puerto Rico en Río Piedras.

El propósito de esta investigación es implementar el diseño de estudio de caso para conocer, entender y describir la perspectiva de los/as estudiantes en torno a la estrategia de aprendizaje basado en servicio incorporada al curso de Laboratorio de Análisis Químico Instrumental. Además, se explorará cómo el curso fomenta estrategias de aprendizaje activo, y cómo estas estrategias se acercan a la forma en que los/as estudiantes aprenden y se afecta su entendimiento en torno al rol de la Química en la sociedad. La finalidad de esta investigación es desarrollar una guía para incorporar el aprendizaje basado en servicio en el curso de Laboratorio de Análisis Químico Instrumental.

De esta manera, solicito aprobación para ejecutar el estudio e invito a que pronto nos reunamos para conversar en torno a este proyecto, y los recursos y la facultad del programa.

Agradezco su atención, su respuesta y la colaboración de forma anticipada.

Reciba mis saludos y deseos de éxito en sus gestiones,



Uriel Rivera González
Estudiante Doctoral
Facultad de Educación
Recinto de Río Piedras
Universidad de Puerto Rico

uriel.rivera@upr.edu

Cel:



9 de enero de 2022

Uriel Rivera-González
Estudiante Graduado
Estudios Graduados en Educación

Dr. Reinaldo Berríos-Rivera
Director de disertación

AUTORIZACIÓN PARA USO DE SALÓN

Estimados Sr. Rivera y Dr. Berríos:

Sirva la presente para notificar que se autoriza el uso del salón CN-305 ubicado en el edificio de Ciencias Naturales para propósitos de las entrevistas individuales que se realizarán como medio de recopilación de datos de la investigación que lleva como título “Aprendizaje basado en servicio en el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental: un estudio de caso”.

Esta autorización está sujeta a las eventualidades y regulaciones institucionales de la pandemia, y se extiende a la duración del proyecto de disertación.

Agradecemos el interés de desarrollar prácticas innovadoras a favor del aprendizaje de nuestros/as estudiantes.

Cordialmente,

Liz M. Díaz Vázquez
Directora Interina
Departamento de Química

Apéndice H

Carta de solicitud de apoyo - Profesor del curso

14 de febrero de 2022

Dr.
Catedrático Auxiliar- Departamento de Química
Facultad de Ciencias Naturales
Universidad de Puerto Rico

Estimado doctor:

Le escribo en calidad de estudiante del Programa de Estudios Graduados de la Facultad de Educación de la Universidad de Puerto Rico en Río Piedras.

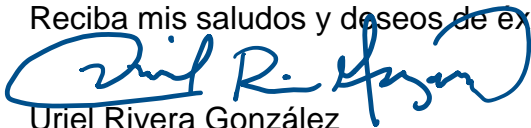
El motivo de esta misiva es para solicitar su apoyo e invitarlo a ser participante del proyecto de investigación “Aprendizaje basado en el servicio en el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental: Un estudio de caso” para completar los requisitos del grado doctoral en Educación en Currículo y Enseñanza en el área de Educación Científica. Este proyecto es de mi autoría y cuento con la dirección del Dr. Reinaldo Berríos-Rivera, Catedrático de la Facultad de Ciencias Sociales de la Universidad de Puerto Rico en Río Piedras.

El propósito de esta investigación es implementar el diseño de estudio de caso para conocer, entender y describir la perspectiva de los/as estudiantes sobre la estrategia de aprendizaje basado en servicio incorporada al curso de Laboratorio de Análisis Químico Instrumental. Además, se explorará cómo el curso fomenta estrategias de aprendizaje activo, y cómo estas estrategias se acercan a la forma en que los/as estudiantes aprenden y afectan el entendimiento de los/as estudiantes sobre el rol de la Química en la sociedad. La finalidad de esta investigación es desarrollar una guía para incorporar el aprendizaje basado en servicio en el curso de Laboratorio de Análisis Químico Instrumental.

De esta manera, solicito su apoyo para ejecutar el estudio e invito a que pronto nos reunamos para conversar sobre este proyecto, los recursos y el contenido del curso.

Agradezco su atención, su respuesta y la colaboración de forma anticipada.

Reciba mis saludos y deseos de éxito en sus gestiones,



Uriel Rivera González
Estudiante Doctoral
Facultad de Educación
Recinto de Río Piedras
Universidad de Puerto Rico

uriel.rivera@upr.edu

Cel:

Apéndice I

Protocolo de entrevista semiestructurada para estudiante

APRENDIZAJE BASADO EN SERVICIO EN EL LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO INSTRUMENTAL: UN ESTUDIO DE CASO

Por: Uriel Rivera Gonzalez

Protocolo de entrevista semi estructurada para estudiante

Introducción

Saludos. ¿Cómo se encuentra?

Primero, quiero agradecer la disposición de participar en la entrevista. Le comunico que la misma tendrá una duración aproximada de 45 minutos.

El propósito de esta entrevista es explorar qué piensa, como estudiante, sobre las estrategias de enseñanza que se han ejecutado como parte del curso de Laboratorio de Análisis Químico Instrumental. En particular, me interesa indagar sobre su experiencia en la intervención relacionada al aprendizaje basado en servicio.

No está obligado a contestar todas las preguntas. Tiene el derecho a abstenerse en alguna o algunas de ellas, y de sentirse incómodo/a puede decidir retirarse de la entrevista cuando usted lo entienda, y la información recopilada hasta ese momento no se utilizará para propósito alguno.

En esta entrevista, no hay contestaciones correctas o incorrectas. El propósito no es juzgar su contestación, más bien se trata de explorar y entender su experiencia al exponerse a la estrategia de aprendizaje basado en servicio en el laboratorio.

De tener alguna duda con el proceso, me gustaría aclararla antes de comenzar con la entrevista. ¿Tiene usted alguna duda?

Guía de preguntas

Preguntas de inicio:

1. ¿Qué entiende por aprendizaje basado en servicio?
2. ¿Cómo usted percibe el rol de la química para resolver problemas sociales?
3. ¿Cómo aprende mejor la Química?
4. ¿Cómo describe sus experiencias en los laboratorios académicos previo al Laboratorio de Análisis Químico Instrumental?

Preguntas de dirigidas al asunto a investigar:

5. ¿Cómo describe su experiencia en el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental en términos generales?
6. ¿Cuál es su perspectiva en torno a aplicar el proyecto de investigación del curso a un contexto real?
7. ¿Cómo se afectó su aprendizaje al exponerse a una estrategia de enseñanza distinta enmarcada en el aprendizaje basado en servicio?
8. ¿Cómo entiende que las actividades del curso le ayudaron a visualizar el rol de la Química en la sociedad?

Preguntas de cierre:

9. Señale algunas razones por la que la Química se debe enseñar partiendo de escenarios sociales o contextos reales.
10. ¿Qué recomienda, como estudiante, para mejorar la educación conducente al Bachillerato en Química?

Agradecimiento

Hasta aquí la entrevista. Agradezco su disposición y su tiempo. Sus comentarios resultan muy valiosos para esta investigación. Fue un placer compartir con usted.

Apéndice J

Planilla para revisión y análisis de documentos

**APRENDIZAJE BASADO EN SERVICIO EN EL LABORATORIO DE ANÁLISIS
QUÍMICO INSTRUMENTAL: UN ESTUDIO DE CASO**

Por: Uriel Rivera Gonzalez

Planilla para revisión y análisis de documentos

Título del documento	
Fecha del documento	
Finalidad del documento	
Descripción general del contenido	
Estrategia/s de instrucción incorporada	
Elemento/s del aprendizaje activo	
Otra información relevante	

Apéndice K

Carta de solicitud de servicio- CUSEP

11 de enero de 2022

Dra. Carmen C. Salas-Serrano
Directora
Centro Universitario de Estudios y Servicios Psicológicos (CUSEP)
Universidad de Puerto Rico- Recinto de Río Piedras

Estimada doctora Salas:

El motivo de esta misiva es solicitar apoyo de los servicios psicológicos que la división de CUSEP ofrece. En esta ocasión, se solicita el servicio por si surgiera la necesidad de que algún/a participante de la investigación titulada "Aprendizaje basado en servicio en el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental: Un estudio de caso", sea referido o necesite evaluación para atenderse durante o después del estudio. Los/as participantes de este estudio son estudiantes y el profesor del curso del Laboratorio de Análisis Químico Instrumental de la Universidad de Puerto Rico- Recinto de Río Piedras.

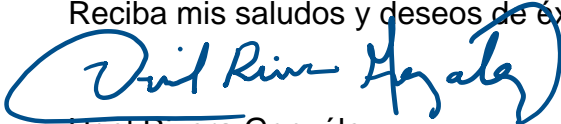
El propósito de esta investigación es implementar el diseño de estudio de caso para conocer, entender y describir la perspectiva de los/as estudiantes en torno a la estrategia de aprendizaje basado en servicio incorporada al curso de Laboratorio de Análisis Químico Instrumental. Además, se explorará cómo el curso fomenta estrategias de aprendizaje activo, y cómo estas estrategias se acercan a la forma en que los/as estudiantes aprenden y se afecta su entendimiento en torno al rol de la Química en la sociedad. La finalidad de esta investigación es desarrollar una guía para incorporar el aprendizaje basado en servicio en el curso de Laboratorio de Análisis Químico Instrumental.

Este proyecto es de mi autoría y cuento con la dirección del Dr. Reinaldo Berríos Rivera, Catedrático de la Facultad de Ciencias Sociales de la Universidad de Puerto Rico en Río Piedras.

De esta manera, solicito su servicio para implementar el estudio y quedo a la disposición para atender cualquier duda relacionada a esta solicitud.

Agradezco su atención, su respuesta y la colaboración de forma anticipada.

Reciba mis saludos y deseos de éxito en sus gestiones,



Uriel Rivera González
Estudiante Doctoral
Facultad de Educación
Recinto de Río Piedras
Universidad de Puerto Rico
uriel.rivera@upr.edu
Cel:

11 de enero de 2022

Uriel Rivera González
Estudiante Doctoral
Facultad de Educación
Recinto de Río Piedras

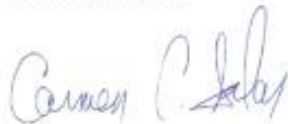
Estimado estudiante:

Su solicitud de apoyo para su proyecto de investigación *Aprendizaje basado en servicio en el Laboratorio de Análisis Químico Instrumental: Un estudio de caso* ha sido evaluada favorablemente. Usted podrá referir al Centro Universitario de Estudios y Servicios Psicológicos (CUSEP) aquellos/as participantes que así lo soliciten y que entiendan que por participar en la investigación sientan la necesidad de alguna ayuda psicológica.

El CUSEP es una unidad de adiestramiento para los estudiantes graduados de Psicología en la provisión de diversos servicios psicológicos. El teléfono a llamar es el 787 764 0000, extensión 87680 ó 87681 y nuestro correo electrónico es cusep.rp@upr.edu. Las solicitudes se evaluarán por el personal clínico del Centro, quienes determinarán si se le puede ofrecer la ayuda solicitada. De determinarse que la solicitud no puede ser aceptada, se procederá a ofrecerle a la persona otras alternativas de servicio.

Le deseo mucho éxito en su investigación.

Cordialmente,



Carmen C. Salas Serrano, Ph.D.
Directora

Apéndice L

Sílabo Laboratorio Análisis Instrumental QUIM 4015L

Silabo Laboratorio Análisis Instrumental QUIM4015L- Primer Semestre 2021-2022

- I. Título del curso : Laboratorio Química Analítica Instrumental
- II. Codificación : QUIM 4015L
- III. Pre-requisitos : QUIM 3255QuímicaAnalítica, QUIM3451
Co-requisito : QUIM 4015
- IV. Horas crédito : Cero (0)
Mínimo de tres (3) horas de laboratorio dos veces por semana
- V. Profesores del curso :
- VI. Horarios y salón del curso : Laboratorio CN 303, Sección 101 LW1:00- 3:50pm,
Sección 102 MJ 1:00pm a 3:50 pm
- VII. Descripción del curso: Desarrollo de las destrezas prácticas en el área de análisis instrumental con énfasis en el uso de instrumentación para realizar análisis cuantitativos y cualitativos para la determinación de propiedades y composición química de las muestras. Se discuten técnicas cromatografías, espectrofométricas, calorimétricas, y de electroanálisis. Se presta atención especial al tratamiento estadístico de los datos. Los estudiantes aprenden los principios físico-químicos fundamentales detrás de cada técnica, usan los instrumentos para analizar muestras conocidas y/o desconocidas, y evaluar datos críticamente. Este curso también está destinado a desarrollar habilidades de comunicación científica al requerir la preparación de informes de laboratorio en formato de artículos científicos, “brochures” y videos con relación a las técnicas aprendidas.

NOTA: De surgir alguna interrupción de las clases durante el semestre, se continuarán ofreciendo las mismas utilizando la modalidad a distancia o en línea para cumplir con el prontuario.

VIII. Objetivos generales: En este curso se pretende que el estudiante:

1. Desarrolle destrezas de manejo de equipo básico de laboratorio e instrumentación analítica.
2. Aplique experimentalmente sus conocimientos teóricos en métodos de análisis instrumental.
3. Aplique los conceptos del método analítico y análisis instrumental para la determinación cuantitativa de un analito en una muestra desconocida.
4. Ponga en práctica las reglas de seguridad de laboratorio.
5. Presente e informe resultados analíticos basados en conceptos estadísticos.
6. Haga uso de una “hoja de cálculo” para llevar a cabo los análisis estadísticos.
7. Incluir aspectos éticos para la presentación de los resultados.
8. Desarrolle destrezas de redacción de un informe de resultados de laboratorio.
9. Explique los principios físicos y químicos detrás de una serie de instrumentos modernos comunes y técnicas de laboratorio.
10. Opere y obtenga datos precisos de instrumentos y técnicas espectrofotométricas, cromatográficas, electroanalíticas y termoquímicas
11. Seleccione la mejor técnica experimental para responder preguntas específicas en química analítica instrumental.
12. Interpretar datos instrumentales para obtener la información deseada y analizar las fuentes de error.
13. Escribir informes de laboratorio claros, concisos, científicos y gramaticalmente correctos que incluyan citas apropiadas para la literatura química.
14. Utilice sus conocimientos en método analítico y técnicas instrumentales para la resolución de problemas e investigación.

IX. Bosquejo de contenido y distribución del tiempo:

A. Introducción al uso de la instrumentación, prácticas de análisis instrumental y procedimientos de operación estándares. (9 horas)

B. Análisis Espectrofotométrico (24 hrs)

1. El estudiante se familiarizará con diferentes técnicas espectrofotométricas. Se adiestrará en el uso de los instrumentos e interpretación de resultados espectrofotométricos. Se cubrirán las siguientes técnicas; Espectroscopia región UV/VIS, Fluorescencia, Espectroscopia región infrarroja (FTIR), Absorción atómica.
2. Adecuacidad y calibración de espectrofotómetros

3. Preparación de muestras para análisis espectrofotométrico (derivatización, formación de complejos, digestión ácida, ajuste de parámetros experimentales como pH, temperatura), pareo de matriz.
4. Identificación de errores determinados, indeterminados y crasos en el análisis instrumental de una muestra de la cual conocemos los valores de las réplicas y el valor real.
5. Análisis cuantitativo y cualitativo de muestras

C. Análisis Cromatográfico (14 hrs)

1. Fundamentos, operación e interpretación de resultados de técnicas cromatográficas.
2. Adecuación y calibración de instrumentos cromatográficos
3. Se cubrirán las siguientes técnicas; cromatografía de gas (GCFID), GCMS, cromatografía líquida (HPLC-UVVIS), separación de fase sólida (SPE)
4. Preparación de muestras para análisis cromatográfico
5. Identificación de errores determinados, indeterminados y crasos en el análisis cromatográfico de una muestra de la cual conocemos los valores de las réplicas y el valor real.
6. Análisis cuantitativo y cualitativo de muestras usando técnicas cromatográficas.

D. Electroanálisis (6 hrs)

1. Fundamentos operacionales e interpretación de resultados de técnicas electroquímicas.
2. Adecuación y calibración de instrumentos electroquímicas
3. Se cubrirán las siguientes técnicas; voltametría cíclica, amperometría
4. Preparación de muestras para análisis electroquímico
5. Identificación de errores determinados, indeterminados y crasos en el análisis electroquímico de una muestra de la cual conocemos los valores de las réplicas y el valor real.
6. Análisis cuantitativo y cualitativo de muestras usando técnicas electroquímicas.
7. Fabricación y acondicionamiento de electrodos

D. Métodos de análisis termoquímicos (6 hrs)

1. Fundamentos operacionales e interpretación de resultados de técnicas termoquímicas.
2. Calorimetría de rastreo diferencial (DSC)
3. Adecuación y calibración de instrumentos
4. Preparación de muestras para análisis termoquímico
5. Identificación de errores determinados, indeterminados y crasos en el análisis termoquímico de una muestra de la cual conocemos los valores de las réplicas y el valor real.

6. Análisis cuantitativo y cualitativo de muestras usando técnicas electroquímicas.
7. Fabricación y acondicionamiento de electrodos

E. Experimentos sugeridos

1. Practica Inicial- Operación y calibración de diferentes equipos
2. UVVIS- Síntesis y caracterización de nano partículas de plata
3. UVVIS- Extracción y Cuantificación de Cafeina en té
4. DSC- Análisis de polímeros y/o sales
5. FTIR- Análisis de Etanol en Vodka
6. AA- Dureza de Agua
7. FLU-Determinación de Quinina en Agua Tónica
8. GC-FID Determinación de parámetros de adecuacidad.
9. Proyecto de Investigación/Proyecto Especial

XI. Estrategias Instrucciones

El curso se enseña utilizando técnicas de aprendizaje activo. El diseño e implementación del mismo se centra en el alumno promoviendo su participación y reflexión continua a través de actividades que fomentan el diálogo, la colaboración, el desarrollo y construcción de conocimientos, así como habilidades y actitudes. Las actividades del curso se caracterizan por ser motivadoras y retadoras, orientadas a profundizar en el conocimiento, asimismo de desarrollar en los alumnos las habilidades de búsqueda, análisis y síntesis de la información, además de promover una adaptación activa a la solución de problemas. Las actividades del curso están organizadas para desarrollarse tanto en espacios presenciales como virtuales, o bien en combinación de los mismos. Implican trabajo individual y grupal donde la información es compartida por parte del profesor y alumnos. Las estrategias instrucciones a realizarse serán las siguientes:

- a. Conferencias dictadas por el instructor o la instructora.
- b. Prácticas de laboratorio.
- c. Demostraciones de laboratorio.
- d. Estudio independiente de temas asignados para la búsqueda en el Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Internet.
- e. Módulos instrucciones
- f. Instrucción asistida por computadoras.
- g. La Certificación Número 112 (2014-2015) de la Junta de Gobierno define un curso presencial como un curso en el cual 75% o más de las horas de instrucción requieren la presencia física del estudiante y el profesor en el salón de clases. Esto quiere decir que 25% de un curso presencial, pudiera ofrecerse sin requerir la presencia física de los estudiantes y el profesor en el salón de clases. En caso de ser necesario, este curso podrá completar hasta 25% de las horas contacto (11.25 horas) de forma no presencial por métodos alternos como por ejemplo: Videoconferencias, módulos instrucciones, foros de discusión y cibercharlas entre otros. De ser así, se modificará el calendario/temario para incluir los temas que serán cubiertos por métodos alternos.

XII. Recursos para el Aprendizaje

A. Instrumentación y equipo: Cristalería común de laboratorio, equipo volumétrico, balanza mecánica, balanza analítica, potenciómetro, electrodo selectivo, plancha de calentamiento y agitación, purificador de agua, bombas de vacío, espectrofotómetro UV-vis, espectrofotómetro región infrarroja (FTIR), Espectrofotómetro de Absorción Atómica, Fluorímetro, cromatógrafo de gas (GCFID), Cromatógrafo líquido de alta resolución (HPLC), calorímetro de rastreo diferencial (DSC) y celdas espectrofotométricas y computadoras.

B. Manual de Laboratorio, Rúbricas de Corrección y Material Suplementario:

La página electrónica del curso es uno de sus recursos principales. La misma se accede a través de la plataforma Moodle en la siguiente dirección: <https://online.uprrp.edu/course/>. El manual de laboratorio, las rúbricas de corrección, material suplementario como videos, presentaciones, tutoriales estarán disponible a través de la plataforma Moodle bajo:

QUIM 4015-101-2021S2
QUIM 4015-102-2021S2

C. Reactivos

Para las experiencias de laboratorio se utilizarán diversas sales inorgánicas, ácidos y bases. Se utilizarán también tintes vegetales. Todos los reactivos serán provistos por la Institución.

D. Materiales a ser adquiridos por los estudiantes

Bata de laboratorio, gafas de seguridad, lápiz de cera, jabón de fregar, papel toalla, papel de aluminio o plástico transparente, y calculadora científica.

XIII. Estrategias de Evaluación:

A. **Puntuación Final:** La puntuación obtenida en el laboratorio se suma a la nota de la clase como 200pts. La evaluación del Laboratorio es como sigue, el total de puntos al final se normaliza dividiendo los puntos obtenidos por usted (X_{est}), sobre 1,050 pts y esto se multiplica por 200 pts.

$$Puntuacion\ final = \left(\frac{X_{est}}{1050} \right) \times 200$$

B. Los criterios de evaluación del laboratorio son los siguientes:

Criterio de Evaluación*	Puntos
Práctica Inicial y Reporte	100 pts.
Informes Cortos de Laboratorio (3)	150 pts. (50 pts. c/u)
Informe Largo (1)	100 pts
Examen Final	150 pts.
Pruebas Cortas (4)	100 pts.
Asignación (1)	50 pts.
Propuesta	200 pts.
Libreta	100 pts.
Trabajo Diario/Apreciación	100 pts.
Total	1050 pts

***En caso de ser necesario el examen final se podrá ofrecer en formato de proyectos o tareas o podrán ser ofrecidos en línea utilizando la plataforma Moodle.**

1. Práctica Inicial (100 pts)

1. Se evaluará la ejecutoria del estudiante y manejo del tiempo para completar la práctica (50 pts.).
2. Se entregará un informe especial usando el formato que se provee en el manual de la práctica inicial una semana después de completar la práctica (50 pts.)

2. Informes largos (100 pts)

- a. Se entregará un informe largo, uno de la primera experiencia de laboratorio (100 pts. c/u)
- b. Los informes largos se entregarán **dos semanas después de concluida** la experiencia de laboratorio.
- c. Ver manual de laboratorio para más detalles

3. Informes cortos (150 pts., 50 pts. c/u)

- a. Al concluir cada experiencia entregará un reporte de laboratorio.
- b. Incluye, título, propósito, procedimiento, datos, cálculos, gráficas, dato tabulados, discusión y referencias en formato ACS.
- c. Los informes cortos se entregarán una **semana después de concluida** la experiencia de laboratorio en pareja.
- d. Ver manual de laboratorio para más detalles.

4. Propuesta y/o Trabajo de Investigación (200 pts.)

Este trabajo lo realizarán en parejas o tríos

- I. Proyecto de Investigación
 - a. Revisión de literatura proyecto de investigación
 - i. Seleccionará un artículo relacionado con la investigación a realizar y una lista de otros posibles artículos.
 - ii. Preparará un resumen donde incluirá la relevancia con la investigación a realizar.
 - iii. Deberá presentar los posibles artículos seleccionados al profesor para aprobación con anticipación a la fecha final.
 - iv. El artículo seleccionado será diferente para los miembros del grupo.
 - b. Proyecto de Investigación
 - i. Propuesta de Investigación
 - ii. Ver formato para plan de trabajo y propuesta.
 - b. Artículo de Investigación (100 pts)
 - i. Se entregará un informe largo. Las referencias se citarán usando el formato ACS.
 - ii. Si realiza el trabajo preliminar a tiempo podrá recibir una evaluación adicional.
 - c. Presentación Oral (100 pts)
 - i. Presentación oral de 15 min.
 - ii. Debe estar preparado para contestar preguntas.
 - iii. Será evaluado por todos los estudiantes presentes, el profesor de laboratorio y profesores invitados.

5. Libreta (100 pts.)

La libreta de laboratorio debe ser encuadernada y debe contener un índice. Comience cada día con la fecha y el título del experimento. Esta deberá contener una descripción o esquema del procedimiento experimental, preparado antes de entrar al laboratorio (dicha preparación podría verificarse). El propósito es que este resumen (o esquema) le ayude a organizar lo que tiene que hacer en el laboratorio. En el laboratorio se recopilan los datos (tabulados cuando esto sea necesario), cómputos, resultados y observaciones.

En la sección de observaciones deberá incluir, a manera de narración, los pasos del experimento, según ocurren. Como ya tiene un esquema del experimento, solo necesita anotar si hizo algún cambio al procedimiento y las razones para los mismos. También podrá anotar problemas encontrados durante la ejecución de la práctica de laboratorio que pudieran haber influenciado sus resultados y cómo los resolvió. Además, podrá anotar observaciones experimentales, tales como cambios de color, formación de precipitados y otros. Estas observaciones anotadas en el momento en que ocurren y documentadas adecuadamente, le servirán de recordatorio al hacer su informe. Recuerde que si necesita repetir el experimento en otro momento bajo idénticas condiciones tiene que conocer y anotar las condiciones instrumentales en este momento.

La libreta debe ser mantenida de tal manera como si fuese a ser usada para evidencia legal. Esto significa que no puede haber ninguna duda de que la libreta pudiera haber sido usada para algún tipo de fraude o manipulación de datos. Por ende:

- a. Las páginas deben estar numeradas.
- b. Solamente se puede usar tinta o bolígrafo; nunca lápiz. Debe de utilizar un solo color de tinta que no se corra con el agua.
- c. No se puede borrar información ya escrita en la libreta. Se puede pasar una línea sobre un texto erróneo, pero se escribe al lado una pequeña nota inicializada y fechada, explicando la razón del cambio.
- d. La libreta no debe contener áreas sin escribir. Al terminar las anotaciones de un experimento, deberá seguir inmediatamente con el título del próximo experimento. Si algún experimento se cambia en el último momento y genera un brinco en la información, simplemente anotar: “continúa en la página xx” y “proviene de la página xx”.

Note que incurrir en cualquiera de las faltas arriba mencionadas invalidará, su libreta. La libreta se inicializará por el instructor al empezar y/o al terminar el experimento. Es obligación del estudiante asegurarse que se cumpla con este requisito. Un estudiante que no tenga su libreta preparada al momento de comenzar el experimento NO podrá comenzar a trabajar en el mismo. **Al final del semestre usted entregará su libreta de laboratorio.**

6. Trabajo diario- Apreciación (100 pts.)

En la nota de trabajo diario se toma en consideración la asistencia puntual al laboratorio, la preparación previa a la realización del experimento, las destrezas técnicas en el laboratorio, la limpieza (ej.: área de trabajo, balanzas, extractores de gases y área de los instrumentos) y su capacidad y actitud para resolver los problemas que se le presentan.

Al finalizar cada período, tanto el instructor como el ayudante de cátedra, inspeccionarán el laboratorio. En el evento de que los extractores de gases, así como las balanzas, instrumentos para medir pH y otras áreas antes especificadas estén sucios, perderá 10 puntos de su nota de apreciación. Soluciones sin rotulación serán motivo suficiente para perder 10 puntos de su nota de apreciación.

En caso de que se le entregue equipo, usted deberá devolverlo limpio, seco, en orden y completo. Su apartado será cotejado por su instructor o ayudante de cátedra. Perderá 10 puntos de su nota de apreciación personal si no cumple con estos requisitos.

XIV. Observaciones generales

- a. Es importante hacer notar que una de las características más conocidas de los laboratorios de instrumentación analítica es su alto costo. Es importante que tenga cuidado al trabajar con los instrumentos. Por ejemplo, no toque con las manos mojadas (o con sales) las superficies del potenciómetro o las pantallas de ningún instrumento o computadora y si se mojan, séquelas inmediatamente.
- b. No se devolverán los informes, la libreta, ni el examen final. Sin embargo, usted podrá cotejarlos y discutirlos con el instructor o ayudante de cátedra del laboratorio. La persona que se lleve el informe corregido tendrá 0 en ese informe.
- c. **Necesita una puntuación mínima de 70% para poder aprobar el laboratorio. Si no aprueba el laboratorio, no podrá aprobar la clase.**
- d. **Todo informe con menos de 60% será rechazado. Solamente tendrá la oportunidad de revisar el primer informe y arreglarlo con una penalidad de 10 % de la nota final de su informe.**
- e. Ausencias no justificadas a tres períodos de laboratorio son razón suficiente para no aprobar el laboratorio y por ende la clase. Ausencias justificadas a tres períodos justifica baja administrativa (se considera que, aunque sin culpa, no recibió el entrenamiento mínimo que justifica aprobar la clase). Tardanzas de más de 30 minutos sin justificación conlleva no poder efectuar dicho laboratorio y por ende se consideran como ausencias.
- f. Las muestras reales a ser analizadas en el laboratorio, ej. tabletas, té, agua tónica, perfume etc. deberán ser provistas por el estudiante. El estudiante que se presente sin su muestra desconocida perderá ese periodo del laboratorio.

XV. Reglas generales del laboratorio (GLP's) (Good Laboratory Practices)

- a. Durante el laboratorio deben mantenerse cubiertos los recipientes para prevenir la entrada de polvo, etc. No está permitido usar soluciones sin rotular o dejar las mismas desatendidas. Los recipientes que contienen soluciones o sólidos se deben rotular o numerar para evitar casos de equivocación y confusión. Cualquier solución que no esté rotulada podrá ser descartada por el profesor o su asistente en cualquier momento. Evite colocar cristalería cerca del borde de la mesa de trabajo; esto es causa frecuente de cortaduras debido a equipo que se rompe al caer.
- b. Mantenga limpias y en orden las botellas en el armario. No ponga los tapones sobre la mesa ni los intercambie. Tome solo la cantidad de solución necesaria y nunca devuelva a la botella del reactivo la porción del mismo que le haya sobrado.
- c. Antes de comenzar una determinación, el estudiante debe haber estudiado cuidadosamente las instrucciones y estar seguro de que las entiende perfectamente. Deben obtenerse los aparatos y reactivos necesarios y hacerse un plan mental de las

operaciones. El trabajo debe distribuirse en forma eficiente entre todos los integrantes del grupo al que pertenece para evitar retrasos.

- d. En algunos experimentos, puede que sea necesario secar las muestras sólidas en el horno a 110°C. No deje sus muestras en el horno más tiempo del necesario. Verifique la temperatura del horno.
- e. Debe traer al laboratorio: líquido de fregar, papel toalla, marcador o bolígrafo, papel de aluminio, etiquetas para identificar soluciones.
- f. Debe usar zapatos cerrados y nunca será admitido al laboratorio en pantalones cortos. Toda estudiante que use falda para el laboratorio, debe asegurarse que esta llega hasta los tobillos.
- g. Es deber de cada estudiante saber con exactitud la localización de los extintores de incendio, ducha, fuente de lavado de ojos y el botiquín. Es esencial que sepa hacer uso del extintor de incendio.
- h. Debe traer al laboratorio, y usar en todo momento, bata de laboratorio y gafas de seguridad. No debe usar lentes de contacto. Los espejuelos recetados (sin gringolas) no son aceptables.
- i. **Por la emergencia de la Pandemia del Covid-19, las siguientes reglas deben cumplirse a cabalidad.**
 - 1. **Debe tener mascarilla puesta antes de entrar al laboratorio y durante el laboratorio y guardar distanciamiento físico como mínimo 6 pies de distancia.**
 - 2. **En la entrada al laboratorio, usted se desinfectará sus manos con alcohol o *hand sanitizer*.**
 - 3. **En todo momento, el estudiante utilizará guantes en el laboratorio. Si por alguna razón usted se quita los guantes, descártelos en el zafacón y utilice unos nuevos siguiendo el protocolo establecido.**
 - 4. **No deben tocar los *handles* de las puertas. La puerta de entrada estará abierta para que ustedes entren.**
 - 5. **Las áreas de trabajo del laboratorio estarán restringidas. Los fregaderos a utilizarse son los últimos cuatro (4) de la parte de atrás del laboratorio. Solamente puede estar una persona por fregadero en dirección opuesta.**
 - 6. **Una vez el estudiante termine la sección de laboratorio, deberá descartar los guantes y lavarse las manos.**
 - 7. **Toda área de laboratorio debe quedar totalmente limpia y desinfectada.**
- j. La Administración Federal de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA, por sus siglas en inglés) requiere que cada laboratorio de química tenga en funcionamiento un plan de higiene química (PHQ). El mismo contiene información relacionada a los reactivos utilizados en cada experimento, cómo disponer de los mismos adecuadamente y otras

reglas de seguridad inherentes a este laboratorio en particular. Dos copias del PHQ de este laboratorio están accesibles en el armario de reactivos indicado como Q-4015. Además del PHQ, también encontrará un cartapacio que contiene una copia del SDS (“safety data sheet”) para cada sustancia química que se usa en este laboratorio. En caso de accidente o contacto indebido con algún reactivo (ej. contacto directo con manos, ojos o boca), debe referirse al SDS inmediatamente. Familiarícese con el mismo para que, de tener que usarlo, sepa inmediatamente qué información buscar. Los SDS están organizados por experimento y dentro del mismo por orden alfabético.

XVI. Derechos de Estudiantes con Necesidades Especiales

Según la Ley de Servicios Educativos Integrales para Personas con Impedimentos, todo estudiante que requiera acomodo razonable deberá notificarlo al profesor el primer día de clase. Los estudiantes que reciban servicios de Rehabilitación Vocacional deben comunicarse con el (la) profesor(a) al inicio del semestre para planificar el acomodo razonable y el equipo de asistencia necesario conforme a las recomendaciones de la Oficina de Servicios a Estudiantes con Impedimentos (OSEI) del Decanato de Estudiantes. También aquellos estudiantes con necesidades especiales de algún tipo de asistencia o acomodo deben comunicarse con el (la) profesor(a). Si un alumno tiene una discapacidad documentada (ya sea física, psicológica, de aprendizaje o de otro tipo, que afecte su desempeño académico) y le gustaría solicitar disposiciones académicas especiales, éste debe comunicarse con la Oficina de Servicios a Estudiantes con Impedimentos (OSEI) del Decanato de Estudiantes, a fin de fijar una cita para dar inicio a los servicios.

XVII. NORMATIVA SOBRE HOSTIGAMIENTO SEXUAL

“La Universidad de Puerto Rico prohíbe el discrimen por razón de sexo y género en todas sus modalidades, incluyendo el hostigamiento sexual. Según la Política Institucional contra el Hostigamiento Sexual en la Universidad de Puerto Rico, Certificación Núm. 130, 2014-2015 de la Junta de Gobierno, si un estudiante está siendo o fue afectado por conductas relacionadas a hostigamiento sexual, puede acudir ante la Oficina de Procuraduría Estudiantil, el Decanato de Estudiantes o la Coordinadora de Cumplimiento con Título IX para orientación y/o presentar una queja.”

XVIII. Integridad académica:

La Universidad de Puerto Rico promueve los más altos estándares de integridad académica y científica. El Artículo 6.2 del Reglamento General de Estudiantes de la UPR (Certificación Núm. 13, 2009-2010, de la Junta de Síndicos) establece que “la deshonestidad académica incluye, pero no se limita a: acciones fraudulentas, la obtención de notas o grados académicos valiéndose de falsas o fraudulentas simulaciones, copiar total o parcialmente la labor académica de otra persona, plagiar total o parcialmente el trabajo de otra persona, copiar total o parcialmente las respuestas de otra persona a las preguntas de un examen, haciendo o consiguiendo que otro tome en su nombre cualquier prueba o examen oral o escrito, así como la ayuda o facilitación para que otra persona incurra en la

referida conducta”. Cualquiera de estas acciones estará sujeta a sanciones disciplinarias en conformidad con el procedimiento disciplinario establecido en el Reglamento General de Estudiantes de la UPR vigente.

Si por motivos de un orden ejecutiva mayor no se puede realizarse la evaluación del curso de forma presencial se estarán tomando las siguientes medidas:

1. Para poder garantizar la integridad de los procesos de evaluación, mejorar la calidad de los procesos de enseñanza -aprendizaje en línea y cumplir con a las agencias que acreditan a nuestro departamento, se utilizaran exámenes en línea que pueden ser en modalidad secuencial. Todo examen tendrá un tiempo límite para ser completarlo que será determinado por el profesor.
2. Los videos o monitoreo en vivo generados para el curso se utilizarán solo para propósitos de evaluación, otros usos o su divulgación esta estrictamente prohibido. En el caso de determinar que usted incurrió en prácticas de deshonestidad académica se implementaran las sanciones establecidas en el código de conducta estudiantil de la Universidad. <http://procuraduria.uprrp.edu/wp-content/uploads/2015/10/Reglamento-de-Estudiantes-de-la-UPRRP.pdf>

Esta notificación la redacte tomando en consideración las sugerencias que algunos de ustedes me hicieron llegar y la descripción que se presenta en la página de internet del programa que adquirirá la Universidad. Es importante que dentro de la situación que nos encontramos y para evitar situaciones como las que tuvimos el semestre pasado, dentro de lo posible tratemos de tener una política homogénea en los cursos del departamento.

XVIII. Bibliografía:

1. Douglas A. Skoog et al. *Fundamentals of Analytical Chemistry*, 9th Edition, 2014. ISBN-10: 0495558281 | ISBN-13: 9780495558286
2. Harris, Daniel. *Quantitative Chemical Analysis*, 9^{ma} ed.; W.H. Freeman and Co., New York, 2016. (ISBN13: 978-1464135385, ISBN10: 146413538X)
3. *Analytical Chemistry*, <http://pubs.acs.org/journal/ancham>
4. G.D. Christian, P.K. Dasgupta, K.A. Shug *Analytical Chemistry*. , 7^{ma} ed; John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, 2014.
5. Hage, D. & Carr, J. *Analytical Chemistry and Quantitative Analysis*. Pearson., New Jersey, 2011
6. Day, R. A.; Underwood, A. I. *Laboratory Manual: Quantitative Analysis*, 6^{ta} ed.; Prentice Hall: New Jersey, 1991.
7. Skoog, D. A.; West, Holler, F. J.; Crouch, S. R. *Fundamentals of Analytical Chemistry*, 8^{va} ed.; Thomson Learning, Fort Worth, 2004.
8. Harvey, D. *Analytical Chemistry 2.0*, www.asdlib.org/onlineArticles/ecourseware/Welcome.html (accesado mayo 2015)

Apéndice M

Rúbrica para la Evaluación de Informes- Laboratorio de Química General 3001



Universidad de Puerto Rico
 Recinto de Río Piedras
 Facultad de Ciencias Naturales
 Departamento de Química

Rúbrica para la Evaluación de Informes

Laboratorio Química General 3001

Nombre del Instructor: _____ Nombre Estudiante: _____

Título del Experimento: _____ Numero de Estudiante: _____

Desempeño del estudiante en las diferentes categorías del Informe						
Categoría/ Puntuación	4	3	2	1	Observaciones	Puntos Obtenidos
Portada e índice (5%)	Contiene una página de presentación con el título del experimento e información del estudiante. Cuenta con un índice que desplaza todas las partes del informe y las páginas en donde se encuentran las mismas.	Contiene una página de presentación con el título del experimento e información del estudiante. Cuenta con un índice que desplaza todas las partes del informe pero no incluye las páginas en donde se encuentran las mismas.	Contiene una página de presentación con el título del experimento e información del estudiante, pero no incluye un índice.	Contiene una página de presentación pero falla información y no incluye un índice.		
Extracto (5%)	Es conciso, corto y brinda un resumen completo de la investigación incluyendo los resultados.	Es conciso, corto y brinda un resumen de la investigación pero no incluye todos los resultados.	Es demasiado corto o demasiado largo y no tiene todos los elementos necesarios para brindar un resumen completo de la investigación.	No posee los elementos necesarios para brindar un resumen completo de la investigación.		
Introducción (15%)	Introduce el problema de esta investigación y brinda toda la información o argumentos científicos encontrados en la literatura para que el lector pueda entender la justificación de su investigación y los métodos realizados en la misma.	Introduce el problema de esta investigación, pero no utiliza todos los elementos ni argumentos científicos necesarios para apoyar y explicar su investigación.	Introduce el problema de investigación pero no utiliza todos los elementos ni argumentos científicos necesarios para apoyar y explicar su investigación y algunos de ellos son irrelevantes a la misma.	No logra introducir el tema de investigación ni utiliza argumento científicos para justificar su investigación.		
Metodología (10%)	Describe todos los pasos realizados de forma clara y en un orden lógico. Describe todos los métodos, reactivos, equipo y condiciones utilizadas. Es redactado en tiempo pasado, en tercera persona y en forma de párrafo.	Falta alguno de los pasos realizados o incluye pasos adicionales, pero los describe de forma bastante clara y en un orden lógico. Describe la mayoría de los métodos, reactivos, equipo y condiciones utilizadas. La redacción no cumple con algunas de las siguientes: tiempo pasado, tercera persona y en forma de párrafo.	Falta alguno de los pasos realizados o incluye pasos adicionales y la descripción no es muy clara y/o no sigue un orden coherente. No describe la mayoría de los métodos, reactivos, equipo y condiciones utilizadas. La redacción no cumple con por lo menos dos de las siguientes: tiempo pasado, tercera persona y en forma de párrafo.	Falta varios de los pasos realizados o incluye pasos adicionales y la descripción no es muy clara ni sigue un orden coherente. No describe la mayoría de los métodos, reactivos, equipo y condiciones utilizadas. La redacción no cumple con por lo menos dos de las siguientes: tiempo pasado, tercera persona y en forma de párrafo.		

Discusión de los resultados (15%)	Identifica los hallazgos más importantes encontrados. Si tiene unos valores de la literatura con los cuales comparar, lo hace mediante el porcentaje de error. Analiza todos los factores que pudieron haber afectado el análisis y expone una discusión científica para poder explicar lo que desvió el valor obtenido del esperado.	Identifica los hallazgos más importantes encontrados. Si tiene unos valores de la literatura con los cuales comparar, lo hace mediante el porcentaje de error. Analiza la mayoría de los factores que pudieron haber afectado el análisis y expone una discusión científica para poder explicar lo que desvió el valor obtenido del esperado.	No identifica los hallazgos más importantes encontrados. Si tiene unos valores de la literatura con los cuales comparar, no lo hace mediante porcentaje de error. Analiza algunos de los factores que pudieron haber afectado el análisis y expone una discusión que no está basada en argumento científico o aparenta estar basada en una lógica defectuosa para explicar los mismos.	No identifica los hallazgos más importantes encontrados. Si tiene unos valores de la literatura con los cuales comparar, no lo hace. No analiza los factores que pudieron haber afectado el análisis.	
Conclusión (5%)	Resume de manera objetiva, concisa, clara y directa los descubrimientos más importantes a través de la investigación y hallazgos ayudan en el avance del conocimiento científico.	Resume de manera objetiva y clara algunos de los descubrimientos más importantes a través de la investigación y explica cómo sus hallazgos ayudan en el avance del conocimiento científico.	Resume algunos de los descubrimientos más importantes a través de la investigación pero no explica cómo sus hallazgos ayudan en el avance del conocimiento científico.	No resume de manera objetiva, concisa, clara y directa los descubrimientos más importantes a través de la investigación y como sus hallazgos ayudan en el avance del conocimiento científico.	
Referencias (5%)	Muestra dos o más referencias de las cuáles por lo menos una es de artículo o libro científico. Utiliza el formato correcto según el ACS.	Muestra dos o más referencias de las cuáles por lo menos una es de artículo o libro científico, pero no utiliza el formato correcto según el ACS.	Muestra dos o más referencias de las cuáles ninguna es de artículo o libro científico y no utiliza el formato correcto según el ACS. O solo incluye una referencia científica en formato ACS	Muestra sólo una referencia la cual no es de un artículo científico. No utiliza el formato ACS.	
Ortografía, Puntuación y Gramática (5%)	1-5 errores de ortografía, puntuación y gramática en el reporte.	5-10 errores de ortografía, puntuación y gramática en el reporte.	10-20 de ortografía, puntuación y gramática en el reporte.	Más de 20 errores de ortografía, puntuación y gramática en el reporte.	
Puntuación Total					

INFORMACIÓN BIBLIOGRÁFICA DEL AUTOR

URIEL RIVERA GONZÁLEZ

uriel.rivera@upr.edu

Uriel Rivera González nació en Ponce, Puerto Rico. Estudió en la Pontificia Universidad Católica de Puerto Rico, donde obtuvo su Bachillerato en Ciencias con concentración en Química en el 2011. En el 2016, completó su Maestría en Ciencias en Química Analítica en la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras. Luego, en el 2022, culminó su grado en Doctor en Educación con especialidad en Currículo y Enseñanza en Química en la Universidad de Puerto Rico en Río Piedras.

Como experiencia profesional, cuenta con más de diez años ofreciendo distintos cursos de Química a nivel subgraduado en distintas universidades. Actualmente, es Catedrático Auxiliar en la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras. Además, colabora como docente a tarea parcial en otras instituciones como la Universidad del Sagrado Corazón y la Universidad Ana G. Méndez. Uriel se ha destacado en el escenario académico como coordinador de laboratorios de Química Analítica, diseñador y consultor de currículos, coordinador de experiencias de Investigación e Internados, asesor de carreras STEM y mentor de estudiantes. Además, ha participado como conferenciante en distintas convenciones, como tallerista, y es coautor de un libro y artículos académicos.

Como experiencia de investigación, en el área de Análisis Químico, Uriel se ha interesado por el desarrollo de sensores electroquímicos y otros métodos de análisis químico. En el área de la Educación Científica, le interesa promover pedagogías centradas en el estudiante en el escenario de educación superior especialmente en los cursos de Química, particularmente fomentando las estrategias de enseñanza que promuevan el desarrollo de competencias ciudadanas.