

**REESTRUCTURACIÓN DE LABORATORIOS DE QUÍMICA PARA
DOCENTES EN FORMACIÓN. Una mirada diagnóstica y de pilotaje hacia
'laboratorios tri-componente'**

Diana Catalina Cruz González

**PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE MAGÍSTER EN DOCENCIA
DE LA QUÍMICA**

Director:

Dr. Jaime Augusto Casas Mateus

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
BOGOTÁ D.C**

2023

Nota de aceptación

Firma del evaluador interno

Firma del evaluador externo

Firma del director

Bogotá, noviembre de 2023

Dedicatoria

A mi madre Fanny Gonzalez, que me formo con amor, dedicación, que siempre ha confiado en mí, ha creído en mis capacidades y que nunca me ha defraudado, que me ha brindado su apoyo incondicional en los momentos más difíciles y nunca me ha dejado sola.

A mi hija Sara Sofia Ramirez, que ha sido mi motor y mi mayor motivación para superarme, pensando siempre en salir adelante juntas y brindarle un mejor futuro.

A mis hermanos Claudia Cruz y Camilo Cruz por ser mi ejemplo para seguir, por confiar siempre en mí, por apoyar mis procesos y creer que puedo conseguir grandes cosas.

Agradecimientos

Terminar esta tesis ha sido posible gracias al apoyo incondicional de muchas personas que contribuyeron a su realización.

Al Profesor Jaime Augusto Casas Mateus, le agradezco sinceramente por su entrega, dedicación y amplio conocimiento, para guiarme y motivarme a dar lo mejor de mí.

Expreso mi gratitud hacia todos los profesores de la Maestría en Docencia de la Química de la Universidad Pedagógica Nacional, quienes me brindaron valiosos aportes en los seminarios y contribuyeron a mi desarrollo personal.

Mis agradecimientos también van para los evaluadores por su disposición y colaboración.

Por último, quiero expresar mi profundo agradecimiento a mi familia, quienes han brindado un apoyo inquebrantable en la consecución de este nuevo logro.

“Para todos los efectos, declaro que el presente trabajo es original y de mi total autoría;
en aquellos casos en los cuales he requerido del trabajo de otros autores o
investigadores, he dado los respectivos créditos”

Acuerdo 031 de Consejo Superior del 2007, artículo 43, párrafo 2

TABLA DE CONTENIDO

1. CAPÍTULO 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	9
1.1. INTRODUCCIÓN	9
1.2. JUSTIFICACIÓN	10
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
1.4. MARCO DE ANTECEDENTES.....	13
1.4.1. Laboratorios duales	13
1.4.2. Aula Virtual	15
1.4.3. Museo de química	16
1.5. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	17
1.6. OBJETIVOS	17
1.6.1. OBJETIVO GENERAL.....	17
1.6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
2. CAPÍTULO 2. REFERENTES CONCEPTUALES	18
2.1. COMPONENTE DISCIPLINAR.....	18
2.1.1. Concepción de laboratorio de química en la formación de docentes	18
2.1.2. Experimento científico	20
2.1.3. Prácticas de laboratorio.....	21
2.1.4. Modelación y simulación como recurso didáctico.....	23
2.1.5. Simulaciones	24
2.1.6. Laboratorio virtual.....	25
2.2. COMPONENTE DIDÁCTICO.....	28
2.2.1. Aula invertida.....	28

2.2.2.	Estilos de enseñanza en el laboratorio de química	29
2.2.3.	Museo de química	31
3.	CAPÍTULO 3. MARCO METODOLÓGICO	34
3.1.	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	34
3.2.	POBLACIÓN	35
4.	CAPÍTULO 4. ANÁLISIS Y RESULTADOS	42
4.1.	FASE PREPARATORIA.....	42
4.1.1.	Etapas reflexiva:.....	42
4.1.2.	Etapas de diseño y validación de instrumentos.....	47
4.2.	FASE TRABAJO DE CAMPO	48
4.2.1.	Acceso al campo.....	48
4.3.2.	Resultados comparativos de percepciones, para estudiantes de Teorías Químicas III (ciclo: fundamentación) y de Métodos de Análisis Químico II (ciclo de profundización).....	55
4.3.3.	Análisis de resultados obtenidos mediante la comparación y análisis de escalogramas bajo la metodología POSAC	70
4.3.3.1.	Definición de la matriz para POSAC	70
4.3.3.2.	Aplicación del procedimiento para la técnica POSAC	70
4.3.3.3.	POSAC percepciones de la muestra de estudiantes del ciclo de fundamentación (TQ III).	71
4.3.3.4.	Análisis por POSAC de las percepciones de MAQ del ciclo de profundización del DQU.....	76
4.3.3.5.	Análisis POSAC de percepciones de la muestra total de estudiantes sobre la reestructuración de los laboratorios de química.....	81
6.	RECOMENDACIONES	89
7.	BIBLIOGRAFÍA	90

8. ANEXOS	96
Anexo 1. Instrumento de validación.....	96
Anexo 2. Encuesta de percepción sobre el constructo "laboratorio de química" en el DQU.....	96
Anexo 3 [LAB 1]. Remoción de metales en una muestra simulada.	101
Anexo 4. [LAB 2]. Cuatro titrimetrías.	102
Anexo 5. [LAB 3]. Laboratorio triádico	103

TABLAS

Tabla 1. Estilos de enseñanza en el laboratorio.....	30
Tabla 2. Recopilación de algunos museos de química	32
Tabla 3. Participantes de la encuesta de percepción.	35
Tabla 4. Fases y etapas del proyecto de investigación.	36
Tabla 5. Recursos digitales y su implicación didáctica.....	44
Tabla 6. Prácticas de laboratorio desarrolladas	49
Tabla 7. Perfiles de análisis obtenidos, percepciones de estudiantes de TQIII.....	71
Tabla 8. Coeficientes de monotonidad débil de percepciones, para TQIII, frente a una posible reestructuración	72
Tabla 9. Coeficientes de monotonidad entre las categorías y los ejes POSAC.....	73
Tabla 10. Perfiles de análisis obtenidos, percepciones de los estudiantes del ciclo de profundización.....	76
Tabla 11. Coeficientes de monotonidad débil de percepciones de los estudiantes de MAQ, del ciclo de profundización hacia una posible reestructuración	77
Tabla 12. Coeficientes de monotonidad entre cada categoría y los ejes POSAC en estudiantes de MAQ II del ciclo de profundización.....	78
Tabla 13. Perfiles de análisis obtenidos, percepciones de la muestra total de estudiantes.	81
Tabla 14. Coeficientes de monotonidad débil entre las categorías de la muestra total de estudiantes hacia la posible reestructuración.....	83

Tabla 15. Coeficientes de monotonicidad entre las categorías y los ejes POSAC para la muestra total de estudiantes	83
---	-----------

IMÁGENES

Imagen 1. Concepción de laboratorio de química en la formación de docente. Fuente propia	20
Imagen 2. Clasificación de las prácticas de laboratorio según Caamaño (1992, 2003) y Perales (1994). Citado de Espinosa, González, Hernández (2006)	23
Imagen 3. Tipos de modelos científicos. Tomado y adaptado de Gallego, Gallego y Pérez. (2006).....	24
Imagen 4. Función pedagógica de las simulaciones virtuales. Tomado y adaptado de Sanz, Martínez. (2005).....	27
Imagen 5. Función de predicción de las simulaciones virtuales. Tomado y adaptado de Sanz, Martínez. (2005).....	27
Imagen 6. Detalle de uno de los avatares y puestos de trabajo de la UPM. Tomado de García, Torralba, 2018.	46
Imagen 7. Informe de laboratorio [LAB1] estudiante de énfasis II	52
Imagen 8. Cálculos del [LAB 2] en modalidad presencial y virtual (Chemlab)	54

GRÁFICAS

Gráfica 1. Medianas obtenidas en la categoría AMP para los espacios académicos de cada ciclo.	57
Gráfica 2. Promedio obtenido en la categoría AMP por reactivo.....	58
Gráfica 3. Medianas obtenidas en la categoría DEB para los espacios académicos de cada ciclo.	59
Gráfica 4. Promedio obtenido en la categoría DEB por reactivo.	60
Gráfica 5. Medianas obtenidas en la categoría DIF/TRIC para cada ciclo.	62
Gráfica 6. Promedio obtenido en la categoría DIF/TRIC por reactivo.	63
Gráfica 7. Medianas obtenidas en la categoría INFRA para cada ciclo.	65

Gráfica 8. Promedio obtenido en la categoría INFRA por reactivo.....	66
Gráfica 9. Promedio por categorías muestra total.....	68
Gráfica 10. Promedio por categorías de cada grupo.....	68

FIGURAS

Figura 1. Mapa POSAC categorías para estudiantes de TQIII del ciclo de fundamentación	75
Figura 2. Mapa POSAC categorías para estudiantes de MAQ del ciclo de profundización	80
Figura 3. Mapa POSAC categorías para la muestra total de estudiantes	84

1. CAPÍTULO 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo surge a partir de la observación y el análisis de las necesidades académicas que se evidenciaron durante el desarrollo de las clases 100% remotas que se llevaron a cabo en el año 2020 y 2021, en una muy alta proporción de instituciones universitarias, a causa de la pandemia por Covid-19. Durante ese periodo de tiempo se evidenció la importancia del uso de herramientas tecnológicas y de las TICs para implementar ambientes de enseñanza digitales, virtuales y remotos en el desarrollo de las clases teórico-conceptuales, así como en las prácticas experimentales.

En concordancia con lo anterior, y haciendo énfasis en la importancia de poner en marcha el diseño de un prototipo que simule nuevos espacios de interacción experimental que articulen los espacios de infraestructura física (incluyendo insumos propios del laboratorio de química) con las herramientas y/o recursos digitales (que pudieran incluir 'estaciones' versátiles y móviles) hacia la construcción e implementación de lo que en adelante se llamarán "*laboratorios duales*" (expresión acuñada por los profesores Jaime Casas y Liliana Guerrero de la Universidad Pedagógica Nacional) que contribuyan con el desarrollo y/o fortalecimiento de las habilidades cognitivas de los docentes de química en formación del Departamento de Química (DQU) de la Universidad Pedagógica Nacional (UPN).

Con base en lo recién expuesto, se presenta este trabajo como una propuesta, tanto desde el plano diagnóstico como el de un posible pilotaje, que en términos generales apunta a dos aspectos centrales: en primera medida, identificar la percepción de los estamentos del DQU de la UPN respecto a la importancia de resignificar los laboratorios de química desde una visión "dual". En segunda medida, se pretende efectuar una revisión profunda de las posibilidades del trabajo experimental al interior del DQU e

identificar los alcances y limitaciones de un ensayo piloto con el fin de viabilizar una implementación de tales “laboratorios duales” a mediano plazo.

Como recién se explicó, se busca efectuar una mirada de diagnóstico y de pilotaje hacia la concepción de “laboratorios duales”, orientada hacia la idea de resignificar, diseñar y reestructurar los espacios en los cuales se llevan a cabo las prácticas de laboratorio en química.

No obstante, lo anterior, alterar de manera significativa la infraestructura de los laboratorios enmarca una serie de retos en cuanto a la necesaria gestión y puesta en marcha, en la medida que se requiere del ingenio, la creatividad y la participación activa de los docentes encargados, en la medida que el aporte de cada uno de los docentes desde su área de conocimiento sea indispensable para su estructuración. Dicho esto, los procesos de interdisciplinariedad, vistos como una estrategia pedagógica que implica la integración de varias disciplinas (Carvajal, 2010) para lograr una meta en común, son fundamentales en términos de la viabilización y puesta a punto.

Para alcanzar lo anterior, se diseñarán instrumentos adecuados al propósito de establecer las percepciones particulares que poseen los estamentos del DQU de la UPN respecto a la concepción de “laboratorio dual” en términos de efectividad y viabilidad, se evalúan a partir de una prueba de pilotaje diseñada para tal fin, y, posteriormente se analizan con el fin de llegar a conclusiones válidas (Dávila, 2006).

Por su parte, la prueba de pilotaje se implementará en dos semestres (2022-2 y 2023-1) y será piloteada con los estudiantes de los énfasis didáctico I y II, Tópicos didácticos: Una mirada dual al laboratorio de química instrumental, del programa de Licenciatura Química de la Universidad Pedagógica Nacional, espacios académicos orientados por los profesores Jaime Casas y Liliana Rocío Guerrero.

1.2. JUSTIFICACIÓN

El Sistema Educativo Universitario en Colombia para la formación de científicos e investigadores enmarca un conjunto de creencias, costumbres e ideales en cuanto a la

enseñanza y aprendizaje de saberes científicos, orientando los procesos académicos hacia la formación de profesionales capaces de proponer soluciones viables y eficientes a problemáticas específicas de su área de conocimiento desde el aprendizaje de ciencias puras y aplicadas.

No obstante lo recién enunciado sobre los saberes científicos, al adentrarnos en el terreno de la educación en ciencias para profesores en formación, conviene proponer una necesaria revisión a las prácticas de enseñanza, en el entendido que debiera haber una orientación diferente en la formación de un especialista en el ámbito de las ciencias, frente a la de la formación de un docente de química, pues este último requiere una mirada más intencionada a las alternativas de enseñanza asociadas a su futura profesión.

Por su parte, al referirnos a las alternativas de enseñanza para la formación de docentes de química a partir de procesos didácticos, se hace referencia al uso del lenguaje propio del saber químico de carácter científico, desde su adaptabilidad a un lenguaje comprensible, optimizando así los sistemas didácticos: docente - estudiante - saber científico (Chevallard, 1998). Esta relación se enfoca en la comprensión, adaptación y transmisión del lenguaje químico para que sea comprendido por el estudiante a partir de actividades y/o estrategias de aprendizaje significativas, tanto a nivel teórico-conceptual como experimental, fortaleciendo el desarrollo de habilidades y destrezas experimentales que le permita al estudiante observar fenómenos naturales, interpretar información, repetir procesos, obtener resultados en tiempo real y de esta manera construir explicaciones significativas.

Teniendo en cuenta lo anterior y haciendo énfasis en las estrategias hoy implementadas durante el desarrollo de prácticas experimentales, pero analizadas desde las problemáticas recientes referidas al desarrollo de prácticas en el laboratorio de química y su participación en la formación de docentes especializados en la enseñanza del saber químico, se propone la estructuración y aplicación de un ejercicio de pilotaje a fin de evaluar las percepciones de estamentos del DQU con respecto a la posible

implementación de laboratorios “*duales*” dentro del Departamento y asimismo identificar las limitaciones y alcances de esta propuesta.

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El año 2019 fue un año que vio pasar cambios significativos en la forma de concebir la educación, en el que se hizo evidente la necesidad de reinventar los procesos de enseñanza - aprendizaje haciendo uso de recursos digitales que permitieran el aprendizaje de ciencias desde la simulación, modelación, observación e interacción de fenómenos químicos. Cabe aclarar aquí que en nuestro país no se contaba ni con los recursos ni las herramientas necesarias para tal fin, siendo este un limitante y/o impedimento notorio, particularmente en el ámbito de la enseñanza en el plano experimental de ciencias, lo cual significó un reto para la comunidad de docentes.

Haciendo énfasis en la necesidad mencionada anteriormente, particularmente en lo tocante a la enseñanza experimental de la química y teniendo en cuenta las frecuentes dificultades en el uso de los espacios de laboratorio, así como desde lo aprendido en época de pandemia; ya en pospandemia se hace menester efectuar un análisis reflexivo a fin de evaluar una posible reestructuración de los ambientes experimentales actuales, con el fin de proporcionar espacios de interacción continua y efectiva, en los que los estudiantes puedan realizar su trabajo experimental, bien sea, haciendo uso de herramientas tecnológicas que faciliten su ejecución, o complementando las prácticas de laboratorio clásicas desde aproximaciones digitales, salvando o sorteando así limitantes como la infraestructura, los insumos o los tiempos que afectarían su desarrollo.

Esta noción de espacio de interacción presencial-digital, concebida inicialmente como laboratorio “*dual*” (Mojica, 2021) pero afinada a laboratorio tri-componente (Casas, Guerrero, 2023) atiende al hecho de que nos encontramos en un mundo cambiante, con nuevos retos educativos, tecnológicos y científicos, y en tal sentido apunta a interpretar las prácticas experimentales no solo desde la aproximación presencial, sino desde las miradas digital o remota que dan un valor agregado o una plusvalía a la concepción de lo que hoy se debería entender como laboratorio de química, no solo un espacio físico confinado entre cuatro paredes, sino una posibilidad de interacción en el ámbito

experimental que puede incluso incorporar modalidades recientes, tales como realidad virtual, realidad aumentada y realidad mixta.

Con base en la argumentación de los párrafos precedentes, se plantea el siguiente problema de investigación:

No existe investigación intencionada sobre unas “nuevas” maneras de concebir el *laboratorio de química*, que tenga en cuenta lo aprendido en tiempo de pandemia, así como la posibilidad de inclusión de dispositivos tecnológicos en la enseñanza de la química experimental, a nivel universitario. En tal sentido, se hace necesario realizar un ejercicio de pilotaje, que dé cuenta de algunas limitaciones o alcances de tal propuesta de transformación de las prácticas de enseñanza.

1.4. MARCO DE ANTECEDENTES

1.4.1. Laboratorios duales

La enseñanza de las ciencias ha sido un tema de interés y de constante investigación por parte de educadores y especialistas en el campo; en tal sentido, la búsqueda constante de estrategias que impulsen y promuevan su aprendizaje ha permitido la creación de diversos recursos didácticos para tal fin. Tales recursos se han ido ajustando, modificando y transformando de acuerdo con las necesidades escolares y el contexto académico en el cual están inmersos los docentes y estudiantes.

En referencia a los recursos didácticos para la enseñanza de ciencias y haciendo énfasis en la química, se destacan las prácticas experimentales tanto presenciales como virtuales, siendo aquí pertinente mencionar que a causa de la pandemia Covid-19 se observó el incremento en el uso de herramientas tecnológicas (He21), además de una significativa disminución de espacios de laboratorio, dado el confinamiento.

Con base en la revisión bibliográfica realizada, se puede concluir que se encuentra un buen número de propuestas desarticuladas, bien sean formuladas bajo la modalidad presencial, con un buen número de variantes y otro tanto de propuestas hacia la implementación de laboratorios virtuales, pero que no se encontraron estudios que den

cuenta de una favorable y pertinente articulación de ambas miradas en el ámbito universitario en química, excluyendo la modalidad de aula invertida que en alguna medida se enfoca en el ámbito de la teoría más que en el del laboratorio.

En el 2020, Mojica, en su trabajo de grado dirigido por el profesor Jaime Casas de la Universidad Pedagógica Nacional, efectuó unos primeros acercamientos hacia la implementación de prácticas virtuales y “*duales*” sobre la temática de absorción atómica con estudiantes de la asignatura de Métodos de Análisis Químico II de la Universidad Pedagógica Nacional en la carrera de Licenciatura en Química. Sin embargo, dada la contingencia de la pandemia del año 2020 y la limitación en cuanto a la ejecución de prácticas de laboratorio presenciales, no fue posible el ajuste a laboratorios “*duales*” sino que, más bien, la investigación fue orientada al trabajo de laboratorio desde la modalidad de aula invertida (Mojica, 2020).

Como se insinuó en anteriores líneas, el avance en términos de implementación de las TICs en los procesos académicos ha centrado su atención en laboratorios netamente virtuales, como es el caso de Fiad y Galarza (2015), quienes a partir del uso de la simulación 3D “Laboratorio Virtual de Química General” (VCL), diseñado por la Brigham Young University y publicado por Prentice Hall, de la Editorial Pearson, 3ª edición de 2009 con ISBN:978-607-442-210-8, (Woodfield et al. 2009) citado por Fiad y Galarza (2015), se logró el desarrollo de una práctica experimental enfocada en la enseñanza del concepto de mol, simulando un laboratorio físico, con los equipos, instrumentos, reactivos, materiales, entre otros, que permitieron acercar al estudiante al espacio de un laboratorio real.

Teniendo en cuenta lo anterior y haciendo alusión a los procesos de enseñanza de la química experimental, es que se puede entender cómo surgen nuevas formas de concebir el espacio de laboratorio de química y cuál es esta nueva connotación en la formación de docentes en química a partir de la visión de un posible laboratorio “*dual*”, que pretende unificar y/o enlazar la infraestructura física, tecnológica y digital para la resignificación del laboratorio de química.

1.4.2. Aula Virtual

El modelo tradicional de enseñanza que actualmente es aceptado e implementado en las diferentes instituciones de formación académica ha estado en constante cuestionamiento en la medida en que no siempre garantiza un aprendizaje significativo en los estudiantes. Debido a esto, los docentes y especialistas en Educación buscan nuevas alternativas para impulsar y/o mejorar los procesos de enseñanza, como ocurrió en el año 2000, cuando Lage, Platt y Treglia introducen en término Classroom Flipped (Benítez et al., 2020), para referirse a método de enseñanza basado la autogestión de la información haciendo uso de herramientas tecnológicas. Sin embargo, fue hasta el 2007 cuando los pedagogos Jon y Aaron, empiezan a grabar sus lecciones químicas, mejorando los procesos de enseñanza de sus estudiantes y optimizando los tiempos en sus clases, ellos denominaron esta estrategia como *“la clase al revés”* (Bergeman, Sams, 2014) lo cual impulso el modelo de enseñanza conocido como aula invertida.

A partir de esa idea de aula invertida, muchos docentes optan por orientar sus clases desde esta modalidad; realizando una revisión bibliografía, se resaltan y se exponen algunas estrategias orientadas desde este modelo.

Teniendo en cuenta lo anterior, se resalta la estrategia para la enseñanza química orientada por autores como Luce, (2020) proponen una metodología basada en la grabación de múltiples videoconferencias organizadas en 11 unidades, en las cuales se abordaban temas como: elemento y compuestos, leyes de los gases, tipos de reacciones químicas, entre otros. Los estudiantes debían observar los videos antes de la clase, los cuales serían discutidos en clase, con el fin de profundizar en ellos, lo cual evidencio un mejor rendimiento por parte de los estudiantes.

Continuando con la revisión bibliografía, se encuentra la metodología de aula invertida permite optimizar los tiempos en el desarrollo de actividades experimentales y/o prácticas de laboratorio, como en el caso de Balverdi et al, (2020) que implementaron el modelo de aula invertida para determinar elementos trazas presentes en infusiones de hierbas medicinales, por el método de absorción atómica. Esta actividad se desarrolló en cuatro momentos, uno de ellos incluía la preparación del tema a partir de la lectura de

documentación previamente establecida y herramientas digitales (páginas web), con el fin de impulsar una preparación teórica y conceptualmente que posteriormente sería profundizada con la práctica experimental.

1.4.3. Museo de química

En términos de diseño de espacios interactivos en los que se fomente la divulgación científica y se fortalezcan los procesos de enseñanza–aprendizaje de los estudiantes en ciencias y específicamente en química, varias entidades académicas han construido recursos y/o herramientas en inmersión, las cuales le permiten al estudiante observar e interactuar con los recursos dispuestos para tal fin. De esta manera, surgen los museos de química, como una estrategia didáctica que aporta al proceso formativo de los estudiantes a partir de experiencias significativas. A continuación, se mencionan algunos de los museos que fueron diseñados para tal fin.

- **Museo de la ciencia de Valladolid:** diseñado en el 2011 por la Universidad de Valladolid y miembros de la Real Sociedad Española de Química (RSEQ). En este museo se crea un nuevo y permanente espacio denominado “la Química en escena” en la cual se presenta una tabla periódica tridimensional, un mostrador con objetos representativos de los elementos químicos de la tabla periódica y una aplicación informática para interactuar con el mostrador y la tabla periódica. Adicionalmente, cuenta con el panel “Química a pedales”, la exposición del CSIC “Entre moléculas”, y un módulo interactivo sobre fotoluminiscencia. (Bardají, Rodríguez,2012).
- **Museo Didáctico e Interactivo de Ciencias de la Vega Baja del Segura:** este museo se encuentra ubicado en la Universidad Miguel Hernández y está dirigido por la asociación "Hypatia de Alejandría". Este museo surge a partir de la conformación de una asociación denominada Hypatia de Alejandría, que se construye en el 2007 y cuenta inicialmente con 38 profesores, el objetivo de esta asociación es el diseño y la creación de un museo de ciencias para la comarca de la Vega Baja del Segura. El museo inicia su puesta en marcha en 2009 con la colaboración de 100 afiliados, el cual tiene como objetivo la divulgación y comprensión de la Ciencia. El museo

cuenta con tres salas, dos de ellas llamadas Charles Darwin, María Skrodowska, que se presentan en 30 módulos, 6 de los cuales se refieren a química y una tercera llamada Einstein, que se emplea para realizar talleres de ciencia recreativa, además cuenta con un jardín científico de entrada con un reloj de sol ecuatorial y analemático. (Nieves, Abellán, Carnicer, 2009)

Estos museos dejan en entrevisto que el ingenio, el esfuerzo y la dedicación son base fundamental para el diseño y la creación de espacios de formación académica y divulgación científica, esto teniendo en cuenta que la escuela cambia y se ajusta a las necesidades de la época, con nuevos retos escolares, con avances tecnológicos e informáticos.

Con base en lo recién formulado, la presente investigadora considera pertinente y necesario repensar el laboratorio de química, en concordancia con Casas y Guerrero (2023), haciendo uso de las nuevas tecnologías del siglo XXI, pero ajustándolas a las necesidades infraestructurales, tecnológicas y educativas del escenario universitario actual.

1.5. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo con las condiciones actuales de los laboratorios de química en la UPN y a las posibilidades de trabajo virtual y/o remoto en el ámbito del laboratorio, se formula la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuáles son las percepciones de una muestra intencionada de estudiantes de los programas de licenciatura en química y maestría en docencia de la química de la UPN con respecto a una posible reestructuración del escenario experimental, y qué prácticas de laboratorio se pueden presentar a modo de propuestas de ensayo o pilotaje de laboratorios *tri-componente* al interior del DQU?

1.6. OBJETIVOS

1.6.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar un estudio de percepciones a una muestra intencionada de estudiantes del programa de licenciatura en química del DQU sobre las posibilidades de transformación

de las prácticas de laboratorio desde la propuesta de *laboratorio tri-componente* y dar cuenta de algunos ejercicios de pilotaje en tal sentido.

1.6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Establecer el estado del arte sobre las modalidades del laboratorio de química en el ámbito universitario, incluyendo una propuesta, formulada por los profesores Jaime Casas y Liliana Guerrero, de laboratorios “*tri-componente*”, orientada desde la línea de investigación, interdisciplinariedad y contexto del DQU.
- ✓ Determinar las percepciones de una muestra intencionada de estudiantes del DQU para evaluar las posibilidades de una reformulación del trabajo experimental desde la propuesta de laboratorios “*tri-componente*”.
- ✓ Mostrar los resultados de algunas experiencias de laboratorio estructuradas desde la tríada: presencial, digital y remoto al interior del DQU.

2. CAPÍTULO 2. REFERENTES CONCEPTUALES

2.1. COMPONENTE DISCIPLINAR

2.1.1. Concepción de laboratorio de química en la formación de docentes

Desde el inicio del estudio químico en la edad antigua, la química era considerada una ciencia mística y sus métodos de investigación eran rudimentarios, en la cual se empleaban sustancias de la naturaleza para la producción de insumos acorde a la época: medicamentos, bebidas alcohólicas, instrumentos de trabajo, entre otros (Mulet, Hing, 2008). Por lo tanto, el componente experimental era netamente empírico, en el entendido

que surgió a partir de las necesidades de la comunidad y de la observación de los recursos disponibles en el entorno natural. Dichos avances empíricos continúan y dan pie al descubrimiento y/u observación detenida de algunas sustancias y/o recursos provenientes de la agricultura, la caza, la ganadería, la extracción, entre otros.

Para la época, los recursos naturales mencionados anteriormente eran concebidos desde una visión filosófica, lo que en buena medida favoreció el desarrollo del pensamiento lógico por encima del pensamiento experimental (Mulet, Hing, 2008). A pesar de ello, diferentes pensadores de la época incentivan la observación, el análisis y la explicación del comportamiento de las sustancias y sus transformaciones, a partir de métodos experimentales de carácter empírico, lo cual permitió iniciar con las primeras visiones del laboratorio de química desde una visión alquimista, que se encargaba de dar respuesta a cuestionamientos de cómo funciona el mundo, partiendo del experimento a la teoría.

Por otra parte, desde el siglo XIX, el laboratorio de química se convierte en un espacio empleado para enganchar a los estudiantes y motivarlos por el aprendizaje experimental en ciencias; todo ello a partir del desarrollo de habilidades y destrezas, enfocadas en dar respuesta a problemáticas propias del conocimiento científico (Hofstein, 2004). Desde la anterior argumentación es que se entiende cómo sé que los estudiantes y docentes asocian el laboratorio de química con el trabajo científico (Gil, Furio, Valdés, Salinas, Martínez, Guisasola, González, Dumas, Goffard, Pessoa, 1999) dado que el laboratorio de química proporciona espacios de investigación científica que permite que el estudiante produzca conocimiento científico.

En concordancia con lo anteriormente descrito, el laboratorio de química en la formación de docentes ha sido un espacio que permite el desarrollo del espíritu científico, proporcionando un ambiente para que los docentes en formación adquieran un panorama más amplio frente a los enfoques científicos sobre los fenómenos naturales (Barbera, Valdéz, 1996), con el previo establecimiento de objetivos y contenidos específicos a los niveles de enseñanza, a fin de construir y/o producir conocimiento en

ciencias (Imagen 1). Para ello, se requiere de la implementación de metodologías significativas en las cuales se relacione el conocimiento teórico-experimental, proporcionando actividades de observación, indagación e interpretación de fenómenos naturales desde el nivel macroscópico al nivel atómico.

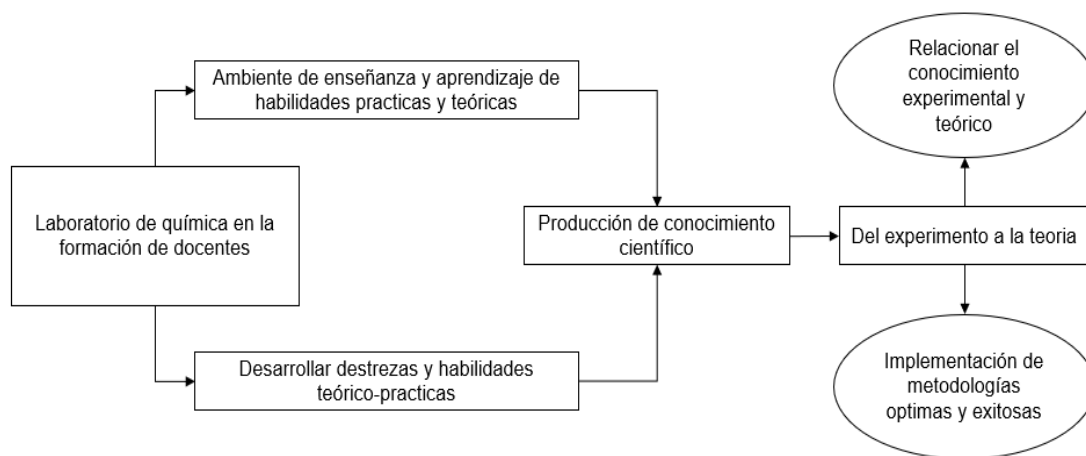


Imagen 1. Concepción de laboratorio de química en la formación de docente. Fuente propia

Por otra parte, haciendo referencia al ideal de laboratorio de química mencionado anteriormente, es importante identificar algunas limitaciones que se hacen evidentes en el desarrollo de actividades experimentales a nivel educativo. Entre ellas se destacan la dificultad para establecer objetivos claros de investigación experimental, el desarrollo de prácticas de laboratorio como ejercicio de motivación únicamente y no de investigación, así como el supuesto de que el estudiante asocia automáticamente la teoría con la práctica, la acción repetitiva de procedimientos y metodologías de investigación

2.1.2. Experimento científico

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), un experimento concebido desde el sentido científico hace alusión a la acción de manipular intencionada de una o más variables independientes, denominadas causas, a fin de observar, analizar e interpretar las consecuencias de dicha manipulación, es decir, los efectos consecuentes sobre una o más variables dependientes, dentro de una situación controlada la cual se pretende explicar.

Por otra parte, en el ámbito educativo, un experimento es un recurso didáctico que proporciona un ambiente de observación macroscópica de un fenómeno natural y permite fortalecer el razonamiento científico, con el fin de facilitar la comprensión de este en términos teórico-conceptuales, además de potencializar el desarrollo de destrezas y habilidades de interpretación y explicación.

Aquí es importante aclarar que el experimento debe ser orientado hacia el descubrimiento guiado y no únicamente la ejemplificación de la teoría (Rodríguez, Vargas, 2009), todo ello con el fin de proporcionar un espacio de participación cognitiva y favorecer el aprendizaje de ciencias.

Por otra parte, cabe acotar que, para implementar la experimentación en el aula de clase de manera asertiva y significativa en términos de aprendizaje, es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Establecer claramente los objetivos de la experimentación, teniendo en cuenta que variables se van a manipular, que se quiere observar y que se pretende explicar.
- Planificar una actividad experimental orientada hacia el razonamiento científico que implique una participación cognitiva.
- Evitar implementar el experimento como una demostración y/o ilustración de la teoría, si no proporcionar un ambiente de razonamiento por descubrimiento.
- Orientar y guiar al estudiante en cuanto al desarrollo de habilidades cognitivas y destrezas investigativas.

2.1.3. Prácticas de laboratorio

Para introducir la temática, conviene acotar que las prácticas de laboratorio como recurso educativo son estrategias didácticas que desarrollan habilidades y destrezas experimentales, que fortalecen procesos cognitivos asociados a la resolución de problemas, la indagación, la explicación de fenómenos, la construcción de conocimiento y además permite potenciar objetivos de investigación en el aula relacionada el

componente teórico-conceptual y procedimental propio de las ciencias (López, Tamayo, 2012).

En tal sentido, para docentes y estudiantes el trabajo práctico se asocia con el trabajo científico, por tanto, esto implica un desarrollo cognitivo del estudiante y la producción de conocimiento científico escolar; siempre y cuando la orientación sea acorde con los objetivos de enseñanza, el propósito sea claro y se enfoque desde un margen investigativo y no en el simple hecho de experimentar (Espinosa, González, Hernández, 2016).

Partiendo de lo anterior, las prácticas de laboratorio concebidas como recurso de aprendizaje, deben poner en manifiesto la forma como trabajan las comunidades científicas y cómo se construye el saber científico; involucrando elementos propios de las ciencias: conceptuales, teóricos, instrumentales y metodológicos (Espinosa, González, Hernández, 2016). Lo anterior a partir del planteamiento claro de objetivos de investigación, diseño de metodologías propias de la investigación en ciencias, recolección y análisis de datos, interpretación de observaciones, entre otros, lo cual pretende dar solución a una problemática sobre el comportamiento de la naturaleza, asociando aspectos teóricos y prácticos en contextos escolares.

Las prácticas de laboratorio, según Caamaño (1992,2003) y Perales (1994) Citado por Espinosa, González, Hernández (2006) se clasifican según varios criterios, de los cuales tomaremos dos: metodológicos y objetivos didácticos (Imagen 2)

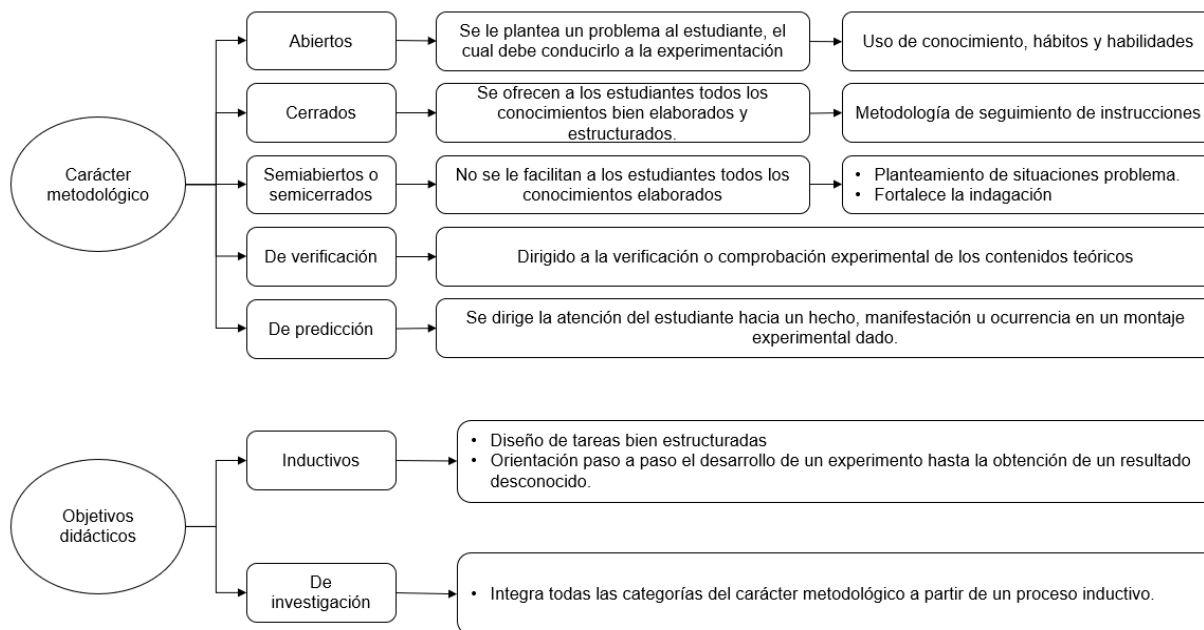


Imagen 2. Clasificación de las prácticas de laboratorio según Caamaño (1992, 2003) y Perales (1994). Citado de Espinosa, González, Hernández (2006)

2.1.4. Modelación y simulación como recurso didáctico

Entender el medio natural en términos fenomenológicos es el propósito fundamental de la enseñanza de ciencias, que a su vez se orienta hacia el desarrollo de habilidades y destrezas que posibiliten la comprensión del mundo macroscópico a partir de la interpretación de diversas representaciones simbólicas, que le permitan al estudiante establecer relaciones conceptuales entre un fenómeno natural y su representación.

Haciendo alusión a las representaciones simbólicas atribuidas a un fenómeno desde el ámbito químico, se sugiere que para explicar el comportamiento de las sustancias en cuanto a las interacciones atómicas, nano y microscópicas se implementen modelos científicos que según Galagovsky y Adúriz (2001) son construcciones abstractas, simplificadas, analógicas y reestructuradas que son diseñadas por una comunidad

científica para representar aspectos de la realidad teniendo en cuenta los niveles de abstracción y complejidad.

Entendiendo el modelo científico como una representación de una porción de la naturaleza y teniendo en cuenta la concepción que se le puede atribuir a dichos modelos en términos de intencionalidad y aplicabilidad. De este modo, Gallego et al, 2006 los clasifica en cuatro categorías: icónicos o gráficos, analógicos y simbólicos (Imagen 3).

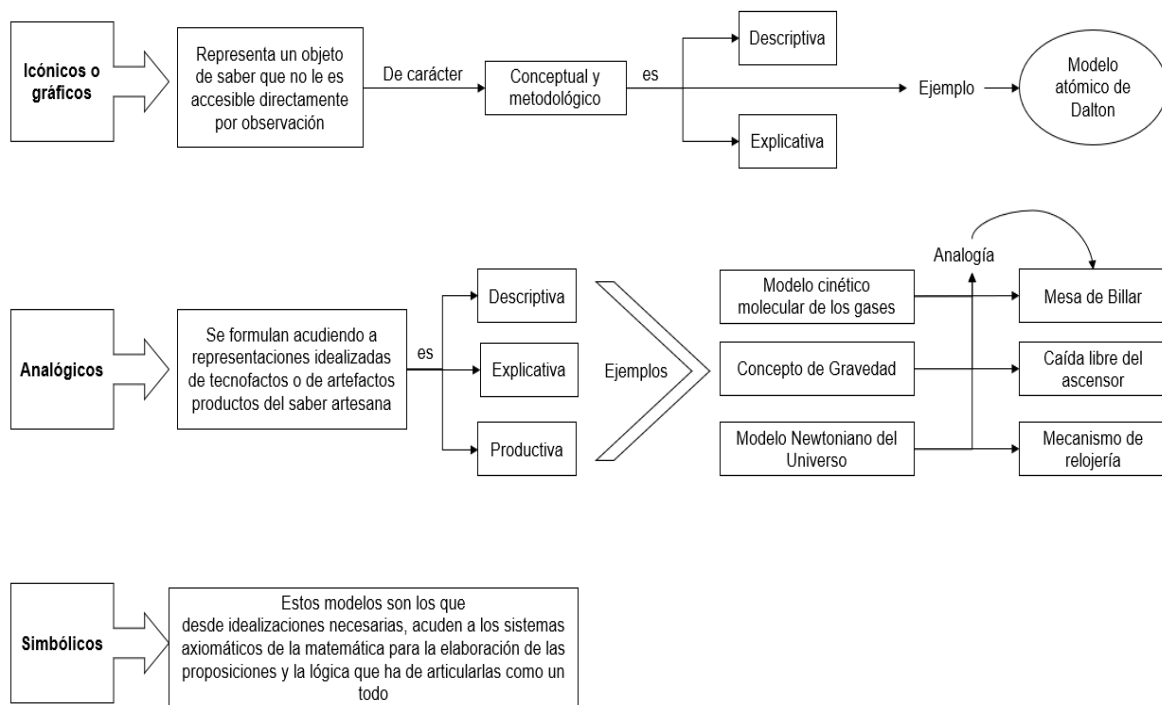


Imagen 3. Tipos de modelos científicos. Tomado y adaptado de Gallego, Gallego y Pérez. (2006).

2.1.5. Simulaciones

El siglo XXI, mediado por las nuevas generaciones de ‘nativos digitales’ que están inmersos en la era tecnológica, obliga al sector educativo a buscar e implementar estrategias que permitan incluir el componente digital dentro de sus prácticas pedagógicas y orientar los procesos de enseñanza - aprendizaje desde este modelo de

enseñanza. Sin perder la estructura científica del saber químico, así como también evitar reduccionismos en cuanto a los contenidos de enseñanza y habilidades en desarrollo.

Tomando como referencia lo mencionado anteriormente, las simulaciones digitales, como herramientas para la enseñanza experimental, permiten modelar, representar, analizar fenómenos naturales, interacciones moleculares, comportamientos subatómicos, entre otros; a partir de patrones matemáticos ejecutados por un sistema computacional que pretende simular un procedimiento similar a un laboratorio convencional (González, 2020) y ofrece una visualización de materiales, equipos, reactantes, instrumentos, interacciones químicas, etc.

Complementando lo anteriormente expuesto, las simulaciones interactivas permiten que el estudiante interactúe con los elementos, los manipule y los transforme de acuerdo con la intencionalidad de la práctica experimental, pero a su vez que pueda modificar variables, plantear problemas, aplicar el conocimiento teórico y obtener resultados. Estos ambientes de aprendizaje a partir de interfaces interactivas como recurso didáctico permiten desarrollar habilidades cognitivas y destrezas prácticas, ampliando el panorama del problema de estudio (infante, 2014).

Cabe resaltar que, para el diseño de estas simulaciones, herramientas conocidas como *applets* son de gran utilidad para la creación de material significativo; los *applets* son aplicaciones de Java que se ejecutan dentro de un navegador web y emplean un lenguaje computacional. En estas aplicaciones la ejecución es independiente del sistema operativo, es decir, que se encuentran ligados en una página web (Infante, 2004). De manera que el diseño, creación y uso de *applets* le permite al estudiante simular las condiciones de un laboratorio, interactuar con un fenómeno simulando la realidad.

2.1.6. Laboratorio virtual

La idea de laboratorio virtual se concibe dada la falta de ambientes e insumos experimentales en ambientes escolares y universitarios. En este orden de ideas,

pensando en las necesidades que se evidencian en entornos académicos, tecnológicos, investigativos, sociales y económicos de las instituciones de formación y/o especialización química (Marín, Marín, C, Ospina, 2017) se proponen estrategias que impliquen la inmersión tecnológica a los espacios de experimentación e investigación científica, con el fin de proporcionar un espacio de simulación interactiva; dicha simulación se construye a partir de herramientas digitales, es decir, software especializados para tal fin, los cuales son diseñados con la intención de brindar un ambiente virtual, en la cual el estudiante logre observar, analizar, interpretar, comprender y explicar el comportamiento químico de las sustancias y sus transformaciones a nivel molecular, empleando el lenguaje simbólico y representacional de la química, a partir del uso de herramientas digitales y/o virtuales.

Según la UNESCO (2000) un laboratorio virtual es *“un espacio electrónico de trabajo concebido para la colaboración y la experimentación a distancia con objeto de investigar o realizar otras actividades creativas, y elaborar y difundir resultados mediante tecnologías difundidas de información y comunicación”* pág. 3. que actúan como una extensión de los laboratorios presenciales y fomentan el desarrollo de destrezas y habilidades cognitivas.

Teniendo en cuenta lo anterior, un laboratorio virtual actúa como un modelo de abstracción que construye una simulación de la realidad de un laboratorio, en el cual se emplean patrones codificados por el procesador de un ordenador (Sanz, Martínez, 2005) con el fin de modelar fenómenos en diferentes tipos de complejidad académica: escolar, universitaria e investigativa. Además, un laboratorio virtual permite brindar espacios de indagación experimental cumpliendo dos funciones: la función pedagógica que se describe en la Imagen 4 y la función de predicción que se describe en la Imagen 5.

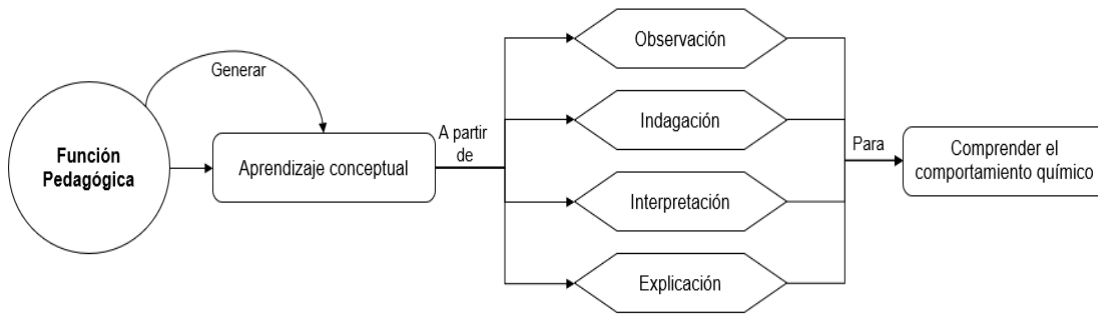


Imagen 4. Función pedagógica de las simulaciones virtuales. Tomado y adaptado de Sanz, Martínez. (2005).

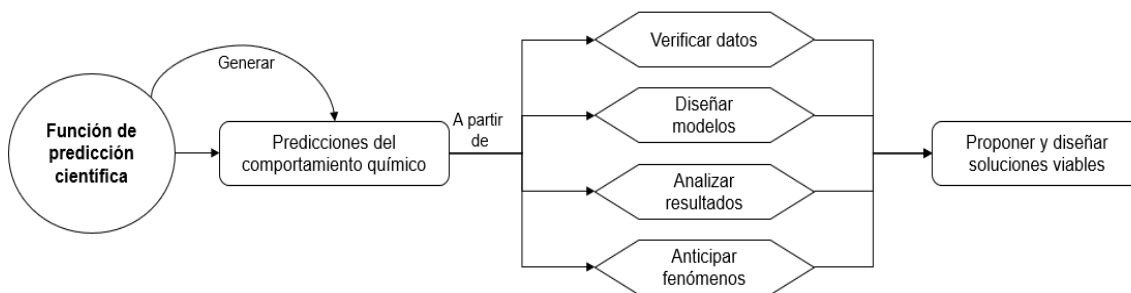


Imagen 5. Función de predicción de las simulaciones virtuales. Tomado y adaptado de Sanz, Martínez. (2005).

Por su parte, para construir un ambiente virtual que modele el lenguaje simbólico y representacional de la química a partir de simulaciones, es necesario elaborar algoritmos, es decir, una secuencia de pasos computacionales para transformar un estado inicial y/o valor de entrada a un valor de salida, lo cual se refiere a una solución para la problemática planteada en la simulación. Por lo tanto, un algoritmo puede ser visto como una herramienta que permite solucionar problemas computacionales específicos (Cormen, Leiserson, Rivest, Stein. 2009). Posteriormente, se deben convertir dichos algoritmos en un lenguaje computacional que sea comprendido por el ordenador y de esa manera diseñar un ambiente virtual de comunicación “estudiante a equipo”.

2.2. COMPONENTE DIDÁCTICO

2.2.1. Aula invertida

La enseñanza y el aprendizaje han sido tema de investigación continua, constante y cuestionable, la necesidad de encontrar la manera de que los estudiantes aprendan ha permitido la construcción de diversos recursos didácticos para tal fin. Sin embargo, el sistema educativo actual aún continúa enfocando sus esfuerzos en la enseñanza acumulativa de contenidos conceptuales y procedimentales, tales como memorizar información, datos específicos y posteriormente expulsarlos (Salazar, 2019) sin establecer una conexión y/o vincular el conocimiento.

En consecuencia, a lo anterior, surge el modelo de enseñanza *Flipped Classroom* como una herramienta de aprendizaje, en la cual los estudiantes deben indagar antes del encuentro con el docente en el aula de clase. Esto con el fin de generar un ambiente de enseñanza - aprendizaje bidireccional, que le permite al docente evidenciar las estructuras cognitivas que construye el estudiante, aportar y corregir falencias de manera focalizada (Salazar, 2019). Generando de esta manera una comunicación y/o interacción asertiva entre el docente - estudiante - contenido.

Desde lo recién expuesto, el aula invertida aplicada a los ambientes de aprendizaje experimental permitirá que el estudiante aplique el conocimiento adquirido a los espacios de experimentación, desarrollando habilidades investigativas, dado que cuenta con una base conceptual y procedimental con la cual irá construyendo nuevos conocimientos o complementando el que ya fue adquirido previamente. Así, el estudiante centra su atención en el desarrollo experimental y el docente guía, orienta, gestiona y supervisa el proceso de aprendizaje del estudiante (Collado, Gelado, 2019). Así, este modo de aprendizaje optimiza los tiempos, evitando que el docente se centre en la explicación teórica y procedimental de la práctica experimental, y en su defecto proporciona espacios de diálogo constructivo en torno a los resultados.

2.2.2. Estilos de enseñanza en el laboratorio de química

Los contextos educativos, la formación docente, y los desafíos en los procesos de enseñanza han sido la base para el surgimiento de nuevas formas de concebir la educación, en las cuales el docente no sea únicamente un facilitador de información, sino un facilitador del aprendizaje significativo a partir de estrategias eficaces orientadas desde ámbitos pedagógicos, didácticos y disciplinares (Laudadío, Da Dalt, 2014). En este sentido, los modos de enseñanza, conocidos como estilos de enseñanza, surgen a partir de la búsqueda de estrategias eficaces y buenas prácticas educativas.

Según Grasha (1994) citado por Laudadío, Da Dalt (2014), los estilos de enseñanza de los docentes son determinados por tres factores:

- **Las capacidades de los estudiantes:** conocimientos previos, iniciativa, motivación, autonomía, responsabilidad, etc.
- **Las necesidades del docente respecto al control de la clase:** organización, presentación de metas por alcanzar, seguimiento del progreso de los estudiantes, evaluación del nivel de rendimiento, etc.
- **La capacidad del profesor para construir y mantener una relación educativa:** comunicación bidireccional, escucha atenta, habilidades de comunicación interpersonal.

Haciendo énfasis en los factores mencionados anteriormente y relacionándolos con el aspecto experimental, la búsqueda de prácticas experimentales que favorezcan el desarrollo de habilidades de pensamiento y destrezas dependen del contexto escolar; actitud del estudiante, recursos académicos, disposición y motivación para el desarrollo del pensamiento científico, así como también las capacidades cognitivas del estudiante, las capacidades y necesidades del docente en términos de control, comunicación, organización, entre otros. En la Tabla 1 se ilustran algunos de los enfoques o estilos de enseñanza del laboratorio citados por Flores et Al. 2009.

Tabla 1. Estilos de enseñanza en el laboratorio.

Autor(es)	Estilo o tipo de laboratorio	Implicación en el desarrollo de prácticas experimentales
Domin (1999)	Estilo expositivo	Modelo tradicional o verificativo: se usa un manual u hojas sueltas con un procedimiento tipo “receta de cocina” y resultados predeterminados
	Estilo por descubrimiento	El procedimiento es dado al estudiante y el resultado es predeterminado.
	Estilo indagativo	Permite al estudiante generar el procedimiento y encontrar un resultado indeterminado.
	Estilo de resolución de problemas	El estudiante genera el procedimiento y el resultado del trabajo es predeterminado.
Moreira y Levandowski (1983)	El laboratorio programado	Es altamente estructurado.
	El laboratorio con énfasis en la estructura del experimento	Se centra en el diseño de experimentos.
	El laboratorio con enfoque epistemológico	Se basa en el uso heurístico de la V de Gowin para la resolución de problemas
Kirschner (1992)	El laboratorio formal o académico	Es el laboratorio tradicional, estructurado, convergente o tipo “receta de cocina”, verificativo.
	El laboratorio experimental	Es abierto, inductivo, orientado al descubrimiento, con proyecto no estructurado, se aborda un problema que rete al estudiante y que sea resoluble dentro de las

		posibilidades materiales del laboratorio.
	El laboratorio divergente	Es una fusión entre el laboratorio académico y el experimental; se maneja una información básica general para todos los estudiantes y el resto se deja de manera abierta con varias posibilidades de solución.

Tomado de Flores et al. 2009.

2.2.3. Museo de química



La búsqueda de estrategias de enseñanza - aprendizaje que permitan fortalecer el conocimiento en química promueve la búsqueda y el diseño de diferentes recursos didácticos, como los museos de química; espacios de observación e interacción directa a partir de actividades diseñadas para tal fin. La visita a estos museos diseñados para la divulgación científica desde aspectos históricos, tecnológicos y científicos, generan un espacio de inmersión que aportan a la construcción del conocimiento químico a partir de experiencias significativas en los estudiantes. No obstante, la idea de crear un museo en química debe ser orientada desde las necesidades didácticas y el contexto escolar, teniendo en cuenta algunos de los siguientes aspectos citados por Martínez (2020).


- Disponer en los museos de documentación accesible, la cual puede ser plasmada en carteleras informativas de los materiales expuestos.
- Tener en cuenta aspectos históricos con el fin de ampliar el panorama de la actividad científica. Y aspectos descriptivos, para aportar a la comprensión de los materiales expuestos.
- Actividades interactivas de divulgación científica, que involucren al estudiante durante la visita al museo, con el fin de generar una experiencia de aprendizaje significativa.

Haciendo referencia a las actividades de divulgación científica, Nieves, Abellan, Carnicer (2009) proponen actividades como: conferencias, exposiciones, observaciones, talleres de construcción, talleres de ciencia creativa, entre otros. Por otro lado, algunos de los

temas que se pueden abordar en un museo de química se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 2. Recopilación de algunos museos de química

Cita	Tema	Museo	Imagen
Bardaji, Rodríguez, (2012)	Tabla periódica de los elementos en 3D	El Museo de la Ciencia de Valladolid	 <p><i>Visión general de la tabla periódica de los elementos interactivos.</i></p>
Martínez, (2020)	Elementos químicos relacionados con el ferrocarril (especialmente metales)	Museo ferroviario (Madrid, ubicado en el Paseo de las Delicias).	 <p><i>Bomba portátil. En ella hay cobre (metal puro y aleaciones), hierro (forjado y acero) y polímeros (madera). Foto: JAMP 02/05/2018</i></p>

<p>Nieves, Abellán, Carnicer (2009)</p>	<ul style="list-style-type: none">• Reacciones químicas• Disoluciones• electroquímica <p>síntesis de compuestos químicos.</p>	<p>Museo Didáctico e Interactivo de Ciencias de la Vega Baja del Segura</p>	 <p><i>Máquina para dosificar la adición de cloruro de litio y agua</i></p>
---	---	---	--

3. CAPÍTULO 3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

A fin de proponer una posible solución a la problemática relacionada con la necesidad de replantear y reestructurar el escenario de laboratorio y sus prácticas de enseñanza conexas, pero teniendo en cuenta el contexto educativo, social, tecnológico y económico de la UPN, se propuso realizar un estudio de percepciones de una muestra intencionada de estudiantes de los programas de licenciatura en química del Departamento de Química de la UPN, con respecto a las posibilidades de transformación de las prácticas de laboratorio, desde la propuesta de *laboratorio tri-componente* y adicionalmente mostrar los resultados de algunas prácticas de laboratorio que se desarrollaron a partir de la propuesta de *laboratorio tri-componente*.

En la dirección recién planteada, se aplicó una investigación mixta, cualitativa, en tanto que se pretendía conocer la percepción de algunos estudiantes respecto a la propuesta, además de presentar los resultados de algunas prácticas de laboratorio desarrolladas en espacios académicos como: énfasis didáctico I y II, teorías químicas III y métodos de análisis químico II, a partir de la propuesta anteriormente descrita. La aproximación cuantitativa tuvo en cuenta una serie de índices y coeficientes, además de diagramas de barras que dan cuenta de categorías y de tendencias en las respuestas del grupo objetivo.

Desde el enfoque cualitativo, se tuvieron en cuenta las observaciones, respecto a percepciones de los estudiantes del DQU, que develan una serie de significados relacionados con la viabilidad de la propuesta de reformulación y reestructuración de los laboratorios de química en su conjunto, mayormente para profesores en formación o profesores en ejercicio, que permitirían generar una serie de conclusiones válidas (Dávila, 2006), a partir de la implementación de diversas herramientas para recolectar datos particulares y hacer generalizaciones acordes con el objeto de estudio.

Para orientar la metodología se tuvieron en cuenta cuatro fases, en concordancia con Monje (2011): preparatoria, trabajo de campo, analítica e informativa.

3.2. POBLACIÓN

El estudio de percepciones se implementó con estudiantes del programa de licenciatura en química, inscritos en los espacios académicos: Teorías Químicas III y Métodos de Análisis Químico II, espacios académicos orientados por el profesor Jaime Casas. Adicionalmente, se mostrarán algunas prácticas de laboratorio que se realizaron en estos espacios académicos bajo la modalidad de laboratorio *tri-componente* y además, se incluirán algunas prácticas de laboratorio que se desarrollaron en el espacio académico: énfasis didáctico II *Tópicos didácticos: Una mirada dual al laboratorio de química instrumental* (semestre 2023-I), en los que los tres espacios académicos corresponden al programa de Licenciatura Química de la Universidad Pedagógica Nacional.

La muestra para el análisis de percepciones estuvo conformada por 33 estudiantes de pregrado, distribuidos, según se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 3. Participantes de la encuesta de percepción.

ESTAMENTO	ESPACIO ACADÉMICO	N° participantes
ESTUDIANTES DE PREGRADO	TEORÍAS QUÍMICAS III (2° 2023)	11
	MÉTODOS DE ANÁLISIS QUÍMICO II (2° 2023)	22

A continuación, se detallan las fases que se llevaron a cabo y sus respectivas etapas se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4. Fases y etapas del proyecto de investigación.

FASES	ETAPAS	
Preparatoria	<p>Etapa reflexiva</p>	<p>En esta primera etapa se estableció el tópic de interés, a partir de una revisión de la concepción actual sobre las concepciones del laboratorio de química (estado del arte), teniendo en cuenta los retos educativos de la actualidad. En esta etapa se realiza un análisis reflexivo a la práctica educativa relacionada con la enseñanza experimental e investigación química en la formación de docentes, uso de herramientas tecnológicas en el desarrollo de prácticas experimentales en química, normatividad del ministerio de educación en Colombia respecto a las normativas para seguridad en los laboratorios de química y finalmente, se tuvieron en cuenta los requerimientos e insumos para implementar laboratorios <i>tri-componente</i> en los procesos educativos, al interior del DQU.</p>
	<p>Etapa de diseño</p>	<p>En esta etapa se realizó la planeación y organización de la investigación, se plantearon los objetivos que orientaron la investigación, la población a la que estuvo dirigida la investigación, el diseño de los instrumentos para la recolección de datos, que se soportó en un instrumento previo: <i>Encuesta de percepción sobre el constructo "laboratorio de química"</i>, que tuvo en cuenta cinco categorías deductivas:</p>

		<ol style="list-style-type: none"> 1. Tradición de los laboratorios presenciales en el DQU. 2. Posibilidades de ampliación de la concepción del laboratorio en el DQU. 3. <i>Deber ser</i> del laboratorio al interior del DQU. 4. Diferenciación de laboratorios para profesiones docentes/no docentes. 5. Laboratorios tri-componente (presencial, digital y remoto). <p>Este instrumento previo fue aplicado a seis estamentos del DQU, divididos en los segmentos: estudiantes, profesores, directivos, egresados de la licenciatura en química/maestría en docencia de la química, profesionales del laboratorio, profesionales de apoyo en sistemas.</p> <p>A partir del instrumento recién mencionado, que fue validado mediante juicio de expertos (Casas y Guerrero, 2023), fue estructurado un segundo instrumento:</p> <p>Encuesta-Proyecto de reestructuración de los laboratorios del DQU, que fue formulado desde cuatro categorías deductivas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Posibilidades de ampliación de la concepción del laboratorio en el DQU. 2. <i>Deber ser</i> del laboratorio en el DQU. 3. Diferenciación de laboratorios para profesiones docentes/no docentes / laboratorios tri-componente (presencial/digital/remoto)
--	--	--

		<p>4. Infraestructura más apropiada</p> <p>El instrumento fue aplicado a dos grupos de estudiantes, como fue detallado líneas atrás.</p>
	<p>Validación de instrumentos</p>	<p>No fue necesario validar el instrumento aplicado, en virtud a que empleó un instrumento ya validado, con solo una categoría nueva (infraestructura más apropiada), además que fue omitida una categoría del instrumento previo, y se trabajó con solo una categoría emergente del instrumento previo, que integró las categorías: DIF (necesaria diferenciación de laboratorios para profesionales docentes/no docentes) y TRIC (laboratorios tri-componente, que integran una, dos o tres aproximaciones: presencial, digital <simulaciones, modelaciones, laboratorios virtuales, realidad aumentada, realidad mixta> y laboratorios remotos.</p> <p>Es necesario aquí hacer referencia al hecho de que el instrumento previo fue validado por juicio de expertos, a partir de una rúbrica elaborada y entregada a los mismos para tal fin.</p> <p>La rúbrica mencionada fue dividida en cuatro categorías: claridad, coherencia, relevancia y suficiencia (Anexo 1. Pág 96)</p>
<p>Trabajo de campo</p>	<p>Campo</p>	<p>En esta etapa se realizó una serie de intervenciones con varios grupos de estudiantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Un grupo de énfasis Didáctico II (2023-1) del Programa de Licenciatura en Química de la UPN con el que se aplicaron instrumentos diseñados en la fase preparatoria, con miras

		<p>a recolectar información relevante sobre la percepción del <i>laboratorio de química</i> en el DQU y la viabilidad de su transformación sustantiva a mediano plazo.</p> <p>Con este grupo objetivo se orientó una práctica de laboratorio, que fue estructurada para laboratorio presencial y para laboratorio remoto, que consistía en un ejercicio de simulación de la remoción de cromo hexavalente de una muestra falseada de agua residual del proceso de curtiembre.</p> <p>b) Un grupo de Teorías Químicas III, con el que se desarrolló una práctica presencial y un laboratorio virtual, ambos orientados desde la reacción entre el peróxido de hidrógeno y el yoduro de potasio, en medio ácido.</p> <p>Para el laboratorio virtual se empleó el aplicativo ChemLab ® de versión libre, que emplea un medio fuertemente ácido, con la intencionalidad de encontrar la ecuación de velocidad y la constante de velocidad, de pseudo-orden 0 para el protón, y para el laboratorio presencial, se estructuró una práctica de laboratorio, desde una guía de laboratorio y un plan de práctica, que se fundamentaron en la misma reacción, pero con un buffer de pH aproximado a 5,0, con la misma intencionalidad de encontrar la ecuación de velocidad y la constante específica de velocidad.</p>
--	--	---

		<p>c) Un grupo de Métodos de Análisis Químico II, con el que se desarrolló una práctica presencial denominada <i>cinco fotometrías</i>, que ilustraban el análisis cuantitativo por espectrofotometría UV/VIS de analitos presentes en muestras diversas, que fue orientado a modo de laboratorio presencial y laboratorio remoto, pero que no excluía el trabajo de modelación o simulación.</p> <p>d) Con los grupos de Teorías Químicas III (2023-2) y de Métodos de Análisis Químico II (2023-2) fue aplicado el instrumento tipo encuesta: <i>Proyecto de reestructuración de los laboratorios del DQU</i>.</p>
	<p>Recogida productiva de datos</p>	<p>Posterior al acceso al campo, se realizó la recolección de datos, teniendo en cuenta dos criterios: suficiencia y adecuación de datos, en la que la primera hace referencia a la saturación informativa, es decir, cuando la cantidad de datos recogidos no suministra información relevante para la investigación y la adecuación se refiere a la selección de información de acuerdo con las necesidades (Monje, 2011).</p> <p>Para el estudio de percepciones, se aplicó la metodología POSAC, que acude al estudio de escalogramas de orden parcial, que dan cuenta de las tendencias más marcadas presentadas por los participantes, en las categorías deductivas, y permitió la formación de <i>clústers</i> más pertinentes y</p>

		descriptores de la población objetivo.
Analítica	Obtención de resultados y verificación de conclusiones	<p>Se realizó una evaluación de percepciones sobre la viabilidad de una posible reestructuración de los laboratorios de química al interior del DQU, desde la mirada de los estudiantes de tercero (Ciclo de Fundamentación) y séptimo semestre (ciclo de profundización), evidenciadas desde los resultados analizados desde una escala ordinal (la escala Likert), interpretadas desde el escalograma general y el escalograma por facetas o categorías, para cada uno de los segmentos evaluados.</p> <p>Con respecto a los ejercicios de implementación de laboratorios tri-componente, se muestran los resultados obtenidos por cada grupo, a modo de evidencia de una real implementación de la presente propuesta de reestructuración de los laboratorios de química en el programa de Licenciatura en Química de la UPN.</p>
Informativa	Elaboración de informe	El proceso de investigación culmina con la presentación y difusión de los resultados obtenidos.

Tomado y adaptado de Monje (2011)

4. CAPÍTULO 4. ANÁLISIS Y RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos en la investigación, los cuales se organizaron teniendo en cuenta las cuatro fases metodológicas y sus respectivas etapas, las cuales fueron descritas anteriormente y que darán cuenta de los objetivos formulados, con el fin de dar respuesta a la pregunta de investigación; en tal sentido, a continuación, se describen los resultados obtenidos.

4.1. FASE PREPARATORIA

4.1.1. Etapa reflexiva:

En esta etapa se realizó un análisis reflexivo respecto a la concepción de laboratorio de química en ámbitos educativos, en el cual se tuvieron en cuenta los siguientes documentos:

- 4.1.1.1. Normatividad del Ministerio de Educación Nacional sobre las *“orientaciones para la construcción o ajuste en los establecimientos educativos del manual de normas de seguridad en los laboratorios de química y de física”* (MINEDUCACIÓN, 2015). En este Manual se presenta información relevante respecto a las normas de trabajo en laboratorios, recomendaciones relacionadas con la infraestructura, equipos e implementos de un laboratorio, orientación sobre el uso de sustancias y reactivos químicos, entre otros.

Haciendo énfasis en el aporte teórico-experimental de las prácticas de laboratorio, que pueden favorecer y promover el aprendizaje en química, el Ministerio de Educación establece criterios de seguridad, orientación y regulación en los establecimientos educativos para su desarrollo, a fin de afianzar el conocimiento científico. No obstante, en los laboratorios de química se podrían utilizar sustancias químicas nocivas para la salud y el ambiente, por tanto, el control para su uso, almacenamiento y disposición ha sido un factor limitante en el desarrollo de algunas prácticas de laboratorio y, debido a ello, el Ministerio ha prohibido el uso de algunas sustancias químicas en el ámbito académico.

Por otra parte, la infraestructura de un laboratorio convencional implica un esfuerzo para adecuar los espacios académicos en cuanto a condiciones físicas, ventilación, iluminación, instalaciones eléctricas, entre otros. Es por esta razón que los laboratorios tri-componente podrían llegar a favorecer el desarrollo de prácticas de laboratorio en diversos espacios, haciendo uso de herramientas digitales que permiten simular experiencias, observar fenómenos y analizar reacciones químicas sin limitantes en cuanto al uso de sustancias de alta peligrosidad, de difícil consecución, de manejo complicado o de alto costo.

- 4.1.1.2.** Documento: TIC actualizados para la nueva docencia universitaria (Durán. M, Durán. V., 2018), el cual pone de manifiesto la importancia de renovar la educación en términos de atracción, innovación y aplicación de herramientas digitales en la enseñanza, lo que se torna relevante en términos de la pertinencia de nuevas propuestas para la enseñanza superior.

En concordancia con lo recién mencionado, cabe afirmar que los avances tecnológicos en el siglo XXI nos han demostrado que estamos atravesando una era digital, que nos ha obligado a aprender a usar herramientas tecnológicas en diferentes ámbitos de nuestras vidas, entre ellos en la educación escolar y universitaria. En esta misma dirección, se hace inminente reflexionar sobre la importancia de realizar una renovación pedagógica que permita un acercamiento de las TICs a espacios académicos teórico-prácticos, que pueden abarcar recursos o alternativas digitales, entre las que se pueden referenciar las presentadas en la siguiente tabla.

Tabla 5. Recursos digitales y su implicación didáctica

Recurso digital	Descripción y alcance
Sakai / Moodle	Herramientas digitales que se emplean para orientar y desarrollar clases en modalidad virtual, mediante comunicación e intercambio de información en distintos tiempos y lugares. Permitiendo así, un espacio de aprendizaje a distancia en el cual la barrera espacio temporal deja de existir (Boada, 2018).
Realidad virtual	Es una tecnología informática inmersiva que permite a los usuarios sumergirse en un entorno digital tridimensional que simula una experiencia sensorial y perceptual similar a la realidad (Bonilla, 2018) Entre ellos se resalta Chemistry VR; una experiencia diseñada para interactuar con diferentes elementos químicos y combinarlos entre sí para obtener un resultado deseado.
Realidad aumentada	<p>Es un sistema informático que permite visualizar elementos del mundo real con elementos virtuales, con el fin de simular y/o representar la realidad en tres dimensiones. (Moreno, Leiva 2018). De esta manera, la realidad aumentada permite incorporar en las prácticas de laboratorio objetos en 3D haciendo uso de diversos dispositivos tecnológicos, con el fin de complementar, reforzar, potenciar, amplificar y enriquecer escenarios que son inaccesibles en el contexto real de un laboratorio, teniendo en cuenta limitantes como falta de reactivos químicos, equipos especializados, espacios de laboratorio, entre otros.</p> <p>En la actualidad se emplean diferentes aplicaciones, programas para pc y plataformas web para realizar marcadores y diseños 3D que permiten visualizar e interactuar en un aula de clase.</p>

Wiki	Es un sitio web colaborativo que permite a los usuarios crear y editar contenido de manera colectiva y constante a fin de contribuir en la construcción de conocimiento, a partir de una visión de la educación como un proceso de socio construcción, que permite desarrollar habilidades comunicativas, sociales y personales (Casas, 2018).
Flipped Classroom	Metodología pedagógica que invierte la dinámica de una clase convencional, es decir, que el docente prepara material de apoyo para el estudiante haciendo uso de herramientas digitales con el fin de fortalecer el trabajo autónomo y potenciar el desarrollo de procesos cognitivos de orden inferior (recordar, comprender y aplicar) y de orden superior (analizar, evaluar y crear) según la taxonomía de Bloom (Fernández, 2018).
Inteligencia artificial	La inteligencia artificial (IA) es una disciplina de la computación que busca simular las capacidades cognitivas del cerebro humano combinando disciplinas como matemáticas, informática, psicología entre otras, para crear algoritmos y modelos para procesar datos (Ocaña, Valenzuela, Garro, 2019). La IA proporciona un apoyo a los procesos de enseñanza, dado que implementa sistemas de IA como simuladores, programas tutoriales y softwares interactivos para que el aprendizaje de la química sea efectivo.
Laboratorios con acceso remoto	El acceso remoto hace referencia a la capacidad de conectarse a una computadora, red o sistema informático desde un lugar diferente, lo cual permite a los estudiantes interactuar con un ambiente simulado y acceder a sus recursos como si estuvieran presentes en el lugar donde se encuentra la computadora o la red (Herrera, Triana, Mesa, 2020). De modo que, un laboratorio remoto permite interactuar con equipos reales utilizando un acceso remoto desde un computador o un servidor localizado en un laboratorio físico sin restricciones de tiempo ni espacio (Ariza, Amaya, 2008)

Laboratorio Virtual de Experimentación Química.	Es un espacio virtual diseñado para el desarrollo de prácticas experimentales en química a partir de software especializados que simula experiencias prácticas de manera interactiva. Un ejemplo de esta modalidad es el laboratorio virtual de experimentación química diseñado por la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) que consta de tres edificios: laboratorio general, módulo de preparación y módulo de instrumentación. En cada edificio el estudiante interactúa con los materiales, reactivos, equipos instrumentales, entre otros (Imagen 6). Lo cual le permite al estudiante tener un acercamiento al trabajo experimental de forma interactiva sin requerir equipos especializados de elevados costos. (García, Torralba, 2018).
---	---

Tomado y adaptado de Moreno y Leiva, 2018

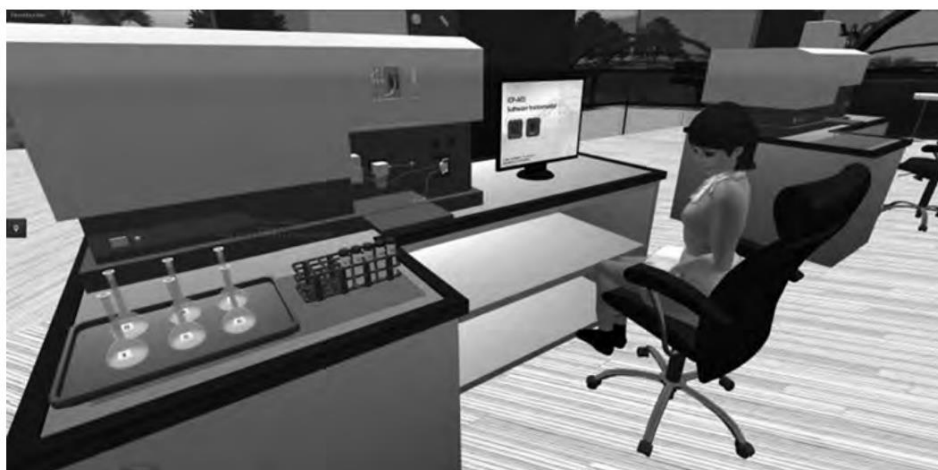


Imagen 6. Detalle de uno de los avatares y puestos de trabajo de la UPM. Tomado de García, Torralba, 2018.

Para explicitar las acciones relacionadas con el marco metodológico, se explican con algún detalle, las etapas que permitieron dar cuenta de los objetivos planteados inicialmente.

4.1.2. Etapa de diseño y validación de instrumentos

En esta etapa se diseñó una encuesta, que tuvo como propósito conocer la percepción de diversos estamentos del DQU sobre el laboratorio de química y sus respectivas prácticas de enseñanza, así como sobre la posibilidad de ampliar sus concepciones o posibilidades.

i. Encuesta de percepciones de una muestra de estudiantes de los dos ciclos: fundamentación y profundización (Anexo 2. Pág. 96)

Esta encuesta se diseñó a partir de la encuesta base sobre la concepción del *laboratorio de química* en términos de tradición, ampliación, implicación en la formación de docentes, diferenciación e implementación de herramientas tecnológicas, al interior del DQU de la UPN. Las preguntas diseñadas en la encuesta base se clasificaron en cinco grandes categorías:

1. [TRA] Tradición de los laboratorios presenciales en el DQU.
2. [AMP] Posibilidades de ampliación de la concepción del laboratorio en el DQU.
3. [DEB] Deber ser del laboratorio al interior del DQU.
4. [DIF] Diferenciación de laboratorios para profesiones docentes/no docentes.
5. [TRIC] Laboratorios tri-componente (presencial/virtual/remoto)

Esta primera encuesta fue validada por juicio de expertos, para la cual se entregó una rúbrica (anexo 1. Pág 96) que se diseñó empleando cuatro categorías: suficiencia, claridad, coherencia y relevancia, en las que cada una de las categorías incluía cuatro indicadores que permitieron determinar

si las preguntas de la encuesta debían ser modificadas, integradas, eliminadas o si se conservaban sin ningún ajuste.

A partir de la encuesta base se diseñó una segunda encuesta en la cual se eliminó la categoría TRA, y se integraron las categorías DIF/TRIC y se creó una nueva categoría denominada INFRA. Esta encuesta pretendía conocer las percepciones de los estudiantes del DQU respecto a la posibilidad de ampliación infraestructural, teniendo en cuenta la implementación de herramientas tecnológicas para el desarrollo de prácticas de laboratorio.

En detalle, las categorías fueron las que se muestran a continuación:

1. [AMP] Posibilidades de ampliación de la concepción del laboratorio en el DQU
2. [DEB] Deber ser del laboratorio en el DQU
3. [DIF/TRIC] Diferenciación de laboratorios para profesiones docentes/no docentes / laboratorios tri-componente (presencial/virtual/remoto)
4. [INFRA] Infraestructura más apropiada para la implementación de los laboratorios tri-componente.

4.2. FASE TRABAJO DE CAMPO

4.2.1. Acceso al campo

Durante el desarrollo de la investigación, en los espacios académicos de Énfasis Didáctico II (semestre académico 2023-I), Teorías Químicas III y de Métodos de Análisis Químico II (semestre académico 2023-II) se realizaron y se hizo un seguimiento a tres prácticas de laboratorio orientadas por el profesor Jaime Casas, que se resumen en la siguiente tabla

Tabla 6. Prácticas de laboratorio desarrolladas

Espacio académico	Nombre de la práctica	Objetivos
<p>Énfasis didáctico II</p>	<p>[LAB 1]: REMOCIÓN DE METALES EN UNA MUESTRA SIMULADA. Un ejercicio de laboratorio con un significativo potencial didáctico para química instrumental. (Anexo 3. Pág 101)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ilustrar la planificación e implementación de una práctica de laboratorio de química instrumental, involucrando un diseño experimental para espectrofotometría de absorción y emisión atómica, sobre una muestra de agua residual simulada. • Diseñar las curvas de calibración con sus respectivas barras de error y efectuar el análisis Lack of Fit, LoF, para determinar la bondad del ajuste en cada caso, con base en los datos experimentales, para todos los metales.
<p>Teorías químicas III</p>	<p>[LAB 2]: LABORATORIO TRIÁDICO (presencial y virtual): Estudio de una reacción cinética. (Anexo 4 Pág 102)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ilustrar la determinación de la ecuación de velocidad para la reacción cinética: Peróxido de Hidrógeno vs. Ion Yoduro, en medio ácido. • Calcular, para el laboratorio virtual de ChemLab(R), el orden específico para el ion yoduro y para el agua oxigenada de la ecuación de velocidad, por la aproximación diferencial • Calcular, para el laboratorio presencial, el orden específico para el ion yoduro y para el agua oxigenada de la ecuación de velocidad, por la aproximación integral graficar

<p>Métodos de Análisis Químico II</p>	<p>[LAB 3]: CUATRO TITRIMETRÍAS: Una revisión a las aplicaciones del equilibrio iónico en soluciones acuosas. TITRIMETRÍA - ÁCIDO/BASE2. (Anexo 5. Pág 103)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • lustrar la determinación volumétrica de ácido acetil salicílico en muestras reales y la de un reactivo analítico, trabajado a modo de muestra spyked. • Determinar la concentración exacta de cada valorante empleado, a partir de los datos de la titulación frente al estándar primario respectivo. • Determinar el contenido real de ASA en un comprimido, a partir de los consumos de la titulación por retroceso (segunda parte de la metodología) y la pureza del reactivo trabajado como spyked, esta vez empleando el volumen total de base (primera parte + segunda parte) y el volumen de exceso en la valoración por retroceso, expresando el resultado como porcentaje en masa.
--	--	---

4.3. FASE ANALÍTICA

4.3.1. Resultados obtenidos en las prácticas de laboratorio

Durante el proceso de investigación, relacionado con la implementación de prácticas tri-componente (es decir aquellas que implicaban al menos dos de las aproximaciones propuestas para el laboratorio de química al interior del DQU <presencial/digital, presencial/remoto, digital/remoto o presencial/digital/remoto>) se efectuaron algunas filmaciones cuyo objetivo fue determinar la viabilidad y pertinencia del trabajo remoto, para estudiantes del programa de licenciatura en química de la UPN. En tal sentido se describe cada una de las prácticas y se presentan algunos de los resultados obtenidos.

- I. **[LAB 1]:** En esta práctica, los estudiantes tenían que preparar una muestra falseada de varios metales (Ag, Cr, Cu, Ni, Zn y Cd), posteriormente efectuar un diseño experimental para efectuar las precipitaciones de los hidróxidos metálicos y preparar las soluciones stock y los patrones respectivos, para finalmente evaluar la exactitud de las técnicas de EAA/EEA en la cuantificación de los metales pesados y de esta manera proponer un ejercicio de modelación para la enseñanza del estudio de la afectación del pH de un sistema complejo sobre la solubilidad de hidróxidos anfóteros y no anfóteros o para ilustrar la aplicación de la estadística de medidas repetidas en la temática de control de calidad para química instrumental.

Posterior a la práctica de laboratorio, los estudiantes diseñaron el informe de laboratorio. Sin embargo, en el [LAB 1] se le solicitó a los estudiantes realizar un análisis desde el punto de vista didáctico y disciplinar, es decir, con los resultados obtenidos, se debía diseñar una unidad didáctica, en la cual no se presentarían únicamente los resultados cuantitativos, sino que a su vez se realizara una explicación fenomenológica del proceso de espectrofotometría de absorción atómica, en alguna medida buscando diferenciar entre las prácticas de laboratorio para docentes, frente a prácticas para profesionales no docentes. En la Imagen 7 se observa una parte del informe de laboratorio de los estudiantes del espacio académico de Énfasis II, en la cual se evidencia la intencionalidad didáctica de los estudiantes por explicar el funcionamiento del espectrofotómetro y sus componentes.

Unidad

- ✓ Absorción atómica
- ✓ Sistemas de espectroscopia atómica
- ✓ Instrumentación de absorción atómica
- ✓ Lámpara de cátodo hueco
- ✓ Temperatura de algunas llamas
- ✓ Algunas interferencias
- ✓ Aplicabilidad

1 Espectrofotometría de Absorción Atómica (EAA)

El átomo está formado por un núcleo rodeado de electrones. Cada elemento tiene un número específico de electrones asociados al núcleo atómico en una estructura orbital que es única para cada elemento. Los electrones ocupan posiciones orbitales de manera ordenada y previsible. La configuración electrónica más estable de un átomo, que además es la de menor energía, se define como "estado fundamental" (Fig 1). Si se aplica energía con una determinada longitud de onda (λ) a un átomo en estado fundamental, esta energía será absorbida por el átomo y un electrón será promovido a un orbital de mayor energía, alcanzando el átomo una configuración menos estable (estado excitado). Este proceso es llamado como absorción atómica. Basándose en la capacidad de un átomo para absorber luz a longitudes de onda específicas, se desarrolla la técnica analítica instrumental llamada **Espectrofotometría de Absorción Atómica (EAA)** [2]. (Guajiro)

Fuente de energía Energía (λ) Átomo en estado fundamental Átomo excitado

Espectroscopia atómica se divide en:

- Absorción atómica
- Emisión atómica
- Fluorescencia atómica

Transformar la muestra en átomos en estado de vapor o medir la luz absorbida o emitida por dichos átomos

Tomado de Casas (2023)

Sabías qué...?

El término **espectroscopia** significa la observación y el estudio del espectro, o registro que se tiene de una especie tal como una molécula, un ion o un átomo, cuando estas especies son excitadas por alguna fuente de energía que sea apropiada para el caso.

Imagen 7. Informe de laboratorio [LAB1] estudiante de énfasis II

II. **LAB [2]** En esta práctica, los estudiantes debían realizar cuatro titrimetrías:

- **Ácido/base:** determinación de ácido acetil salicílico en tabletas de aspirina.
- **Precipitación:** determinación de cloruros, métodos directo (Mohr) y por retroceso (Volhard), en titulaciones por separado, para muestras sintéticas.
- **Redox:** determinación de hipoclorito en agentes de blanqueo comerciales, por yodometría indirecta.

- **Formación de complejos:** Determinación de la dureza cálcica, magnésica y total, en una muestra sintética y en el agua del acueducto de Santa Fe de Bogotá.

Esta práctica de laboratorio fue grabada en diferentes momentos, con el fin de realizar un acercamiento a lo que sería una práctica de laboratorio remoto, es decir, que los estudiantes puedan observar nuevamente el proceso y determinar posibles errores, condiciones para tener en cuenta, resultados obtenidos, entre otros.

Es importante reconocer que durante el desarrollo de esta práctica de laboratorio los estudiantes de MAQII lograron un aprendizaje óptimo, lo cual se evidenció en su nivel de argumentación y en los resultados en cuanto a las notas y productos que entregaron, en los cuales se resalta el análisis argumentativo de un grupo de 4 estudiantes que se citan a continuación.

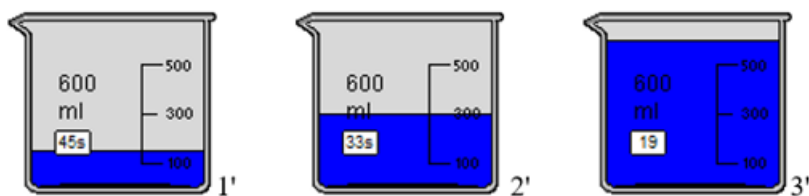
“Como primera instancia, hay que tener en cuenta que, con base a los criterios actuales, la dureza total se define como la suma de las concentraciones de calcio y de magnesio, ambos elementos son expresados como carbonato de calcio (CaCO_3) en miligramos por litro (mg/L) o partes por millón (ppm). Para clasificar el tipo de agua, la Organización Mundial de la Salud (OMS) otorga una tabla especificando el tipo de correlación a la concentración de ppm del carbonato de calcio, donde menciona que entre 0-60 ppm es un agua de tipo blanda, entre 61-120 ppm es un agua moderadamente dura, entre 121-180 ppm es un agua dura y concentraciones mayores a 180 ppm es un agua muy dura; relacionándolo con los resultados obtenidos en el laboratorio, podemos deducir que el agua es extremadamente dura y tiene una codificación de tipo roja”.

III. LAB [3]. En esta última práctica de laboratorio de un estudio cinético se realizó un acercamiento al trabajo triádico (presencial, virtual y remoto). No obstante, con los estudiantes del espacio de Teorías Químicas III se llevaron a cabo únicamente la modalidad presencial y virtual. El objetivo de las prácticas presencial y virtual era determinar la constante de velocidad y el orden de reacción para el agua oxigenada y para el ion yoduro en el sistema peróxido de hidrógeno vs. ion yoduro, en medio ácido. Para el componente virtual se trabajó con la versión libre del

programa o paquete ChemLab®. En la Imagen 8 se observan los cálculos realizados, por un grupo de estudiantes, en el programa virtual y presencial.

- Laboratorio virtual/ChemLab

CANTIDADES DE REACTIVOS							
VARIANDO H ₂ O ₂ y MANTENIENDO Yoduro KTE							
EXP	Na ₂ S ₂ O ₃ (g)	KI (g)	HCl 1 M	AGUA DEST.	H ₂ O ₂ 0,10 M	V f (mL)	t reloj
1'	0,250	10,0	60,0	40,0	50,0	150,0	45 s
2'	0,250	10,0	60,0	140,0	100,0	300,0	33 s
3'	0,250	10,0	60,0	340,0	200,0	600,0	19 s



- Laboratorio presencial

VOLÚMENES DE REACTIVOS											
EXCESO DE PERÓXIDO											
EXP	AGUA DEST.	HCl 0,05 M	HAc 2,5 M	NaAc 2,5 M	KI 0,2 M	Alm. 1% m/v	TIO 0,0105 M	H ₂ O ₂ 0,75 M	Vf	t reloj	
1	14,6	1,0	3,0	3,0	0,1	1,00	0,05	0,5	23,25	137	
2	14,6	1,0	3,0	3,0	0,1	1,00	0,10	0,5	23,30	320	
3	14,6	1,0	3,0	3,0	0,1	1,00	0,20	0,5	23,40	550	
4	14,6	1,0	3,0	3,0	0,1	1,00	0,35	0,5	23,55	906	
5	14,6	1,0	3,0	3,0	0,1	1,00	0,55	0,5	23,75	1850	

Imagen 8. Cálculos del [LAB 2] en modalidad presencial y virtual (Chemlab)

Por otro lado, en las conclusiones de los estudiantes, se indica que las dos modalidades permitieron el estudio cinético, lo cual indica que es posible empezar a implementar estrategias para el desarrollo de prácticas de laboratorio implementando herramientas digitales. Sin embargo, hubo algunas dificultades en los cálculos, dado exceso de reactivos que se emplearon en la modalidad presencial.

No obstante, en términos de aprendizaje es evidente el fortalecimiento de habilidades de comparación, análisis y argumentación que se generó en los estudiantes de TQIII, lo cual se manifestó en los productos entregados por los estudiantes. En los cuales se resalta en análisis comparativo realizado por un grupo de 3 estudiantes del espacio académico que se cita a continuación.

“Al haber realizado las experiencias de manera virtual y presencial, se pudieron evidenciar ciertas carencias en la experiencia virtual, por un lado, la concentración de protón no se encuentra en exceso, por lo tanto la reacción no procederá de manera correcta y por otro lado las concentraciones de tiosulfato tampoco son las correctas, generando vacíos conceptuales y técnicos, además en las primeras experiencias los tiempos dan exactamente los mismos para todas las reacciones realizadas, lo cual no tiene sentido para esta reacción cinética, que varía en concentraciones para evidenciar cambios en el tiempo de reacción. Por ende, si este laboratorio virtual, sin haberse analizado previamente, se presenta a un estudiante, es muy probable que este no reconozca los errores y se quede con una idea errónea de la práctica. Así es necesario que el docente en ciencias tenga la capacidad de analizar, interpretar las variables y reconocer cómo estas afectan o no la velocidad de una reacción, logrando llevar a cabo una excelente práctica de laboratorio presencial, ajustando los errores de la práctica virtual, logrando un máximo análisis crítico del laboratorio”

4.3.2. Resultados comparativos de percepciones, para estudiantes de Teorías Químicas III (ciclo: fundamentación) y de Métodos de Análisis Químico II (ciclo de profundización).

Para evaluar las percepciones de cada uno de los ciclos del programa de Licenciatura en Química de la UPN, se aplicó la encuesta con dos grupos de estudiantes; el primero correspondió a Teorías Químicas III (TQIII) que hace parte del ciclo de fundamentación, los estudiantes inscritos en este seminario se encuentran entre 3° y 5° semestre y el

segundo correspondió a Métodos de Análisis Químico II (MAQ) correspondiente al ciclo de profundización, con estudiantes de 7° a 10° semestre. A continuación, se describen cada una de las categorías y se presentan las medianas que se obtuvieron con respecto a cada una de las categorías:

I. AMP: posibilidades de ampliación de la concepción del laboratorio en el DQU

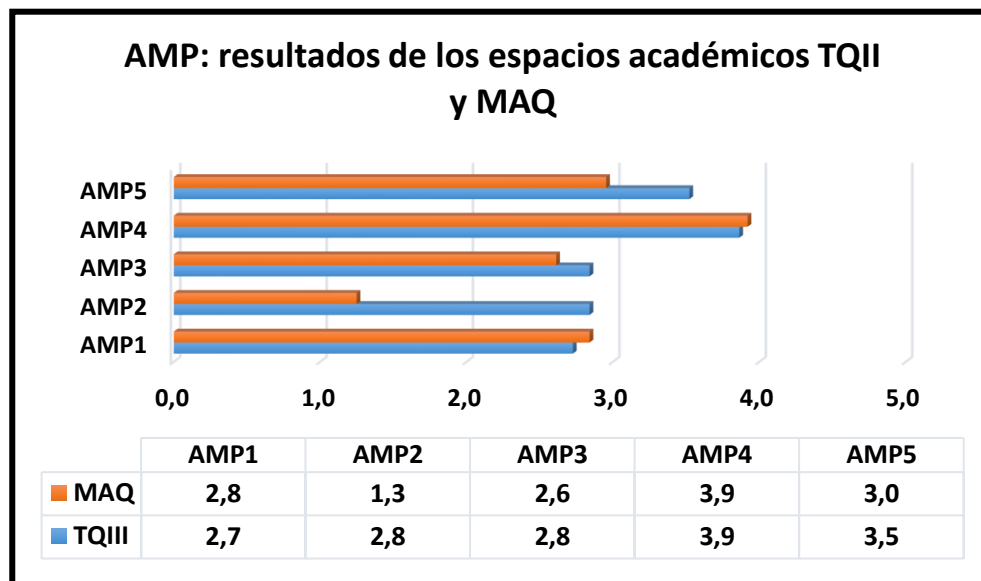
Esta categoría se centró en evaluar la percepción de una muestra de estudiantes del DQU frente a la posibilidad de ampliación de la concepción del *laboratorio de química* en el DQU de la UPN.

Las cinco preguntas diseñadas para esta categoría (anexo 2 pág. 96) se orientaron a partir de la búsqueda de propuestas de vanguardia que permitirían transformar la forma en que se concibe y se gestiona el laboratorio de química en el Departamento, esto con el fin de adaptarlo a las necesidades y desafíos actuales de la educación, haciendo énfasis en la oportunidad que ofrecen las herramientas tecnológicas y las nuevas modalidades educativas de enseñanza (virtual/remota/presencial) para impulsar el aprendizaje de los estudiantes y a su vez ampliar la cobertura de los dos programas del DQU: la Licenciatura en Química y la Maestría en Docencia de la Química, a nivel nacional e internacional.

En concordancia con lo recién expuesto, la categoría apuntaba a identificar algunas de las perspectivas que podrían enriquecer el enfoque tradicional de las prácticas de laboratorio, considerando la necesidad de repensar y redefinir el *laboratorio de química* teniendo en cuenta parámetros determinantes como el tiempo, el acceso, la modalidad (presencial o virtual) y la estructura académica.

Por consiguiente, se realizó el análisis de las percepciones de los estudiantes de TQIII y MAQ a partir de los promedios ponderados de la categoría AMP que se muestran a continuación; en la Gráfica 1 se comparan los resultados de los estudiantes de TQIII y MAQ y en la Gráfica 2 se muestran los resultados de la muestra total de estudiantes.

Gráfica 1. Promedios en la categoría AMP para los espacios académicos de cada ciclo.

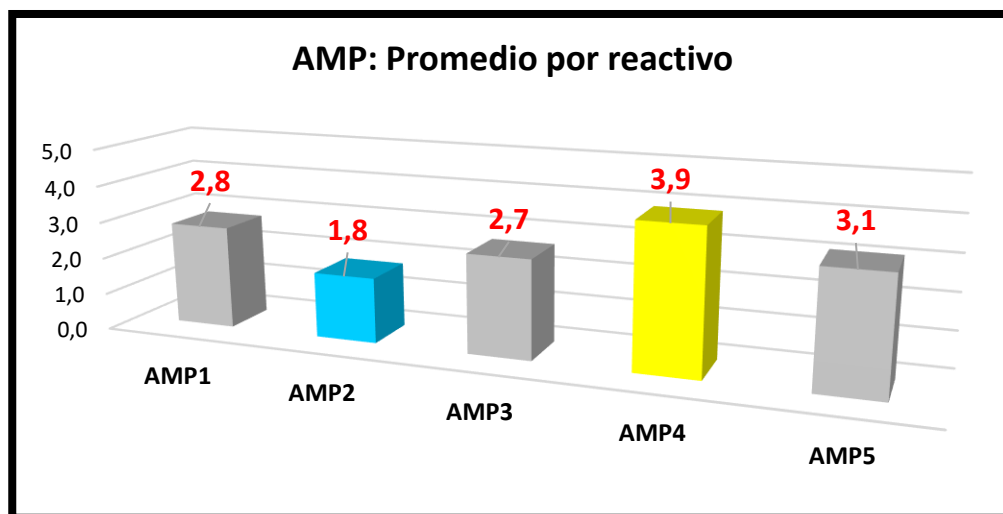


En los resultados arrojados en la Gráfica 1 se observa un promedio menor que 3,0 para AMP1, AMP2 y AMP3. Sin embargo, la pregunta que generó mayor discrepancia fue AMP2, con una puntuación de 1,3 por parte de los estudiantes de MAQ, lo que se puede deber a que este grupo no evidenció un avance significativo en las prácticas de laboratorio durante la pandemia Covid-19 en comparación con los estudiantes de TQIII. También es posible otra explicación que tendría que ver con un escaso conocimiento en cuanto a herramientas y/o programas digitales para el desarrollo de prácticas experimentales de química instrumental en época de pandemia.

Por otro lado, AMP4 y AMP 5 tienen los puntajes más altos, lo que puede deberse a la percepción que tienen los estudiantes frente a la responsabilidad que tiene el DQU en cuanto a la formulación de propuestas de vanguardia para la reformulación y reestructuración de los laboratorios del DQU, desde una visión triádica, que permita ampliar el acceso a los programas educativos del Departamento desde modalidades virtual/remota/presencial y de esta manera mejorar la demanda académica.

En conclusión, para esta categoría en la Gráfica 2, se puede evidenciar mayor aceptación en la pregunta AMP4, lo que significa que los estudiantes consideran que el DQU de la UPN debería ser el llamado a la formulación de una propuesta de vanguardia en la resignificación del laboratorio de química, dada su importancia en la formación de docentes en química. Así mismo, la de menor aceptación corresponde a la pregunta AMP2, esto probablemente teniendo en cuenta las dificultades que se vivenciaron en la pandemia en términos de desarrollo de prácticas experimentales.

Gráfica 2. Promedio obtenido en la categoría AMP por reactivo.



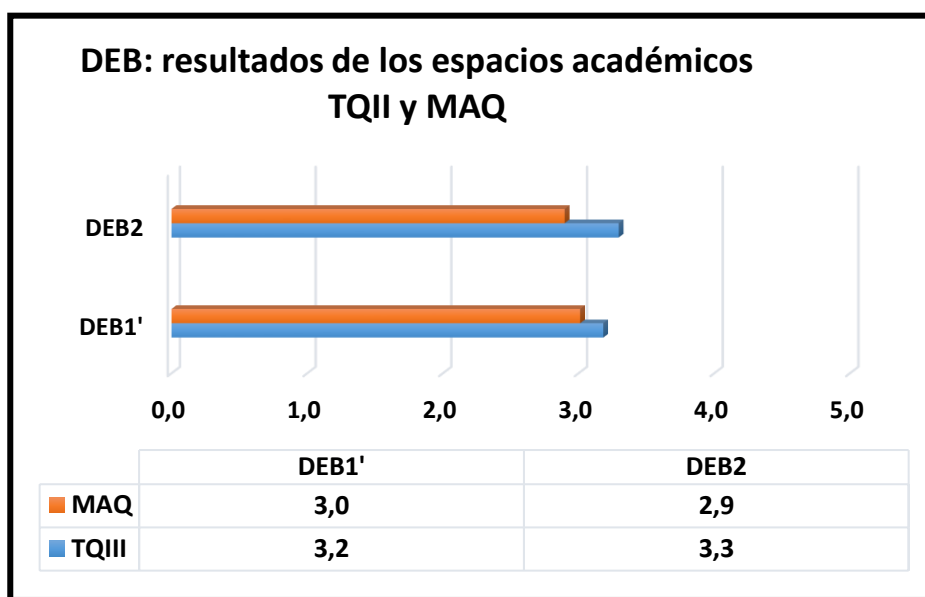
II. DEB: deber ser del laboratorio en el DQU

Esta categoría consta de dos preguntas (Anexo 2. Pág. 96); la primera plantea la opción de mantener los laboratorios de química en su forma tradicional sin modificaciones, la segunda busca analizar la posibilidad de una transformación en la concepción de los laboratorios. Esta transformación involucra la integración de la teoría y la práctica a través de un enfoque más amplio que incluye tanto la modalidad presencial como la digital (virtual/remota). Por lo tanto, el propósito de estas preguntas es examinar las perspectivas y enfoques en torno a cómo se debería concebir el laboratorio de química en el Departamento de Química.

En síntesis, se hace un cuestionamiento a si el "deber ser" del laboratorio en el DQU es mantenerse inalterado o si debe evolucionar hacia un enfoque más versátil y adaptable que aproveche las ventajas de la tecnología y las modalidades digitales. Cabe explicar que los puntajes para la pregunta rotulada DEB1 se invirtieron, para generar el reactivo DEB1', en la medida que lo que se pretendía era evaluar las percepciones hacia ampliar las perspectivas del laboratorio, en contradicción con las prácticas clásicas.

Los resultados obtenidos para esta categoría se muestran en la Gráfica 3; la cual compara los resultados de los dos espacios académicos en mención, y la Gráfica 4 muestra los resultados de la muestra total de análisis.

Gráfica 3. Promedios obtenidos en la categoría DEB para los espacios académicos de cada ciclo.



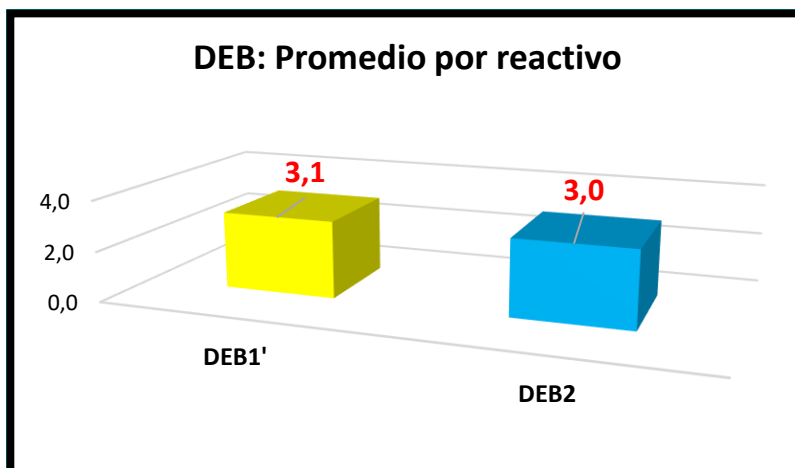
A partir de los resultados obtenidos en la Gráfica 3 se puede resaltar que en la categoría DEB los estudiantes de TQIII del ciclo de fundamentación evidencian mayor aceptación por la integración de herramientas digitales en el desarrollo de prácticas de laboratorio en comparación a los estudiantes MAQ del ciclo de profundización. Lo cual puede deberse a la fuerte influencia que han ido tomando las herramientas tecnológicas y digitales en el ámbito educativo (Capuya, et al. 2023). En la misma dirección, es de

entenderse que los estudiantes de TQIII que inician su formación académica estaban más inmersos en la era tecnológica, lo que implicada mayor flexibilidad en el uso de recursos digitales durante el desarrollo de sus prácticas experimentales.

Para aportar a la discusión, cabe señalar que el avance tecnológico en la educación ha ido marcado un cambio significativo en la forma en que se accede al conocimiento y se lleva a cabo el proceso de aprendizaje. En tal sentido, con la integración de herramientas tecnológicas en el aula y la migración de los procesos educativos hacia entornos híbridos (presencial/virtual), se ha ampliado el alcance de la educación en diferentes contextos a través de recursos como aplicaciones interactivas, simulaciones, software para desarrollo de laboratorios y recursos multimedia (Capuya, et al. 2023). Sin embargo, según Ratamun y Osman, 2018, citado en Byukusenge, et al. 2023, los estudiantes aprecian más las prácticas de laboratorio presenciales, dado que favorecen el pensamiento crítico–reflexivo que les permite cuestionarse respecto a los fenómenos observables, lo cual no ocurre con los laboratorios virtuales.

Por tanto, según los resultados arrojados en la gráfica y haciendo énfasis en la afirmación de Ratamun y Osman (2018), aún se evidencia resistencia por el uso de herramientas digitales, dado que se percibe como un sustituyente a la práctica y no como un complemento, que es lo que se pretende fomentar en esta propuesta.

Gráfica 4. Promedio obtenido en la categoría DEB por reactivo.



En concordancia con lo anterior, en la Gráfica 4 se puede evidenciar que los reactivos DEB1' y DEB2 tienen una puntuación apenas favorable, que indica a las claras que requiere ajustes y/o modificaciones que permitan integrar la presencialidad con herramientas digitales, remotos y virtuales, a fin de ir en correspondencia con los avances tecnológicos del siglo XXI, aunque la percepción no es muy categórica.

III. DIF/TRIC: diferenciación de laboratorios para profesiones docentes/no docentes y laboratorios *tri-componente* (presencial/virtual/remoto)

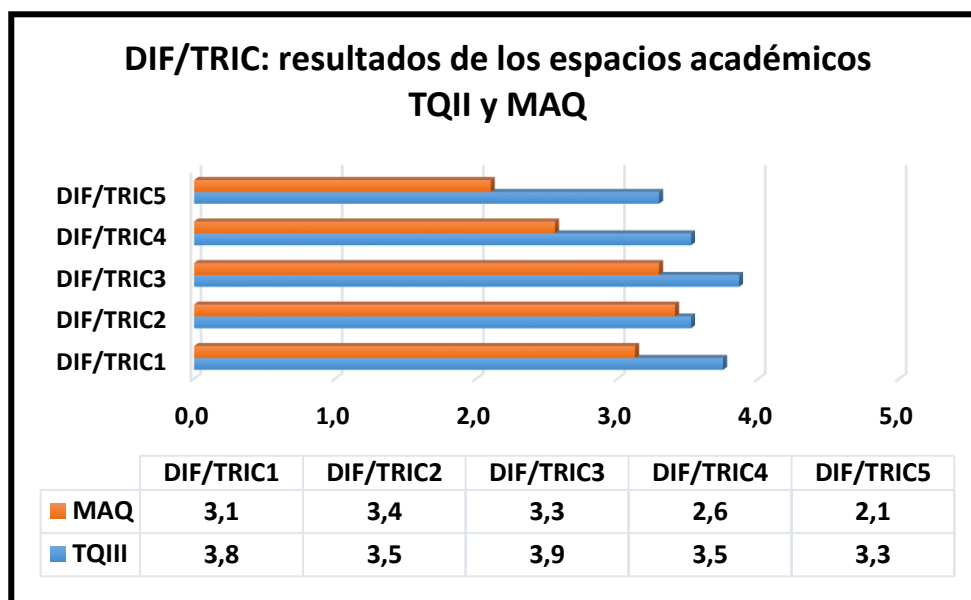
Esta categoría consta de cinco preguntas (Anexo 2. Pág. 96), que pretenden conocer la percepción de los estudiantes en cuanto a si los laboratorios destinados a la formación de docentes en química deben adaptarse para diferenciarse de aquellos orientados a profesionales no docentes, como químicos y/o ingenieros.

En las preguntas se planteaba la necesidad de considerar aspectos relacionados con el potencial didáctico de los laboratorios para docentes, enfocándose en cómo las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) pueden enriquecer la enseñanza y el aprendizaje. Además de lo anterior se aborda la idea de que el acceso *remoto*, *virtual* y *presencial* constituye una tripla de posibilidades que podrían redefinir la práctica de laboratorio.

En definitiva, estas preguntas persiguen la reflexión sobre la adaptación y personalización de los laboratorios para la formación de docentes de química, considerando las cambiantes realidades, comprensiones y contextos en los que los futuros profesores de química se desenvolverán laboralmente.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en esta categoría que se muestran en la Gráfica 5 (comparación entre los dos espacios académicos TQIII y MAQ) y la Gráfica 6 (resultados de toda la muestra).

Gráfica 5. Medianas obtenidas en la categoría DIF/TRIC para cada ciclo.



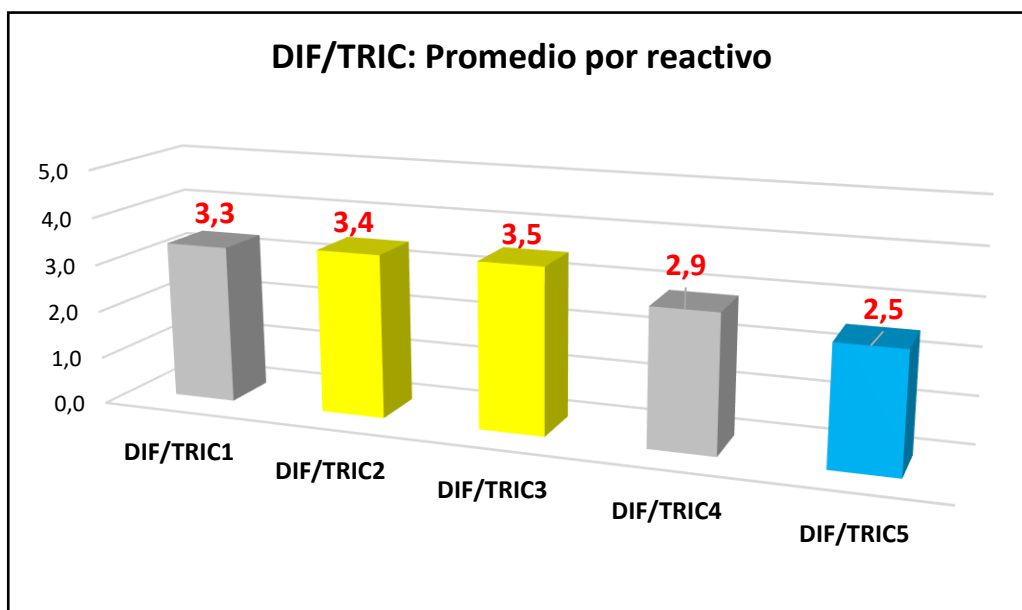
En esta categoría se diseñaron tres preguntas (DIF/TRIC 1,2 y 3) sobre la adaptación y diferenciación de los laboratorios para profesores de química y profesionales no docentes y dos preguntas (DIF/TRIC 4 Y 5) sobre la percepción favorable hacia los laboratorios *tri-componente* (presencial/virtual/remoto).

Al analizar los resultados de estas cinco preguntas planteadas, en la Gráfica 5 se observa que los estudiantes de TQIII tienden a mostrar una mayor aceptación y apoyo a la idea de adaptar y personalizar los laboratorios para la formación de futuros docentes de química en comparación con los estudiantes del ciclo de profundización.

Por otro lado, en la Gráfica 6 se observa que los puntajes más altos se registran en las preguntas 1,2 y 3 para la muestra total de estudiantes, preguntas relacionadas con la adaptación de la infraestructura del laboratorio y la consideración del potencial didáctico de los laboratorios para docentes, en el entendido que la idea de reestructurar los laboratorios se torna ambiciosa para los estudiantes, puesto que implica la dotación de nuevos equipos tecnológicos como complemento a las prácticas y no como sustituyentes de las mismas.

No obstante, las preguntas 4 y 5 continúan aún con promedios bajos, debido probablemente a una resistencia evidenciada a la inserción digital/virtual/remota en las prácticas de laboratorio, para los estudiantes de MAQ, debido a su temor de la amenaza de sustituir las prácticas presenciales por las virtuales o remotas, quizás debido a su cercanía con el mundo laboral en educación secundaria.

Gráfica 6. Promedios en la categoría DIF/TRIC por reactivo.



Los resultados que muestra el diagrama de barras ponen de manifiesto que los estudiantes consideran que la formación de docentes de química requiere un enfoque pedagógico diferenciado en el laboratorio, lo que podría traducirse en prácticas más efectivas en términos didácticos.

Para aportar a la explicación de puntajes más favorables en los primeros tres reactivos, frente a los últimos dos y haciendo énfasis en el potencial que tiene el laboratorio como medio para enriquecer la enseñanza y el aprendizaje en ciencias (Byukusenge, et al. 2023), resaltando la necesidad de diferenciar un laboratorio pensado para profesionales en química, dado que *enseñar* ciencias experimentales va más allá de obtener un

resultado cuantitativo, sino que el docente en química debe ser capaz de comprender fenomenológicamente el proceso químico (García, Serrano, 2015).

IV. INFRA: infraestructura más apropiada

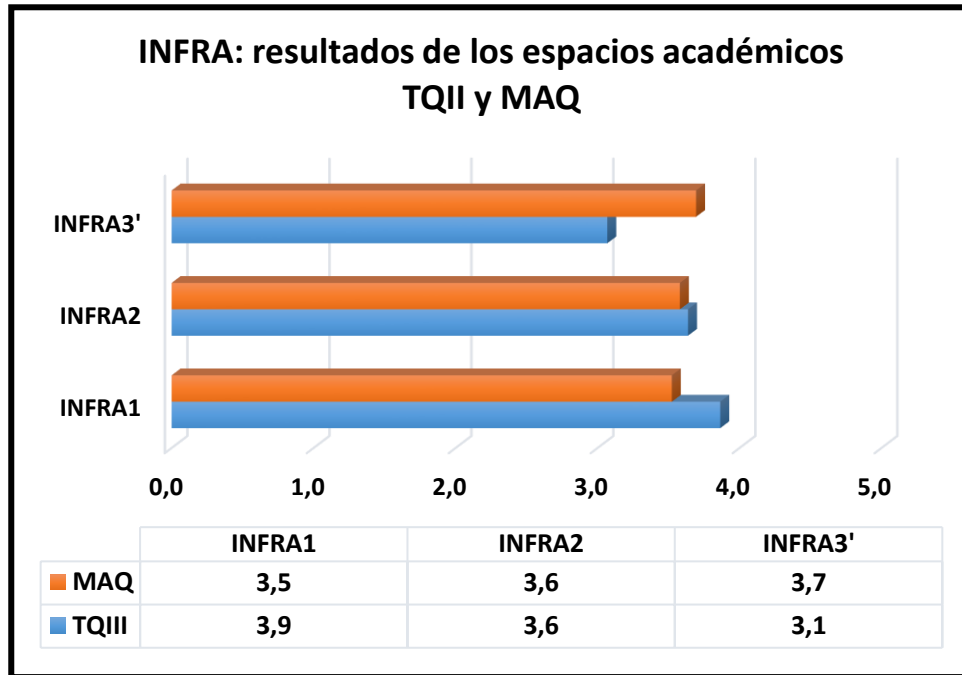
Esta categoría buscaba conocer y evaluar distintas perspectivas acerca de cómo debería reformularse la infraestructura de los espacios de laboratorio del DQU para adaptarse a la educación del siglo XXI inmersa en una era tecnológica.

Para el cuestionario se diseñaron tres preguntas; la primera INFRA1 sugiere una transformación radical que incluye la implementación de componentes de audio y video para la grabación y transmisión remota de las prácticas, la segunda INFRA2 propone la incorporación de tecnologías avanzadas como la realidad aumentada o virtual en los espacios del laboratorio, y finalmente, la tercera pregunta INFRA3 mantiene la idea de que la aproximación digital y las prácticas experimentales no deberían mantenerse separadas en términos de infraestructura (que se invirtió, pues estaba redactada *en negativo*, frente a la categoría evaluada).

Con base en lo recién expuesto, el propósito de esta categoría es conocer la percepción de los estudiantes respecto a cuál sería la infraestructura más apropiada para los laboratorios de química del DQU, considerando las posibilidades que ofrecen las tecnologías emergentes y cómo podrían tales espacios adaptarse a las necesidades de la enseñanza y el aprendizaje en el DQU de la UPN.

Los resultados obtenidos en esta categoría se muestran en la Gráfica 7 (comparación entre los dos espacios académicos de TQIII y MAQ) y en la Gráfica 8 (resultados de toda la muestra de estudiantes).

Gráfica 7. Medianas obtenidas en la categoría INFRA para cada ciclo.



En los resultados relacionados en la Gráfica 7 con respecto a la percepción de los estudiantes de los espacios académicos TQIII y MAQ sobre la reestructuración de la infraestructura del laboratorio del DQU, se pueden identificar las siguientes tendencias significativas.

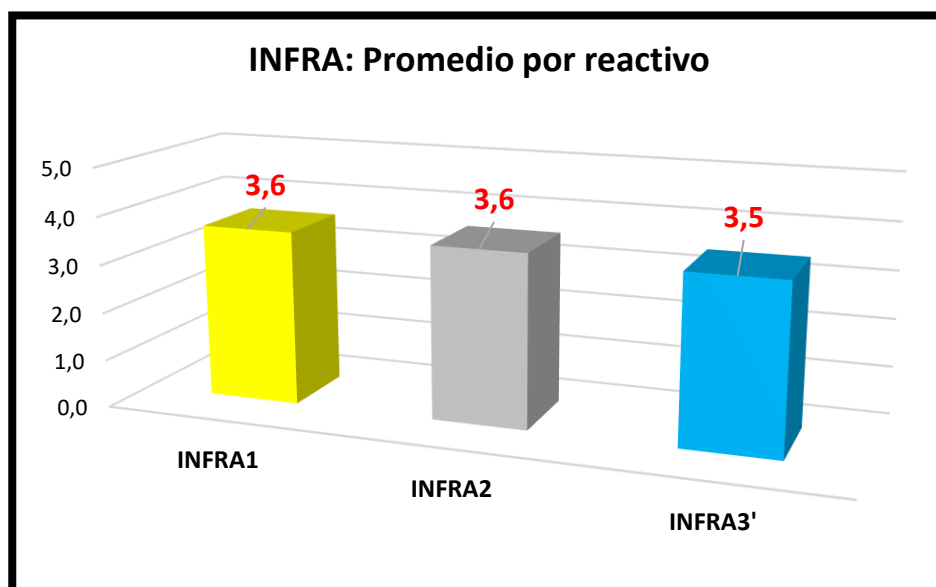
En primer lugar, los resultados muestran que los estudiantes de TQIII tienen una percepción ligeramente más favorable hacia la idea de una transformación radical de la infraestructura del laboratorio que incluya componentes de audio y video para la grabación y transmisión remota de prácticas (INFRA1), que se refleja en los puntajes más altos otorgados por los estudiantes de TQIII en comparación con los estudiantes de MAQ.

No obstante lo anterior, para el tercer reactivo (INFRA3'), que se refiere a si es o no necesario modificar los espacios de laboratorio en términos de infraestructura, teniendo en cuenta la necesidad de unificar la aproximación digital con las prácticas experimentales. Los estudiantes de MAQ otorgan una puntuación ligeramente más alta en comparación con los estudiantes de TQIII, lo cual indica, que en el ciclo de

profundización los estudiantes perciben de manera más contundente la importancia de implementar prácticas de laboratorio a partir de una aproximación digital, la cual permitiría aportar significativamente en la formación de docentes.

En conclusión, según los resultados de la Gráfica 8 los estudiantes de ambos espacios académicos tienen una percepción similar hacia la modificación de la infraestructura de los laboratorios de química, lo que sugiere una disposición a adoptar tecnologías avanzadas para mejorar las prácticas experimentales y el enfoque pedagógico en el laboratorio, a partir de la implementación de módulos especializados para trabajar con realidad aumentada, virtual o mixta.

Gráfica 8. Promedio obtenido en la categoría INFRA por reactivo.



V. Promedio por categorías

En la Gráfica 9 se muestran los promedios ponderados para todas las categorías, en la que se puede observar que la categoría INFRA tiene el promedio más alto en comparación a las otras categorías, lo que indica que la muestra de estudiantes tiene mayor aceptación en cuanto a la necesidad de llevar a cabo una transformación radical en la infraestructura de los laboratorios de química del DQU.

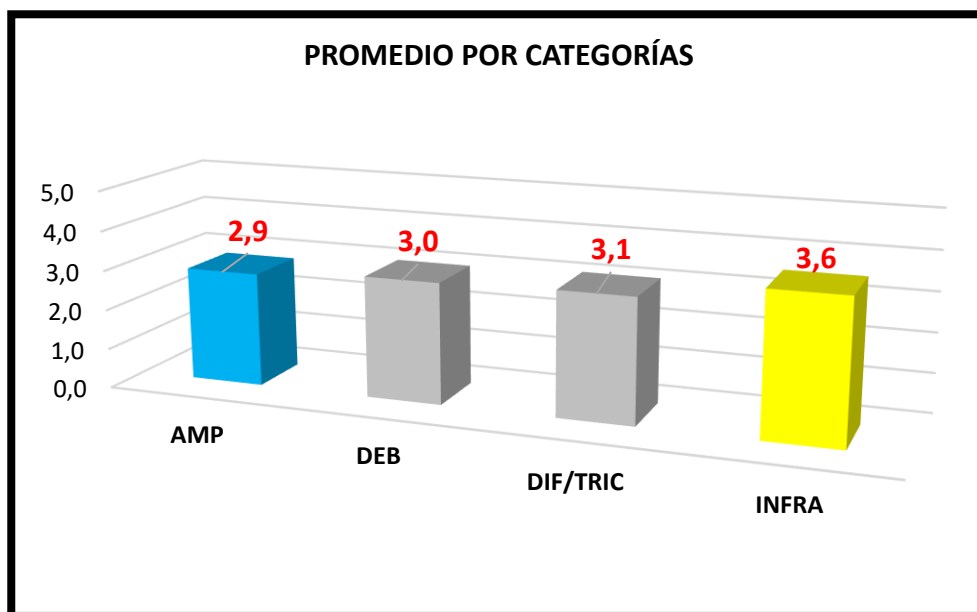
Lo recién enunciado equivaldría a afirmar que los estudiantes están de acuerdo, probablemente, con la idea de incorporar módulos que permitan la implementación de dispositivos tecnológicos que contengan componentes de audio y video a fin de registrar, monitorear y transmitir de manera remota las experiencias prácticas, así como también herramientas para trabajar con realidad aumentada, virtual o mixta, en el entendido de que tales modificaciones permitirían una mayor versatilidad y acceso a la experimentación, lo que sería especialmente útil en situaciones donde la presencia física no es posible.

Por otro lado, el promedio más bajo fue para la categoría AMP, lo cual indica que, a pesar de necesidad de reestructurar los laboratorios de química, aún hay un rastro de resistencia al cambio y en tal sentido, los estudiantes apoyan en alguna medida al enfoque tradicional en los procesos de enseñanza de la química experimental.

Lo recién descrito se podría explicar desde algunos estudios que se han realizado con estudiantes, como por ejemplo Byukusenge, et al. (2023), en la cual se realizó una investigación, en la que se llevó a cabo la misma práctica experimental de manera virtual y presencial y se analizaron las percepciones de los estudiantes frente a los dos tipos de modalidad, los resultados revelaron que a pesar de que las dos modalidades son favorables para el aprendizaje y les permiten comprender conceptualmente los contenidos, los estudiantes consideran que las prácticas presenciales aportan un aprendizaje más consolidado que las virtuales.

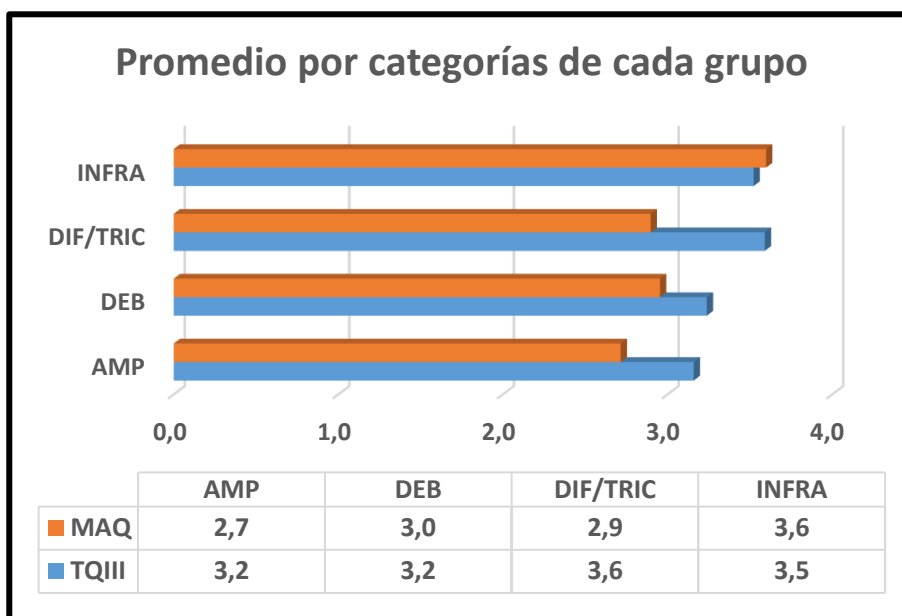
En este punto de la discusión es que se tornaría imperativo proporcionarle al estudiante una visión de la concepción *tri-componente* como complemento a las prácticas de laboratorio y no como sustituyente, es decir, sin limitar los espacios físicos del laboratorio, pero sí haciendo uso de herramientas digitales que permitan grabar audio, video, monitorear las prácticas, entre otros, con el fin de proporcionar un ambiente interactivo de aprendizaje, destacando así la importancia de equilibrar la tecnología con la experiencia práctica en la enseñanza de la química para innovar en educación química y permitir mayor accesibilidad en espacios prácticos no presenciales.

Gráfica 9. Promedio por categorías muestra total



A continuación, se muestra el promedio por categorías para cada grupo, que permite generar una serie de generalizaciones, para el análisis de percepciones sobre la ampliación del laboratorio de química al interior del DQU, bajo la óptica de los estudiantes.

Gráfica 10. Promedio por categorías de cada grupo.



Se puede evidenciar en la

A continuación, se muestra el promedio por categorías para cada grupo, que permite generar una serie de generalizaciones, para el análisis de percepciones sobre la ampliación del laboratorio de química al interior del DQU, bajo la óptica de los estudiantes.

Gráfica 10 que, en términos gruesos, los estudiantes de TQIII del ciclo de fundamentación, muestran puntajes más altos que los que exhiben los estudiantes de MAQ, aunque en categorías como DEB o AMP los puntajes son apenas satisfactorios; por otra parte, para el grupo de MAQ el promedio alto lo marca la categoría INFRA, mientras que las otras tres son o medias o ligeramente desfavorables.

En suma, parece ser que los estudiantes de TQIII están más abiertos a la propuesta de diseñar nuevas alternativas para complementar las prácticas de laboratorio de química, en términos de ampliar la concepción del laboratorio, incorporando herramientas digitales

para grabar, monitorear, controlar, etc. lo cual permitiría el desarrollo de prácticas de laboratorio en espacios presenciales / no presenciales / virtuales y remotos para profesionales de la educación, mejorando así significativamente la demanda de estudiantes para la licenciatura en química y para la maestría en docencia de la química.

Por su parte, los estudiantes de MAQ se inclinan a apoyar más un cambio en la infraestructura de los laboratorios, quizás sin inclinarse a modificar la percepción misma de lo que se entiende por laboratorio de química en el DQU.

4.3.3. Análisis de resultados obtenidos mediante la comparación y análisis de escalogramas bajo la metodología POSAC

Los resultados del análisis de percepciones fueron analizados desde la metodología POSAC que dio cuenta de algunas tendencias en las respuestas de los encuestados, que generaron una base de datos, que a su vez arrojó una serie de escalogramas de orden parcial, cuyo procesamiento se explica con algún nivel de detalle a continuación.

4.3.3.1. Definición de la matriz para POSAC

Para la aplicación de la metodología POSAC, en primera medida se diseñó una matriz con las medianas de los puntajes obtenidos en la encuesta de percepciones, que como ya se explicó, tenía como objetivo conocer la percepción de los estudiantes frente al *deber ser* del laboratorio de química en la formación de profesionales en educación, la posibilidad de ampliar la concepción del laboratorio de química hacia la diferenciación de laboratorio para docentes/no docentes y la propuesta de reestructuración infraestructural, lo que permitió documentar la base de datos respectiva.

4.3.3.2. Aplicación del procedimiento para la técnica POSAC

Una vez definida la matriz para POSAC, se aplicó la rutina para el programa POSAC del paquete de software Hudap 8, que generó lo siguiente:

- I. Tablas de perfiles de respuesta.
- II. Matrices de Correlación entre las categorías deductivas.
- III. Ceficientes de monotonidad débil entre cada categoría y los ejes X, Y, J y L, para cada grupo y para la muestra total.
- IV. Diagramas bidimensionales (mapas POSAC), que permitieron generar las particiones más adecuadas.

A continuación, se muestran los resultados del análisis de los escalogramas y sus respectivos índices.

4.3.3.3. POSAC percepciones de la muestra de estudiantes del ciclo de fundamentación (TQ III).

En primera medida se muestran los resultados que arrojó el programa, para el que, a partir de las medianas, se obtuvieron 11 perfiles, que se detallan a continuación.

Tabla 7. Perfiles de análisis obtenidos, percepciones de estudiantes de TQIII

Nº	PERFIL	FRECUENCIA
1	5 5 5 5	2
2	4 5 5 5	1
3	5 5 5 4	1
4	3 5 4 5	1
5	4 5 4 4	1
6	4 3 4 5	1
7	3 5 5 3	1
8	3 4 4 4	1
9	2 5 3 2	1
10	1 5 1 1	1
11*	1 3 1 1	1

* Perfiles adicionados por el programa

En la Tabla 7, se puede observar que los perfiles del 1 al 8 muestran puntajes elevados en relación con las percepciones de los estudiantes de TQIII frente a la posible reestructuración del laboratorio de química del DQU. Destaca el perfil 1 (marcado en azul), el cual exhibe las puntuaciones más altas en cada una de las categorías. Por otro lado, los perfiles 9 y 10 (resaltados en violeta) muestran las puntuaciones más bajas, lo que implica únicamente la participación de 2 estudiantes, cabiendo mencionar que el programa generó un perfil adicional, el 11. En cuanto a la frecuencia, se observa que el 81,8% de los estudiantes puntúan alto para la categoría, mientras que solo el 18% restante se distribuye entre los perfiles 9 y 10.

A continuación, se presentan los coeficientes de monotonidad, que contribuyen a comprender la correlación existente entre las categorías propuestas para evaluar las percepciones de los estudiantes con relación a la posible reestructuración de los laboratorios del DQU de la UPN.

Tabla 8. Coeficientes de monotonidad débil de percepciones, para TQIII, frente a una posible reestructuración

COEFICIENTES DE MONOTONICIDAD DÉBIL ENTRE LOS ÍTEMS					
Categoría	Ítem	1	2	3	4
AMP	1	1,00			
DEB	2	-0,13	1,00		
DIF/TRIC	3	0,97	0,11	1,00	
INFRA	4	0,94	0,76	0,90	1,00

A partir de los coeficientes de monotonidad de la Tabla 8 se puede establecer una alta correlación entre la categoría AMP y DIF/TRIC con un puntaje de 0,97 que indica que la ampliación de la concepción de laboratorio de química se encuentra muy articulada con una necesaria diferenciación en cuanto a la formación de profesionales no docentes y docentes en formación, dado el enfoque pedagógico y didáctico, además del uso e

implementación de herramientas digitales que le apuntarían a la estructuración de laboratorios bajo una visión “*tri-componente*”.

Asimismo, la categoría INFRA y AMP presentan una correlación de 0,94 lo cual indica que el cambio en la infraestructura de los laboratorios del DQU requeriría, a los ojos de los estudiantes, una ampliación en la concepción actual de lo que hoy se entiende por laboratorio de química.

Otra correlación importante, que se puede establecer es entre la categoría DIF/TRIC e INFRA con un puntaje de 0,90, lo cual resulta consecuente con el hecho de que para lograr una diferenciación en la formación de docentes e implementar un modelo de laboratorio a partir de laboratorio “*tri-componente*” se requeriría de un ajuste en la infraestructura actual de los laboratorios del DQU.

Por lo tanto, las correlaciones identificadas por los estudiantes de TQIII, quienes forman parte del ciclo de fundamentación, sugieren que existe una sólida correlación entre las algunas de las categorías, que a su vez respalda en alguna medida la mirada favorable respecto a la viabilidad de la propuesta de reestructurar los laboratorios al interior del DQU.

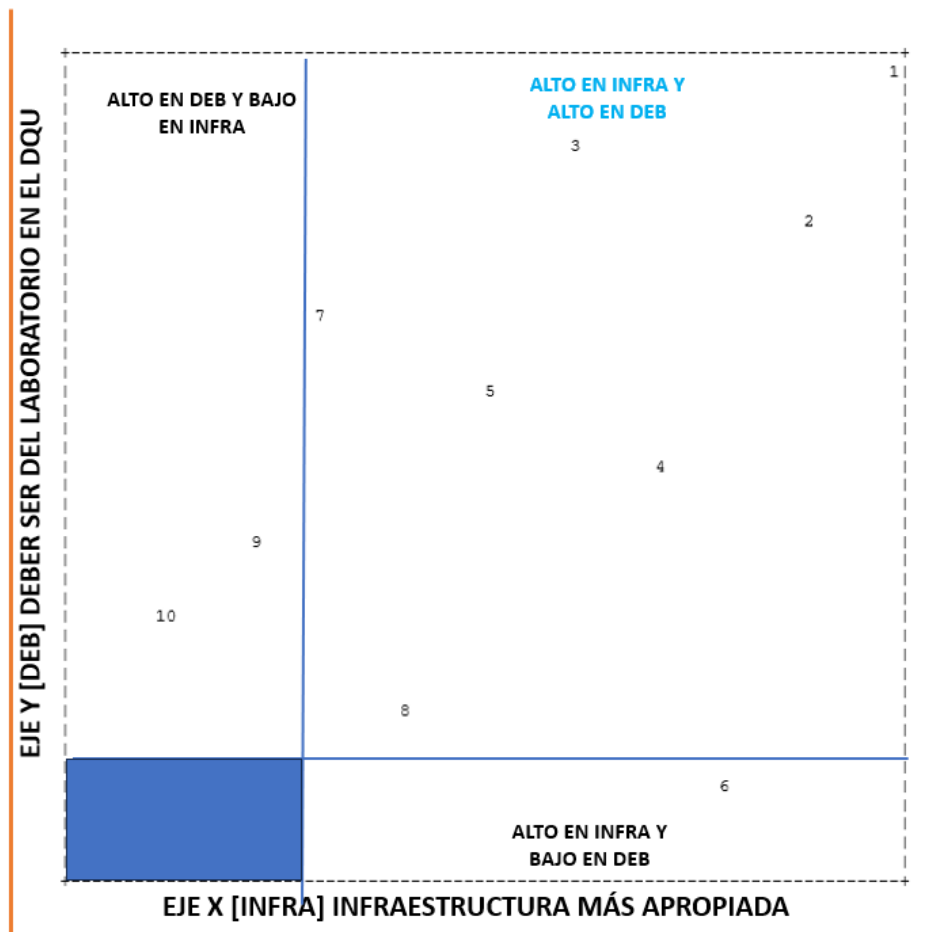
Tabla 9. Coeficientes de monotonidad entre las categorías y los ejes POSAC

COEFICIENTES DE MONOTONICIDAD ENTRE CADA ÍTEM OBSERVADO Y LOS FACTORES						
ÍTEM	J	L	X	Y	P	Q
AMP	0,97	0,30	0,94	0,80	0,91	0,99
DEB	0,83	-0,91	0,18	1,00	0,98	0,58
DIF/TRIC	0,99	0,08	0,91	0,91	0,96	0,99
INFRA	0,94	0,78	1,00	0,56	0,86	0,96

A partir de la información presentada en la tabla, se puede observar que el eje X correlaciona óptimamente con la categoría INFRA con una puntuación de 1,00, mientras que el eje Y correlaciona con la categoría DEB igualmente con un puntaje de 1,00 (Tabla 9)

A continuación, se presenta el escalograma para las percepciones hacia la reestructuración de los laboratorios del DQU de los estudiantes del espacio de TQIII del ciclo de fundamentación, en la que se muestran los perfiles generados que se mostraron en la Tabla 7. La investigadora decide entonces formular una partición que subdivide todo el grupo en 3 *clústeres*, según se ilustra en la Figura 1, en el entendido que el perfil 11 fue 'inventado' por el programa.

Figura 1. Mapa POSAC categorías para estudiantes de TQIII del ciclo de fundamentación



En esencia se puede observar, desde el escalograma bidimensional, que una muy significativa proporción 72,7% del grupo está ubicada en la parte superior derecha, (diferenciada en azul), la cual corresponde a alto en INFRA y alto en DEB lo cual indica que buena parte de los estudiantes que tienen un resultado alto en la categoría INFRA también tienden a tener un resultado alto en la categoría DEB, lo cual permite inferir el hecho de que los estudiantes de TQIII consideran que integrar la teoría y la práctica, desde un *deber ser* del laboratorio, desde una aproximación presencial y/o digital implica reestructurar los laboratorios de química del DQU en términos infraestructurales.

Por otro lado, el 18,2% de los estudiantes se encuentran en el cuadrante alto en DEB y bajo en INFRA, y solo un 9,1% se encuentran en el cuadrante alto en INFRA y bajo de DEB, siendo de resaltar Lo cual indica que ningún estudiante se encuentra en el cuadrante bajo en INFRA y bajo en DEB.

4.3.3.4. Análisis por POSAC de las percepciones de MAQ del ciclo de profundización del DQU.

A continuación, se muestran los resultados que arrojó el programa para la segunda muestra de estudiantes, en el que, a partir de las medianas de respuestas, se obtuvieron 21 perfiles, que se detallan a continuación.

Tabla 10. Perfiles de análisis obtenidos, percepciones de los estudiantes del ciclo de profundización

Nº	PERFIL	FRECUENCIA
1*	5 5 5 5	1
2	5 4 4 5	2
3	3 5 5 5	1
4	4 4 4 5	2
5	3 4 5 5	1
6	4 5 3 5	2
7	4 5 3 4	1
8	4 4 4 4	1
9	3 4 4 4	1
10	4 4 2 4	1
11	2 3 4 4	1
12	4 4 2 3	1
13	2 4 3 4	1
14	3 3 3 4	1
15	1 4 4 3	1

16	4 3 2 2	1
17	2 3 3 3	1
18	3 3 2 2	1
19	2 4 2 1	1
20	1 2 1 2	1
21*	1 2 1 1	1

* Perfiles adicionados por el programa

En la Tabla 10, se puede observar que en general los perfiles del 2 al 18 muestran puntajes elevados en relación con las percepciones de los estudiantes de MAQ frente a la posible reestructuración del laboratorio de química del DQU, lo que corresponde a un porcentaje de 93,1% de la muestra. Por otro lado, los perfiles 19 y 20 muestran las puntuaciones más bajas, lo que implica únicamente la participación de 2 estudiantes, con una frecuencia de 8,7%, siendo importante mencionar que el programa generó dos perfiles adicionales, el 1 que arroja valores máximos y el 21 que arroja valores mínimos.

Posteriormente, en la Tabla 11 se presentan los coeficientes de monotonidad, los cuales contribuyen a comprender la correlación existente entre las categorías propuestas para evaluar las percepciones de los estudiantes del espacio académico de Métodos de Análisis químico II, correspondiente al ciclo de profundización con relación a la posible reestructuración de los laboratorios del DQU de la UPN.

Tabla 11. Coeficientes de monotonidad débil de percepciones de los estudiantes de MAQ, del ciclo de profundización hacia una posible reestructuración

COEFICIENTES DE MONOTONICIDAD DÉBIL ENTRE LOS ÍTEMS					
Categoría	Ítem	1	2	3	4
AMP	1	1,00			
DEB	2	0,73	1,00		
DIF/TRIC	3	0,29	0,65	1,00	

INFRA	4	0,78	0,86	0,93	1,00
-------	---	------	-------------	-------------	------

En la Tabla 11 se observan los coeficientes de monotonía en los cuales se evidencia una alta correlación entre la categoría INFRA y DIF/TRIC con un puntaje de 0.93. Lo cual indica que, desde la óptica de los estudiantes de MAQ, para lograr una diferenciación en cuanto a la formación de docentes y profesionales sería pertinente pensar en la reestructuración de los espacios de laboratorio.

Asimismo, la categoría INFRA y DEB presenta una correlación de 0,86. Si se comparan los coeficientes de monotonía arrojados para los estudiantes de TQIII se puede observar una similitud en cuanto a la necesidad de reestructurar los espacios físicos del laboratorio del DQU en términos de mejoras para la formación de docentes en química.

Por otro lado, se puede evidenciar que la categoría que presenta menos correlación con las otras es la AMP, lo cual parece interpretar que la ampliación de la concepción de laboratorio conforma una categoría diferente de las otras, tomadas en conjunto, que puede explicarse en el entendido de que las otras categorías implican un llamado a la acción en lo referente a la situación actual de los laboratorios al interior del DQU, que es en alguna medida un desafío y una 'empresa' o proyecto por desarrollar.

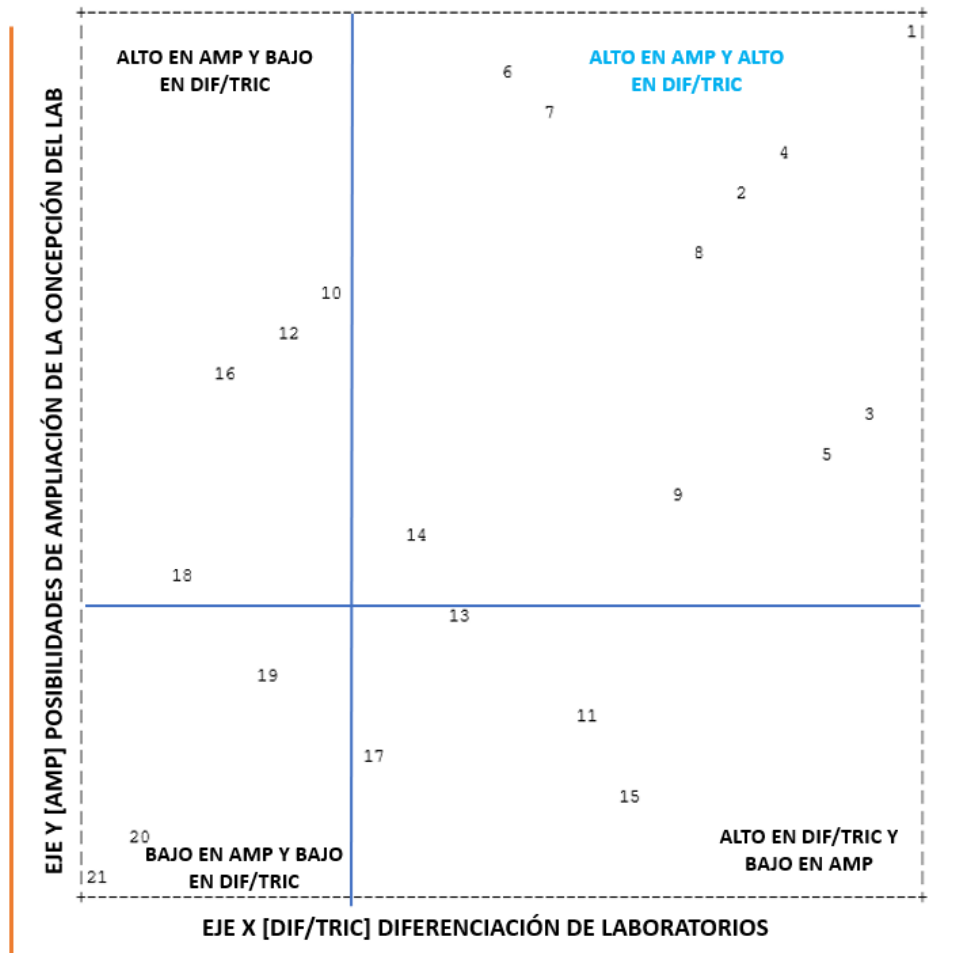
Tabla 12. Coeficientes de monotonía entre cada categoría y los ejes POSAC en estudiantes de MAQ II del ciclo de profundización

COEFICIENTES DE MONOTONÍA ENTRE CADA ÍTEM OBSERVADO Y LOS FACTORES						
ÍTEM	J	L	X	Y	P	Q
AMP	0,93	- 0,79	0,50	0,99	0,92	0,86
DEB	0,93	- 0,26	0,75	0,89	0,79	0,96
DIF/TRIC	0,89	0,86	1,00	0,35	0,84	0,85
INFRA	0,99	0,21	0,95	0,86	0,97	0,96

A partir de la información de la Tabla 12, es evidente una alta correlación del eje X con la categoría DIF/TRIC con una puntuación de 1,00, mientras que el eje Y correlaciona con la categoría AMP con un puntaje de 0,99

A continuación, se presenta el escalograma para las percepciones hacia la reestructuración de los laboratorios del DQU de los estudiantes del espacio de MAQ del ciclo de profundización. Donde aparecen los perfiles generados que se expresan en la Tabla 10. Se realiza una partición representada con las líneas azules para poder comprender el comportamiento y ubicación de los perfiles según la correlación de las categorías.

Figura 2. Mapa POSAC categorías para estudiantes de MAQ del ciclo de profundización



En la Figura 2 se puede observar el escalograma bidimensional para la muestra de MAQ, en la cual un poco más de la mitad de la muestra 52,2% está ubicada en la parte superior derecha, (diferenciada en azul), la cual corresponde a alto en AMP y alto en DIF/TRIC lo cual indica que un poco más de la mitad de los estudiantes, que tienen un resultado alto en la categoría AMP también tienden a tener un resultado alto en la categoría DIF/TRIC. Lo anterior podría explicarse desde el hecho de que los estudiantes de MAQ están de acuerdo en la ampliación de la concepción de laboratorio es indispensable para lograr una formación de docentes en química, diferenciada de la formación de profesionales en química, de otras disciplinas o carreras.

Por otro lado, un 17,4% de los estudiantes se encuentran en el cuadrante alto en AMP y bajo en DIF/TRIC, y otro 17,4% en alto en DIF/TRIC y bajo en AMP, y finalmente un 8,7% se encuentran en el cuadrante bajo en AMP y bajo de DIF/TRIC. Lo cual indica que los resultados son satisfactorios en términos de diferenciación de los laboratorios a fin de ampliar la concepción de lo que hoy en día se concibe como laboratorio de química al interior del DQU.

4.3.3.5. Análisis POSAC de percepciones de la muestra total de estudiantes sobre la reestructuración de los laboratorios de química.

Finalmente, en la Tabla 13 se muestran los resultados que arrojó el programa para la muestra total de estudiantes, en el que, a partir de las medianas, se obtuvieron 29 perfiles, que se detallan a continuación.

Tabla 13. Perfiles de análisis obtenidos, percepciones de la muestra total de estudiantes.

Nº	PERFIL	FRECUENCIA
1	5 5 5 5	2
2	4 5 5 5	1
3	5 5 5 4	1
4	5 4 4 5	2
5	3 5 5 5	1
6	4 5 4 4	1
7	3 5 4 5	1
8	4 4 4 5	2
9	3 4 5 5	1
10	4 5 3 5	2
11	4 3 4 5	1

12	4 5 3 4	1
13	4 4 4 4	1
14	3 5 5 3	1
15	3 4 4 4	2
16	4 4 2 4	1
17	4 4 2 3	1
18	3 3 3 4	1
19	2 3 4 4	1
20	2 4 3 4	1
21	2 5 3 2	1
22	1 4 4 3	1
23	4 3 2 2	1
24	2 3 3 3	1
25	3 3 2 2	1
26	2 4 2 1	1
27	1 5 1 1	1
28	1 2 1 2	1
29*	1 2 1 1	1

En la Tabla 13, se pueden observar que los perfiles del 2 al 23 muestran puntajes elevados, lo que corresponde a un porcentaje de 82,4% de la muestra, siendo el perfil 1 el más alto y con una frecuencia de dos estudiantes, a pesar de que los perfiles 24 al 28 tienen puntajes bajos (14,7%); siendo importante mencionar que el programa únicamente generó un perfil adicional, el 29, que arroja los valores mínimos.

Por otro lado, en la Tabla 14 se observan los coeficientes de monotonía en los cuales se evidencia una alta correlación entre la categoría INFRA y AMP con un puntaje de 086 e INFRA y DIF/TRIC con el mismo puntaje, lo cual indica la correlación de la categoría INFRA con respecto a las otras categorías prevalece.

Lo anteriormente expuesto equivaldría a afirmar que los estudiantes, en su conjunto, están de acuerdo con que es necesario reestructurar los laboratorios del DQU para ampliar la visión de las prácticas de laboratorio en química para la formación de docentes. A continuación, se presentan las tablas que definen los coeficientes de correlación entre sí de las categorías y los coeficientes de asociación de ellas con los ejes POSAC.

Tabla 14. Coeficientes de monotonidad débil entre las categorías de la muestra total de estudiantes hacia la posible reestructuración

COEFICIENTES DE MONOTONICIDAD DÉBIL ENTRE LOS ÍTEMS					
Categoría	Ítem	1	2	3	4
AMP	1	1,00			
DEB	2	0,51	1,00		
DIF/TRIC	3	0,65	0,62	1,00	
INFRA	4	0,86	0,46	0,86	1,00

Tabla 15. Coeficientes de monotonidad entre las categorías y los ejes POSAC para la muestra total de estudiantes

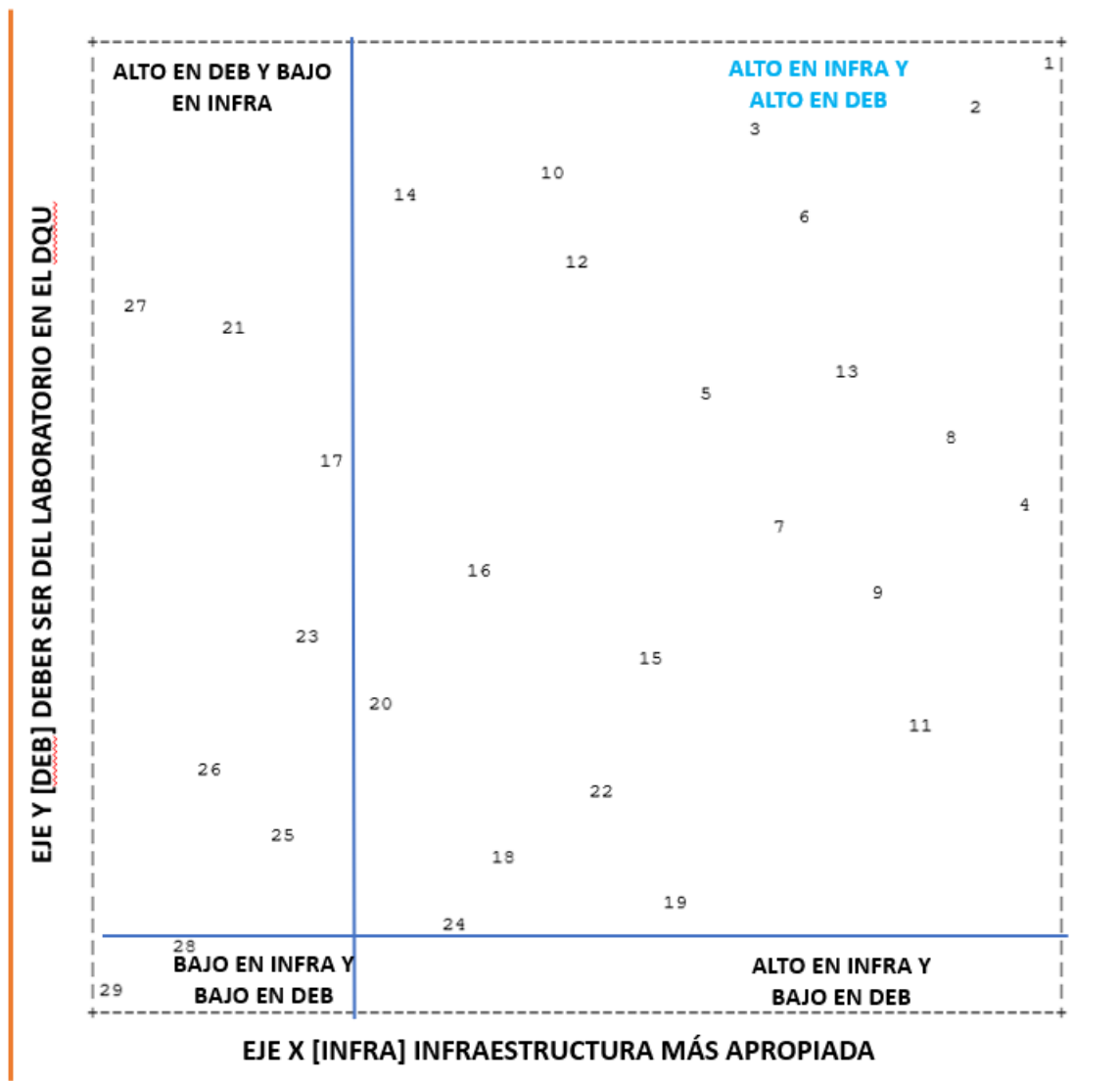
COEFICIENTES DE MONOTONICIDAD ENTRE CADA ÍTEM OBSERVADO Y LOS FACTORES						
ÍTEM	J	L	X	Y	P	Q
AMP	0,93	0,15	0,85	0,75	0,93	0,86
DEB	0,88	-0,73	0,42	0,99	0,81	0,88
DIF/TRIC	0,92	0,52	0,93	0,57	0,89	0,87
INFRA	0,94	0,64	0,98	0,56	0,93	0,88

En la Tabla 15 se muestra una muy elevada correlación de la categoría INFRA con el eje X con una puntuación de 0,98, mientras que el eje Y correlaciona con la categoría DEB con un puntaje de 0,99.

Para finalizar el análisis bajo POSAC, se presenta el escalograma para las percepciones de la muestra total de estudiantes respecto a la reestructuración de infraestructura de los laboratorios del DQU.

En el escalograma de la Figura 3 se muestran los perfiles generados que se detallaron en la Tabla 13 y se realiza una partición representada con las líneas azules para poder comprender el comportamiento y ubicación de los perfiles según la correlación de las categorías.

Figura 3. Mapa POSAC categorías para la muestra total de estudiantes



En la Figura 3 se puede observar el escalograma bidimensional para la muestra total de estudiantes, en la cual se observa que un porcentaje del 81,8% de los estudiantes se encuentran en la parte superior derecha, (diferenciada en azul), la cual corresponde a alto en INFRA y alto en DEB lo cual indica que un alto porcentaje de los estudiantes que tienen un resultado alto en estas categorías. Enmarcando una aceptación óptima por parte de los estudiantes en referencia a la reestructuración infraestructural de los laboratorios del DQU, en términos de implementación de herramientas digitales para su desarrollo, teniendo en cuenta el papel que desempeñan las prácticas de laboratorio en el aprendizaje en química.

Por otro lado, un 15,2% de la muestra se encuentran en alto en DEB y bajo en INFRA, a pesar de la puntuación baja para INFRA, estos resultados siguen siendo óptimos dado que el porcentaje de la muestra es bajo y aun así hay aceptación por la aproximación presencial y digital (virtual/remoto) en el desarrollo de prácticas experimentales. Finalmente, un 3% de la muestra de estudiantes se encuentran en bajo en INFRA y bajo en DEB, lo cual es un promedio favorable en relación con la muestra total de estudiantes.

5. CONCLUSIONES

Se logró evaluar y analizar las percepciones de los estudiantes de Teorías Químicas III del ciclo de fundamentación y Métodos de Análisis Químico del ciclo de fundamentación del Departamento de Química de la Universidad Pedagógica Nacional, respecto a las cuatro categorías propuestas, que pretendían evidenciar la aprobación y/o aceptación de una muestra intencionada de estudiante en cuanto a la posibilidad de transformar las prácticas de laboratorio desde la visión de laboratorios *tri-componente*.

Cabe resaltar que a partir de las prácticas de laboratorios que se llevaron a cabo en varios espacios académicos orientados por el profesor Jaime Casas, se logró un acercamiento de las prácticas de laboratorio a partir de la propuesta *tri-componente (presencial/virtual/remoto)*, haciendo uso de herramientas virtuales y equipos de grabación de audio y video, lo que permitió el ejercicio de pilotaje en tal sentido.

En las prácticas orientadas bajo la modalidad triádica o dual, fue evidente la ganancia en términos de aprendizaje, que se hizo evidente en las notas y/o en los productos que algunos de los grupos entregaron, así como en el nivel de argumentación, debido a un múltiple acercamiento al ejercicio de laboratorio, que obligó al estudiante a aplicar un ejercicio de contrastación, que le permitió resolver dudas y efectuar comparaciones para consolidar el conocimiento en temáticas como cinética química (para TQIII) o absorción atómica (para el Énfasis Didáctico II). Para este caso, los informes de laboratorio dan cuenta del trabajo con muestras reales, sintéticas o simuladas, que agregan un toque de realidad al ejercicio experimental en el DQU.

Respecto al estado del arte sobre las nuevas modalidades en las que se desarrollan las prácticas experimentales actualmente, se efectuó una revisión en cuanto a las herramientas tecnológicas, digitales y virtuales que se emplean en química para simular prácticas de laboratorio, así como también la posible inclusión de modalidades como la de realidad virtual, realidad aumentada, realidad mixta y la inteligencia artificial en los procesos de enseñanza-aprendizaje, lo cual ha ido cambiando la visión educativa y ha

impulsado a sector educativo a implementarlo en los procesos académicos para mejorar el aprendizaje de las ciencias del siglo XXI.

En cuanto al estudio de percepciones, respecto a las cuatro categorías propuestas, se puede concluir que la categoría AMP (posibilidades de ampliación de la concepción del laboratorio en el DQU) revela que los estudiantes muestran aún resistencia al cambio en cuanto a la concepción del laboratorio, acomodándose a un enfoque tradicional en la enseñanza de la química experimental, lo que puede explicarse desde el imaginario en colectivo que presupone que las prácticas presenciales aportan un aprendizaje más consolidado que las prácticas virtuales. No obstante, lo anterior, también emerge un sentir en el grupo encuestado de que se considera al Departamento de Química de la UPN como un referente de una propuesta de vanguardia para reformular y reestructurar los laboratorios de química, reconociendo su importancia en la formación de docentes en química en el ámbito nacional.

Por otro lado, en la categoría DEB (deber ser del laboratorio en el DQU) muestra que los estudiantes de Teorías Químicas III (ciclo de fundamentación) tienden a ser más receptivos a la idea de integrar herramientas digitales en las prácticas de laboratorio en comparación con los estudiantes de Métodos de Análisis Químico II (ciclo de profundización). Por su parte, en la categoría DIF/TRIC (diferenciación de laboratorios para profesiones docentes/no docentes y laboratorios tri-componente <presencial/virtual/remoto>) revela que los estudiantes de Teorías Químicas III tienden a mostrar una mayor aceptación hacia la adaptación y personalización de los laboratorios para la formación de docentes en química en comparación con los estudiantes de Métodos de Análisis Químico II.

Es evidente la coincidencia de un gran porcentaje de encuestados en considerar importante la reestructuración de la infraestructura del laboratorio, lo que sugiere una disposición a adoptar tecnologías avanzadas para mejorar las prácticas experimentales y el enfoque pedagógico en el laboratorio.

La metodología POSAC permitió efectuar un análisis no paramétrico, desde una serie de índices, tablas y escalogramas, que permiten vislumbrar una serie de tendencias, tanto

en estudiantes del ciclo de fundamentación, como en estudiantes del ciclo de profundización que permitió complementar y consolidar el análisis de diagramas de barras con promedios ponderados clásico, siendo de especial utilidad en la caracterización de cada subgrupo y la generación de *clústeres* particulares en cada caso.

Los mapas POSAC definieron descriptores para cada subgrupo y para la muestra total, que se pueden resumir en lo siguiente: para teorías químicas III, los descriptores son las categorías INFRA y DEB, para tres *clústeres*, con un porcentaje del 72 % con puntajes altos en ambas categorías; para MAQ II, los descriptores son las categorías DIF/TRIC y AMP, para cuatro *clústeres*, con un porcentaje del 52 % con puntajes altos en ambas categorías; finalmente, para la muestra total, los descriptores son las categorías INFRA y DEB (al igual que para TQIII), para tres *clústeres*, con un porcentaje del 82 % con puntajes altos en ambas categorías, que da cuenta de una muy apreciable tendencia de aceptación a ampliar las posibilidades de laboratorio, bajo una perspectiva triádica, particularmente para profesores de química.

Del análisis bajo la metodología POSAC se pudo determinar que las categorías AMP y DIF/TRIC tienen una alta correlación para los estudiantes de Teorías Químicas III; tal correlación indica que los estudiantes consideran que ampliar la concepción del laboratorio de química está estrechamente relacionado con la necesidad de diferenciar entre laboratorios para docentes y no docentes, lo que refleja un enfoque pedagógico y didáctico. Por su parte, para los estudiantes de Métodos de Análisis Químico II se encontró alta correlación entre las categorías DIF/TRIC e INFRA, lo cual sugiere que, para lograr la diferenciación en las prácticas de laboratorio para docentes en formación y profesionales en química y a su vez para implementar un modelo de laboratorio "tri-componente," se requiere una reestructuración de la infraestructura actual de los laboratorios del DQU.

6. RECOMENDACIONES

La propuesta de reestructuración de los laboratorios del Departamento de Química de la Universidad Pedagógica Nacional debe continuar en su proceso de gestión y ejecución, con el fin de lograr cambios significativos e innovadores en la infraestructura del DQU y a su vez lograr implementar módulos digitales y las herramientas tecnológicas que permitan diferenciar las prácticas de laboratorio para docentes en formación de profesionales en química y de esa manera fortalecer el aprendizaje de los estudiantes.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Apale. A, Remigio. A, Martínez. A., (2018). Laboratorio virtual de Química controlado mediante la tecnología Leap Motion (IKTAN). Expociencias Veracruz Norte. Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz
- Ariza, C. Amaya, D. (2008). Laboratorio remoto aplicado a la educación a distancia. *Ciencia E Ingeniería Neogranadina*, 18(2), 131–145. <https://doi.org/10.18359/rcin.1493>
- Balverdi, C., Balverdi, M., Marchisio, P., Sales, A., (2020). El modelo “clase invertida” en Química Analítica. *Educación Química*. 31(3), 15- 26
Doi: <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2020.3.70250>
- Barbera, O., Valdez, P. (1996). El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias. Una revisión. *Enseñanzas de las ciencias*. 14(3), 365-379
- Bardaji, M., Rodríguez, I., (2012). “La Química a escena” en el Museo 1 de la Ciencia de Valladolid, una tabla periódica interactiva, 3D y mucho más. *Real Sociedad Española de Química*, 108(3), 328-333.
- Bergemann, J., Sams, A., (2014). Dale la vuelta a tu clase. Biblioteca Innovación Educativa
- Benítez, H., Ballbé, A., Ballbé, N. (2020). El método del aula invertida en las asignaturas de Química para especialidades biomédicas y diagnósticas. *Editorial Ciencias Médicas*. 26(4).
- Boada. A, (2018). Potencialidades de la herramienta “sakai” en la enseñanza universitaria. caso de éxito: ceipa, business school. En M. Durán, V. Durán (Ed.), *Tic actualizadas para una nueva docencia universitaria* (pp. 57-66). Editorial Mc Graw Hill Education.
- Bonilla. A, (2018). La realidad virtual móvil desde un enfoque educativo. En M. Durán, V. Durán (Ed.), *Tic actualizadas para una nueva docencia universitaria* (pp. -66-80). Editorial Mc Graw Hill Education
- Byukusenge. C., Nsanganwimana. F., Tarmo, A. (2023). Exploring Students' Perceptions of Virtual and Physical Laboratory Activities and Usage in Secondary Schools. Doi: DOI: 10.26803/ijlter.22.5.22

- Capuya, F., Montero, E., Arguedas, C., Idoyaga, I. (2023). Laboratorios Remotos: Un recurso para el aprendizaje de la temática de gases en cursos universitarios masivos en Argentina durante la pandemia de la COVID. *Revista Innovaciones Educativas* 25 (38). Doi: <https://doi.org/10.22458/ie.v25i38.4121>
- Carvajal, Y., (2010). Interdisciplinariedad: desafío para la educación superior y la investigación. *Revista Luna Azul*. 31, 156-159.
- Casas, D, (2018). Aprendizaje colaborativo a través de wiki y de blog. Mención especial al caso de la enseñanza del derecho. En M. Durán, V. Durán (Ed.), *Tic actualizadas para una nueva docencia universitaria* (pp. 110-116). Editorial Mc Graw Hill Education.
- Casas, J. & Guerrero, L. (2023). Laboratorios tri-componente: Apuesta por resignificación de prácticas de enseñanza, en la dimensión experimental para química. Colección Textos para la Innovación Docente. AMEC Ediciones. ISBN 978-84-17584-83-2.
- Chevallard, Y. (1998). *La transposición didáctica. Del saber sabio al saber enseñado*. AIQUE Grupo Editor.
- Collado, C., Gelado, M., (2019). Prácticas de Laboratorio de Química Marina: Aula invertida y TICs. *VI Jornadas Iberoamericanas de Innovación Educativa en el Ámbito de las TIC y las TAC Las Palmas de Gran Canaria*, Tomado de: https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/58103/2/Practicas_Laboratorio_Quimica_Marina.pdf
- Dávila, G., (2006). El razonamiento inductivo y deductivo dentro del proceso investigativo en ciencias experimentales y sociales. *Revista de Educación Laurus*, 12, 180-205.
- Díaz, G. (2020). Metodología del estudio piloto. *Revista chilena de radiología*. 23 (3). Tomado de: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-93082020000300100
- Durán, M. J., & Durán, V. I. (2018). *Tic actualizadas para una nueva docencia universitaria*. Retrieved from <http://ebookcentral.proquest.com>.
- Espinosa, E., González, K., Hernández, L. (2016). Las prácticas de laboratorio: una estrategia didáctica en la construcción de conocimiento científico escolar. 12(1), 266 - 281.

- Fernández, D. (2018). Nuevas herramientas multimedia en la *Flipped Classroom*. En M. Durán, V. Durán (Ed.), *Tic actualizadas para una nueva docencia universitaria* (pp. 203-210). Editorial Mc Graw Hill Education
- Fiad, S., Galarza, O., (2015). El laboratorio Virtual como Estrategia para el proceso de Enseñanza – Aprendizaje del Concepto de Mol. *Formación Universitaria*. 8 (4), 3 – 14.
- Flores, J., Caballero, M., Moreira, M. (2009). El laboratorio en la enseñanza de las ciencias: Una visión integral en este complejo ambiente de aprendizaje. *Revista de Investigación*, 68 (33), 75-112.
- Galagovsky, L., Adúriz, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto didáctico analógico. *Enseñanza de las ciencias*. 19 (2), 231 – 242
- Gallego, A., gallego, R., Pérez, R. (2006). ¿Qué versión de ciencia se enseña en el aula? Sobre los modelos científicos y la didáctica de la modelación. *Educación y Educadores*, (9) 1,105-116
- García, L., (2021). COVID-19 y educación a distancia digital: pre confinamiento, confinamiento y pos-confinamiento. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*. 24(1), 9-25.
<https://doi.org/10.5944/ried.24.1.28080>
- García, S, Torralba, R, (2018). Laboratorios virtuales: recurso didáctico aplicado a prácticas experimentales de análisis químico. En M. Durán, V. Durán (Ed.), *Tic actualizadas para una nueva docencia universitaria* (pp. 271-288). Editorial Mc Graw Hill Education
- Gil, D., Furio, C., Valdés, P., Salinas, J., Martínez, J., Guisasola, J., González, E., Dumas, A., Goffard, M., Pessoa, A. (1999). ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio? *Enseñanza de las ciencias*, 17(2), 311-320.
- González, J. (2020). Las simulaciones interactivas como recurso didáctico en la enseñanza y aprendizaje de la química / trabajo de grado. Universidad Pontificia Bolivariana. Repositorio Bolivariana
<https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/8258/Las%20simula>

- ciones%20interactivas%20como%20recurso%20did%C3%A1ctico%20en%20la%20ense%C3%B1anza%20y%20aprendizaje.pdf?sequence=1
- Hernández, R., Fernández, C., Baptista, M. (2014). Metodología de la investigación (4ta. ed.). México D.F.: Edit. Mc Graw Hill Interamericana.
- Hofstein, A. (2004). THE LABORATORY IN CHEMISTRY EDUCATION: THIRTY YEARS OF EXPEDIENTÉ WITH DEVELOPMENTS, IMPLEMENTATION, AND RESEARCH. *Chemistry Education: research and práctico*. 5(3), 247-264
- Infante, C. (2014). Propuesta pedagógica para el uso de laboratorios virtuales como actividad complementaria en las asignaturas teórico-prácticas. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*. 19 (62), 917 – 937.
- Laudadio, M., Da Dalt, E. (2014). Estudio de los estilos de enseñanza y estilos de aprendizaje en la universidad. *Educación y Educadores*. 17(3), 483-498.
- Lerma. L, Rivas. D, Adame. F, Ledezma. F, Lopez de la Torre. H, Ortiz. C., (2020). Realidad virtual como técnica de enseñanza en Educación Superior: perspectiva del usuario. *Enseñanza & Teaching*, 38 (1), 111-123. DOI: <https://doi.org/10.14201/et2020381111123>
- Lopez, A., Tamayo, O., (2012). Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*. 8(1), 145 - 166.
- Lorenzo, G., Salerno, A., Blanco, M. (2009). ¿Puede aprenderse química orgánica en la universidad presenciando una clase expositiva? *Didáctica de la química*.
- Luce. S., (2020). New Innovation in the Flipped Chemistry Classroom. *The Graduate Review*, 5, 24-33.
Doi: https://vc.bridgew.edu/grad_rev/vol5/iss1/7
- Marín, L., Marín, C., Ospina, J. (2017). Laboratorio virtual de química: una experiencia de diseño interdisciplinar. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*. 51, 98-110
- Martínez, J., (2020). Química en un museo ferroviario. *Enseñanza de la química*. 116(3), 181-190
- Mayorga, R., Quiroz, A., Martínez, A., Salazar, D. (2020). Prueba Piloto. *Salud y Educación*. 9(17), 69-70.

- MINEDUCACIÓN (2015). Orientaciones para la construcción en los establecimientos educativos del manual de normas de seguridad en el laboratorio de química y de física.
- Mojica, G., (2021). Laboratorios virtuales y duales en química analítica. Un experimento didáctico hacia la resignificación de las prácticas de laboratorio / trabajo de grado. Universidad Pedagógica Nacional. Repositorio Pedagógica. <http://repositorio.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/16780/trabajo%20de%20grado%20Gm.pdf?sequence=7&isAllowed=y>
- Monje, C. (2011). METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN CUANTITATIVA Y CUALITATIVA. Guía didáctica. Universidad Surcolombiana. Neiva.
- Moreno. N, Leiva. J, (2018). Realidad aumentada y realidad virtual para la formación en el grado de historia del arte. En M. Durán, V. Durán (Ed.), Tic actualizadas para una nueva docencia universitaria (pp. 529-550). Editorial Mc Graw Hill Education
- Mulet, L., Hing, R. (2008). La historia de la Química y el desarrollo de la sociedad. *Tecnología Química. XXVIII (3), 15-27*
- Nieves, M., Abellán. G., Carnicer., (2009). Experiencias de química en un museo didáctico e interactivo de Ciencias. *Real Sociedad Española de Química. 105(4), 300-304.*
- Ocaña. Y, Valenzuela. L, Garro. L. (2019). Inteligencia artificial y sus implicaciones en la educación superior. Scielo Perú 7(2). <http://dx.doi.org/10.20511/pyr2019.v7n2.274>
- Quecedo, R., Castaño, C. (2002). Introducción a la metodología de investigación cualitativa. *Revista de Psicodidáctica, 14, 5-39*
- Rodríguez, K., Vargas, K. (2009). Análisis del experimento como recurso didáctico en talleres de ciencias: el caso del museo de los niños de Costa Rica. *Revista Electrónica "Actualidades Investigativas en Educación". 9 (1), 1-20*
- Salazar, J. (2019). Aula invertida como metodología educativa para el aprendizaje de la química en educación media / trabajo de grado. / Trabajo de grado. Universidad de la Costa. Repositorio Universidad de la Costa. Tomado de <https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/5907/Aula%20invertida%20como%20metodolog%C3%ADa%20educativa%20para%20el%20aprendizaje%20de%20qu%C3%ADmica>

[20de%20la%20qu%C3%ADmica%20en%20educaci%C3%B3n%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y](#)

- Sanz, A., Martínez, J. (2005). El uso de los laboratorios virtuales en la asignatura bioquímica como alternativa para la aplicación de las tecnologías de la información y la comunicación. *Tecnología química*. XXV (1), 5-17
- Tello. D., (2018). Realidad Mixta/Híbrida para la Enseñanza de Animación en la Educación Superior. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Bucaramanga-UNAB.
- Triana N., Herrera C., Mesa N. (2020). Importancia de los laboratorios remotos y virtuales en la educación superior. Documentos De Trabajo ECBTI, 1(1). <https://doi.org/10.22490/ECBTI.3976>
- UNESCO. (2000). *Informe de la Reunión de Expertos sobre Laboratorios Virtuales, París: Unesco. Disponible en: <http://unesdoc.unesco.org/images/0011/001191/119102s.pdf>*

8. ANEXOS

Anexo 1. Instrumento de validación

Tabla 1. Categorías de validación del instrumento e indicadores.	
CATEGORÍAS	INDICADORES
Suficiencia Los ítems que pertenecen a una misma dimensión bastan para obtener la medición de ésta.	Los ítems no son suficientes para medir la dimensión. Los ítems miden algún aspecto de la dimensión, pero no corresponden a la dimensión total. Se deben incrementar algunos ítems para poder evaluar la dimensión completamente. Los ítems no son suficientes.
Claridad El ítem se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas.	El ítem no es claro El ítem requiere bastantes modificaciones o una modificación muy grande en el uso de las palabras de acuerdo con su significado o por la ordenación de estas Se requiere una modificación muy específica de algunos de los términos del ítem. El ítem es claro, tiene semántica y sintaxis adecuada.
Coherencia El ítem tiene relación lógica con la dimensión o indicador que está midiendo.	El ítem no tiene relación lógica con la dimensión. El ítem tiene una relación tangencial con la dimensión. El ítem tiene una relación moderada con la dimensión que está midiendo. El ítem se encuentra completamente relacionado con la dimensión que está midiendo.
Relevancia El ítem es esencial o importante, es decir, debe ser incluido	El ítem puede ser eliminado sin que se vea afectada la medición de la dimensión. El ítem tiene alguna relevancia, pero otro ítem puede estar incluyendo lo que mide éste. El ítem es relativamente importante. El ítem es muy revelante y debe ser incluido.

Fuente: adaptado de Escobar y Cuervo (2008, p.37)

Nota: para la elaboración de la herramienta virtual se consideraron cuatro categorías; el indicador uno de las categorías se asigna cuando el ítem no cumple con la categoría, y así en lo sucesivo hasta el indicador cuatro, lo que representa que el ítem cumple totalmente con lo que se espera de acuerdo con la definición de la categoría. Solo en el caso de suficiencia se califica por dimensión y no por ítem.

Anexo 2. Encuesta de percepción sobre el constructo "laboratorio de química" en el DQU.

Nº. DE ÍTEM	DIMENSIÓN	CODIFICACIÓN	ENUNCIADO
1	POSIBILIDADES DE AMPLIACIÓN DE LA CONCEPCIÓN DEL LABORATORIO EN EL DQU	AMP1	Considero que el tiempo destinado para el desarrollo de algunas prácticas presenciales de laboratorio ha sido un significativo factor limitante, que en buena medida no ha permitido consolidar el aprendizaje en los estudiantes.

2		AMP2	Considero que cuando se aplicaron laboratorios virtuales durante la pandemia se evidenció un avance significativo en lo referente a las posibilidades de concebir el laboratorio de química al interior del DQU.
3		AMP3	Considero que tener un registro audiovisual de una práctica de laboratorio puede llegar a ser una alternativa útil para complementar y, en algunos casos, sustituir una práctica presencial.
4		AMP4	Considero que el Departamento de Química de la UPN más que ningún otro, debería ser el llamado a la formulación de una propuesta de vanguardia en la resignificación del laboratorio de química desde sus marcos: académico, estructural, organizacional y de gestión.
5		AMP5	Según mi juicio, un laboratorio con posibilidades de acceso remoto, presencial y/o virtual mejorará significativamente la demanda de la Licenciatura en

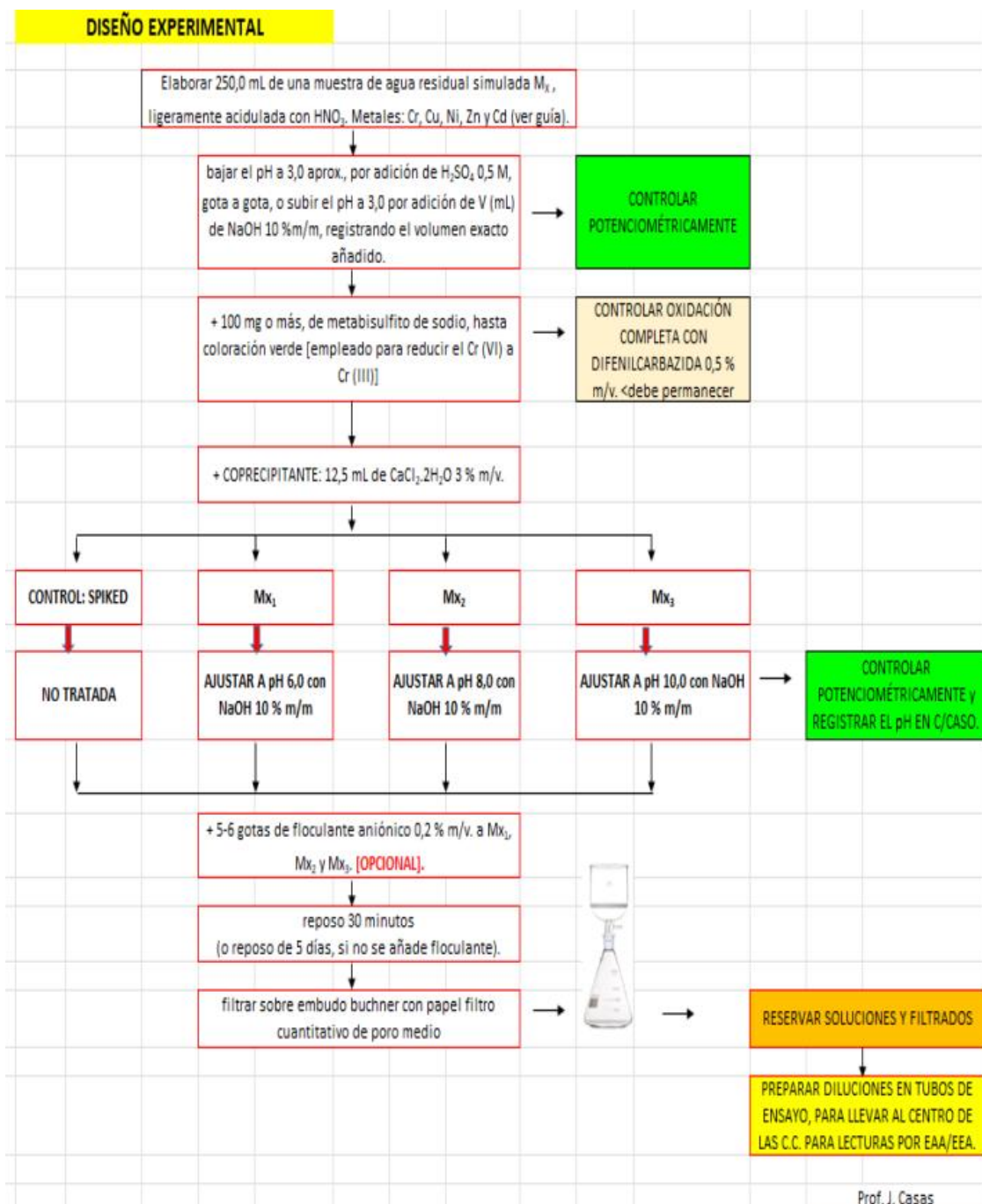
			Química y de la Maestría en Docencia de la Química frente a otros programas similares, en contextos nacionales e internacionales.
6	DEBER SER DEL LABORATORIO EN EL DQU	DEB1	Considero que los laboratorios de química al interior del DQU debe continuar de la manera como se ha venido desarrollando sin mayores modificaciones.
7		DEB2	Desde mi punto de vista, la integración entre la teoría y la práctica puede darse en el escenario de un laboratorio pensado desde una aproximación presencial y/o digital (digital: virtual/remoto).
8	DIFERENCIACIÓN DE LABORATORIOS PARA PROFESIONES DOCENTES/NO DOCENTES.	DIF/TRIC 1	Desde mi criterio, considero que los laboratorios para un docente en formación inicial o avanzada deben ser ajustados o modificados en lo referente a su INFRAESTRUCTURA, para ofrecer la posibilidad del acceso remoto o de laboratorios virtuales para los estudiantes.
9		DIF/TRIC 2	Considero que un laboratorio de química para profesionales de

			la educación merece una mirada particular y diferenciante, relacionada con su potencial didáctico, frente a profesionales no docentes (químicos o ingenieros).
10		DIF/TRIC 3	Considero que el laboratorio para profesores de química ha de constituirse en una pertinente y real posibilidad de implementación de las TIC para enriquecer la enseñanza y el aprendizaje desde este escenario.
11	LABORATORIOS TRICOMPONENTE (presencial/virtual/remoto)	DIF/TRIC 4	El acceso remoto, virtual y presencial (en el laboratorio o en casa) constituye 3 aristas de un triángulo que conformaría lo que se debería entender como un escenario de posibilidades para una práctica de laboratorio.
12		DIF/TRIC 5	Según mi criterio, los laboratorios virtuales y/o de acceso remoto son opciones viables para la formación de futuros docentes de química inmersos en nuevas realidades, comprensiones y contextos.

13	INFRAESTRUCTURA MÁS APROPIADA	INFRA1	Bajo mi punto de vista, una transformación radical a la infraestructura del espacio físico para laboratorio de química debe incluir componentes de audio y video, para registrar, monitorear y transmitir de manera remota las experiencias prácticas.
14		INFRA2	Considero que para la realización de prácticas experimentales en los espacios físicos de laboratorio es conveniente incorporar una cabina/módulo que admita la implementación de dispositivos tecnológicos para trabajar con realidad aumentada, virtual o mixta.
15		INFRA3	A mi juicio no es necesario modificar los espacios físicos de laboratorio en términos de infraestructura, en la medida que la aproximación digital debe realizarse de manera separada al lugar de trabajo experimental.

Anexo 3 [LAB 1]. Remoción de metales en una muestra simulada.

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL LICENCIATURA EN QUÍMICA. ESPACIO ACADÉMICO: ÉNFASIS DIDÁCTICO II. REMOCIÓN DE METALES EN UNA MUESTRA SIMULADA. Un ejercicio de laboratorio con un significativo potencial didáctico para química instrumental



Anexo 4. [LAB 2]. Cuatro titrimetrías.

MÉTODOS DE ANÁLISIS QUÍMICO II

Cuatro titrimetrías: Una revisión a las aplicaciones del equilibrio iónico en soluciones acuosas. TITRIMETRÍA ÁCIDO/BASE
OBJETIVOS
Ilustrar la determinación volumétrica de ácido acetil salicílico en muestras reales y la de un reactivo analítico, trabajado a modo de muestra spyked.
Determinar la concentración exacta de cada valorante empleado, a partir de los datos de la titulación frente al estándar primario respectivo.
Determinar el contenido real de ASA en un comprimido, a partir de los consumos de la titulación por retroceso (segunda parte de la metodología) y la pureza del reactivo trabajado como spyked, esta vez empleando el volumen total de base (primera parte + segunda parte) y el volumen de exceso en la valoración por retroceso, expresando el resultado como porcentaje en masa.
PROCEDIMIENTO EN DIAGRAMA DE FLUJO, CON LOS DATOS EXPERIMENTALES (uno para cada producto analizado)
TABLAS DE DATOS
CÁLCULOS (si son repetitivos, solo la muestra de cálculos), en los casos en los que haya lugar. Incluir los cálculos aplicados para la planificación del protocolo aplicado, para la muestra asignada.
TABLAS DE RESULTADOS
DISCUSIÓN DE RESULTADOS <máximo 5 renglones>
BIBLIOGRAFÍA

Prof: Jaime A. Casas

Anexo 5. [LAB 3]. Laboratorio triádico

TEORÍAS QUÍMICAS III

PRÁCTICA N° 2
LABORATORIO TRIÁDICO (presencial, virtual y modelado): ESTUDIO DE UNA REACCIÓN CINÉTICA
OBJETIVOS
Ilustrar la determinación de la ecuación de velocidad para la reacción cinética: Peróxido de Hidrógeno vs. Ion Yoduro, en medio ácido.
Calcular, para el laboratorio virtual de ChemLab ^(R) , el orden específico para el ion yoduro y para el agua oxigenada de la ecuación de velocidad, por la aproximación diferencial (Gráficos: $\ln V_{Rx}$ vs. $\ln [I^-]_i$ <para peróxido constante>, y $\ln V_{Rx}$ vs. $\ln [H_2O_2]_i$ <para yoduro constante>); calcular también la constante específica de velocidad para el sistema en estudio (de pseudo orden cero para el protón).
Calcular, para el laboratorio presencial, el orden específico para el ion yoduro y para el agua oxigenada de la ecuación de velocidad, por la aproximación integral graficar $[I^-]_f$ vs. t reloj, $\ln [I^-]_f$ vs. t reloj, $1/[I^-]_f$ vs. t reloj, $1/([I^-]_f^2)$ vs. t reloj, para el caso de exceso de peróxido y graficar $[H_2O_2]_f$ vs. t reloj, $\ln([H_2O_2]_f)$ vs. t reloj, $1/[H_2O_2]_f$ vs. t reloj, $1/([H_2O_2]_f^2)$ vs. t reloj, para el caso de exceso de yoduro, (de pseudo orden cero para el protón).
Para el laboratorio presencial, efectuar el proceso de modelado en excel ^(R) , de manera que cuando se den los <i>inputs</i> de los volúmenes de todos los reactivos, incluido el agua, aparezca, a modo de <i>output</i> , el tiempo de reacción en la pantalla (entregar en archivo de excel aparte).
CÁLCULOS (si son repetitivos, ejemplifique solo una muestra de ellos)
GRÁFICOS
TABLAS DE RESULTADOS
DISCUSIÓN DE RESULTADOS <máximo 5 renglones>
BIBLIOGRAFÍA

Prof. J. Casas