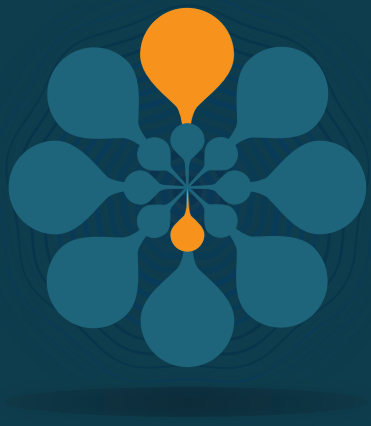
Colección Perspectivas Didácticas



Redireccionamientos al laboratorio de química:
una aventura investigativa y docente hacia la universidad del futuro

Jaime Augusto Casas Mateus
Liliana Rocío Guerrero Villalobos

UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL
Educadora de educadores

Redireccionamientos al laboratorio de química:

una aventura investigativa y docente hacia la universidad del futuro

Redireccionamientos al laboratorio de química:
una aventura investigativa y docente hacia la universidad del futuro

Jaime Augusto Casas Mateus
Liliana Rocío Guerrero Villalobos

UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL
Educadora de educadores

Catalogación en la fuente - Biblioteca Central de la Universidad Pedagógica Nacional

Casas Mateus, Jaime Augusto. Redireccionamientos al laboratorio de química: una aventura investigativa y docente hacia la universidad del futuro / Jaime Augusto Casas Mateus, Liliana Rocío Guerrero Villalobos. – Primera edición. – Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional, 2024.
135 páginas. – (Colección Perspectivas Didácticas)

Incluye: Referencias bibliográficas.
ISBN impreso: 978-628-7760-25-7
ISBN PDF: 978-628-7760-15-8
ISBN Epub: 978-628-7760-16-5

Laboratorio – Enseñanza – Química. 2. Personal Docente - Química – Evaluación. 3. Laboratorio – Investigaciones – Química. 4. Profesores Universitarios – Química – Evaluación. 5. Qiímica - Experimentos. 6. Laboratorios de Química – Metodología. I. Guerrero Villalobos, Liliana Rocío. II. Tít.

542.1. ed. 21

Redireccionamientos al laboratorio de química: una aventura investigativa y docente hacia la universidad del futuro

Autores:
Jaime Augusto Casas Mateus
Liliana Rocío Guerrero Villalobos

© Universidad Pedagógica Nacional

ISBN impreso: 978-628-7760-25-7
ISBN PDF: 978-628-7760-15-8
ISBN Epub: 978-628-7760-16-5

Primera edición, 2024

Helberth Augusto Choachí González
Rector

Paola Acosta Sierra
Vicerrectora de Gestión Universitaria

Víctor Espinosa Galán
Vicerrector Académico

Yaneth Romero Coca
Vicerrectora Administrativa y Financiera

Gina Paola Zambrano Ramírez
Secretaria General

preparación editorial
Grupo Interno de Trabajo Editorial
Universidad Pedagógica Nacional
Calle 72 # 12-77
editorial.upn.edu.co
Teléfono: (57-601) 594 1894, ext. 190
Bogotá, Colombia

Alba Lucía Bernal Cerquera
Coordinación

Tomás Collazos Garay
Edición

Juan Camilo Gómez Barrera
Corrección de estilo

Mauricio Salamanca
Diagramación

Paula Andrea Cubillos Gómez
Diseño de carátula

Carvajal Soluciones de Comunicaciones S. A. S.
Impresión

Bogotá, D. C., 2024

Fechas de evaluación: 30 de noviembre de 2023

Fecha de aprobación: 22 de diciembre de 2023

Hecho el depósito legal que ordena la Ley 44 de 1993 y el decreto reglamentario 460 de 1995.

Esta publicación puede ser distribuida, copiada y exhibida por terceros si se mencionan los créditos correspondientes. No se puede obtener ningún beneficio comercial. No se pueden realizar obras derivadas.

A Jesucristo, maestro de maestros, señor y salvador de mi vida: mi Dios, en quien confiaré por siempre.

A mi Gilmita, mi esposa, amor de mi vida, mujer de mi juventud, mi más grande bendición.

A mi hermano Rafael, a Claudia su esposa y a sus hijos Esteban, Laura Tatiana y Karly Vanessa. A la familia de mi Gilmita, Consuelo, Brayan Alejandro y Lorena su esposa, Guillermo y sus allegados, muy particularmente a mi amigos y pastores Eder Díaz, Nicolás Díaz, Nicolás Osorio, José Fernando Gil, Manuel Cendales y a sus hogares; en general a la iglesia Renacer, en donde he aprendido a compartir con mis Hermanos en la fe; en suma, porque considero que todos ellos, en una u otra medida, siempre han estado allí cuando las cosas no se dan como uno quisiera.

Finalmente, a mis estudiantes, a quienes quisiera siempre amar como lo hizo y lo hará mi Maestro eterno.

Nunca se aparten de ti la misericordia y la verdad; átalas a tu cuello, escríbelas en la tabla de tu corazón; y hallarás gracia y buena opinión a los ojos de Dios y de los hombres.

Proverbios 3: 3 y 4

Contenido

Agradecimientos 17

Prólogo 19

De la introducción 23

Capítulo 1.
De la idea central 25

Capítulo 2.
Del constructo *laboratorio de química* *29*

Capítulo 3.
Del proyecto: con los ojos puestos en el futuro próximo 59

Capítulo 4.
Del marco metodológico 67

Capítulo 5.
De los resultados: evidencias del camino en la concreción del proyecto 87

Capítulo 6.
De las conclusiones, proyecciones, alcances y limitaciones 131

Sobre los autores 137

Referencias 139

Lista de figuras

Figura 1. Dimensiones, reactivos y codificación
empleada para el estudio de percepciones 72

Figura 2. Ejemplificación de comparabilidad o incomparabilidad
de perfiles en un mapa POSAC, con P >> Q, P >> R pero Q # R y Q # S 80

Figura 3. Estamentos de la muestra intencionada 88

Figura 4. Fragmento de formato de validación de contenido
del instrumento de percepciones, enviado al primer experto 89

Figura 5. Diagrama de barras de promedios
de las dimensiones TRA y EXT, para los tres estamentos mayoritarios 99

Figura 6. Escalograma 3D para SSA en docentes,
con las particiones y *clústeres* propuestos por los autores. Vista 1 101

Figura 7. Escalograma 3D para SSA en docentes,
con las particiones y *clústeres* propuestos por los autores. Vista 2 102

Figura 8. Escalograma 3D para SSA en estudiantes,
con las particiones y *clústeres* propuestos por los autores. Vista 1 103

Figura 9. Escalograma 3D para SSA en docentes,
con las particiones y *clústeres* propuestos por los autores. Vista 2 104

Figura 10. Escalograma 3D para SSA en egresados,
con las particiones y *clústeres* propuestos por los autores. Vista 1 105

Figura 11. Escalograma 3D para SSA en egresados,
con las particiones y *clústeres* propuestos por los autores. Vista 2 106

Figura 12. Escalograma POSAC global y particiones, estamento docentes 110

Figura 13. Escalograma POSAC para la categoría AMP y particiones, estamento docentes 110

Figura 14. Escalograma POSAC para la categoría TRIC y particiones, estamento docentes 111

Figura 15. Escalograma POSAC para la categoría DEB y particiones, estamento docentes 111

Figura 16. Escalograma POSAC para la categoría DIF y particiones, estamento docentes 112

Figura 17. Escalograma POSAC global y particiones, estamento estudiantes 114

Figura 18. Escalograma POSAC para la categoría AMP y particiones, estamento estudiantes 115

Figura 19. Escalograma POSAC para la categoría TRIC y particiones, estamento estudiantes 115

Figura 20. Escalograma POSAC para la categoría DEB y particiones, estamento estudiantes 116

Figura 21. Escalograma POSAC para la categoría DIF y particiones, estamento estudiantes 116

Figura 22. Escalograma POSAC global y particiones, estamento egresados 118

Figura 23. Escalograma POSAC para la categoría TRIC y particiones, estamento egresados 119

Figura 24. Escalograma POSAC para la categoría DEB y particiones, estamento egresados 119

Figura 25. Escalograma POSAC para la categoría DIF y particiones, estamento egresados 120

Figura 26. Fragmentos de una guía de práctica desarrollada desde las tres aproximaciones 124

Lista de tablas

Tabla 1. Funciones educativas del experimento 30

Tabla 2. Tipos de habilidades generadas por el experimento 31

Tabla 3. Trabajos de grado o tesis sobre algunos de los tópicos relacionados con laboratorios triádicos 38

Tabla 4. Población seleccionada para el estudio de percepciones 69

Tabla 3. Categorías de validación y descripción para el instrumento de percepciones 72

Tabla 4. Perfiles profesionales de los expertos 74

Tabla 6. Baremo para ponderación a respuestas de estamentos 75

Tabla 7. Baremo para ponderación a respuestas de estamentos para SSA y POSAC 76

Tabla 8. Instrumento definitivo de percepciones sobre el constructo laboratorio de química, v3 90

Tabla 9. Reactivos y dimensiones valorados por cada estamento en el instrumento de percepciones, v3 92

Tabla 10. Coeficientes de confiabilidad interna y reactivos problemáticos del instrumento de percepciones, v3 93

Tabla 11. Coeficientes de confiabilidad interna y reactivos problemáticos por estamentos 95

Tabla 12. Coeficientes ítem-total corregido, para todos los reactivos del instrumento, para estamentos estudiantes + docentes + egresados 96

Tabla 13. Coeficientes ítem-total corregido, para todos los reactivos del instrumento, para estamentos estudiantes + docentes + egresados, en la dimensión AMP 97

Tabla 14. Coeficientes ítem-total corregido para todos los reactivos del instrumento, para estamentos estudiantes + docentes + egresados, en la dimensión DIF 97

Tabla 15. Promedios ponderados de las dimensiones TRA y EXT, para los tres estamentos mayoritarios 98

Tabla 16. Perfiles POSAC para docentes 108

Tabla 17. Matriz de coeficientes de monotonicidad débil entre dimensiones o categorías, estamento docentes 109

Tabla 18. Índices CORREP para los perfiles generados, estamento docentes 109

Tabla 19. Coeficientes de monotonicidad débil entre dimensiones y ejes, estamento docentes 109

Tabla 20. Perfiles POSAC para estudiantes 112

Tabla 21. Matriz de coeficientes de monotonicidad débil entre dimensiones o categorías, estamento estudiantes 113

Tabla 22. Índices CORREP para los perfiles generados, estamento estudiantes 113

Tabla 23. Coeficientes de monotonicidad débil entre dimensiones y ejes, estamento estudiantes 114

Tabla 24. Perfiles POSAC para egresados 117

Tabla 25. Matriz de coeficientes de monotonicidad débil entre dimensiones o categorías, estamento egresados 117

Tabla 26. Índices CORREP para los perfiles generados, estamento egresados 118

Tabla 27. Coeficientes de monotonicidad débil entre dimensiones y ejes, estamento egresados 118

Tabla 28. Miniproyectosy metodologías instrumentales desarrolladas en cada énfasis 125

Tabla 29. Aproximaciones, planos de implementación y duración de cada miniproyecto 126

Agradecimientos

J. Casas

Debo dar gracias primeramente a mi Señor, dueño de mi vida y sujeto de mi adoración. A mi Gilmita, quien ha estado allí en los momentos difíciles, para darme todo de sí, una palabra de aliento, un consejo, una mirada, una sonrisa, manifestándome su amor y su categoría en todo momento, para ella mi agradecimiento y mi amor por siempre.

También, mis sentidos agradecimientos a los profesores y compañeros Luis Alberto Castro y Liliana Guerrero Villalobos y a la profesora investigadora Aurora Ramos, prologuista del presente libro.

A la Universidad Pedagógica Nacional, que tuvo a bien recibirme como estudiante de pregrado, de doctorado y de profesor de su alma mater.

L. Guerrero

Luego de finalizar este libro, quiero manifestar mis más sinceros agradecimientos a Dios, por la hermosa oportunidad de vivir y permitirme expresar de muchas formas lo que durante el regalo de la vida he podido aprender, para aportarle a los demás. A toda mi familia que con su amor

incondicional y apoyo constante me motivan permanentemente a darlo todo para contribuir al proceso de formación de otros que, como yo, un día iniciaron su camino en la docencia. Al profesor Jaime Casas con quien hemos trabajado y emprendido diversos proyectos, que se materializan algunos de ellos hoy en esta obra.

A la Universidad Pedagógica Nacional, que es mi casa, donde inicié mi formación como profesora y ahora tengo la fortuna de ser parte de sus respetados maestros, lo que me llena de profundo orgullo, alegría y sobre todo responsabilidad, en el sentido de retribuir y compartir con los estudiantes y colegas todo lo que he aprendido con el mismo empeño y calidad con el que me formaron.

Prólogo

La universidad que aprende de las crisis es lo que resalta el trabajo realizado por los profesores Jaime Casas y Liliana Guerrero. Ellos nos plantean cuestionamientos que necesitaríamos considerar para tener una mejor idea acerca de cómo interpretar lo que llamamos "laboratorio de química" en la educación universitaria en los tiempos que corren. También nos sugieren mirar al horizonte para tratar de imaginarlo mejor, adaptado y evolucionado.

La enseñanza, el principal propósito de la escuela y de la universidad, es un proceso complejo que no puede interpretarse de manera simple a través de la premisa causa y efecto. ¿Deberíamos haber aprendido algo de todas las dificultades enfrentadas, derivadas de la pandemia, en la enseñanza experimental de la química en la universidad? ¿Para qué sirvieron las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en ese sentido? ¿Podrían tener características o escenarios preferibles para su uso? ¿Qué se sabe de eso ahora? ¿La química puede enseñarse de una manera distinta? O, mejor aún, ¿qué sabemos de cómo se aprende la química? ¿Qué puede resultar más efectivo?

En los sistemas complejos, las propiedades del conjunto no pueden entenderse a partir del conocimiento completo de sus constituyentes

individuales, sino que, al formar una unidad de orden superior, presentan propiedades llamadas "emergentes", que son diferentes y a menudo inesperadas de las de sus componentes individuales. Los sistemas complejos tienen respuestas con respecto al tiempo que, por lo general, son no lineales, responden al ambiente y pueden ser adaptativos. Dicha adaptación puede ocurrir en múltiples escalas: cognitiva, a través del aprendizaje y el desarrollo psicológico; social, al compartir información a través de vínculos sociales, o incluso evolutivo, a través de la variación genética y la selección natural. Bajo esta lente, la universidad, como organización, puede tener varios escenarios: que no sobreviva porque no aprende; que sobreviva porque tiene un aprendizaje adaptativo, o que sobreviva y evolucione, porque al poseer los marcos de referencia adecuados que le ayudan a identificar las áreas de oportunidad, puede convertir lo aprendido en un instrumento de mejora sostenible. En este contexto, en el mejor de los casos, la universidad se ha desarrollado como una organización que aprende y se adapta. A pesar de ello, la universidad del futuro debe ir más allá, debe evolucionar. Cabe la pregunta: ¿cuáles son estas áreas de oportunidad que podrían interpretarse en esta metáfora como "variación genética" y "selección natural"?

Los autores realizan una investigación que profundiza en diferentes propiedades del constructo de "laboratorio de química" para entender cómo debe evolucionar y, en ese sentido, pensar en un "laboratorio de química emergente". Nos muestran un panorama en la universidad del futuro que va desde las opciones presencial, digital o remota, hasta la articulación de nuevas dinámicas de trabajo del componente experimental, considerando la infraestructura, destinación de recursos, gestión, administración de procesos y capacitación de estamentos involucrados. A partir del punto de vista didáctico, abordan las denominadas "situaciones problemáticas experimentables" y los niveles de abertura en el trabajo experimental y cómo benefician tanto la estrategia de aula invertida como la inclusión de las TIC al aprendizaje de la química. Igualmente, presentan

resultados de diferentes trabajos de grado de licenciatura y maestría en docencia que dan luz sobre los procesos de enseñanza-aprendizaje.

Los autores nos presentan el diálogo que establecen con los actores principales de la Licenciatura en Química y la Maestría en Docencia de la Química de la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia para reinterpretar lo que entienden por el "laboratorio de química". Nos sugieren escenarios muy imaginativos en los cuales estos laboratorios en el futuro se benefician de los avances tecnológicos en términos de riqueza de medios para ofrecer laboratorios virtuales o bajo acceso remoto, que complementan o sustituyen, de acuerdo con los objetivos, los presenciales que todos conocemos.

El mensaje de Casas y Guerrero es contundente: el concepto de "laboratorio de química" tiene que resignificarse. Para fundamentar esta afirmación, diseñan una encuesta que indaga por las percepciones que las personas involucradas en el proceso de enseñanza-aprendizaje tienen al respecto. Nos muestran el proceso de validación de ítems, la confiabilidad interna del instrumento, así como la interpretación que arroja el estudio estadístico aplicado, de tal forma que tienen un instrumento de arranque para seguir indagando en el constructo de "laboratorios de química".

Me parece que esta reflexión es muy pertinente en este momento de la historia, ya que nos puede dar una ventaja competitiva no solo por la adaptación a las nuevas exigencias humanas, económicas y sociales, sino por la evolución que tendría que estar dándose para cumplir con la meta de formar profesionales y docentes relacionados con el ámbito de la química, preparados para enfrentar un mundo muy complejo y en transformación.

Aurora Ramos Mejía
Editora en jefe de *Educación Química*

De la introducción

Estamos en tiempo de pospandemia. Todos los seres humanos hemos vivido situaciones que ni siquiera imaginábamos: tapabocas por doquier, caras tristes, periodos de aislamiento y confinamiento interminable, hospitales y clínicas abarrotados de gente, normatividades cambiantes y súbitas, así como restricciones extrañas a nuestros sentidos. Hemos sido impactados por nuevos términos y nuevas condiciones: distanciamiento mínimo preventivo, inmunidad de rebaño, trabajo remoto, lecciones de cómo lavarse las manos, cómo desinfectar superficies, qué hacer y qué no hacer al saludar a otros, cómo proceder en caso de infección o muerte de un ser querido y mil cosas más.

Ha sido un tiempo difícil, de cambios infinitos y de nuevas maneras de comprender el entorno, la realidad, la vida, la economía, la política, el planeta. En una palabra: todo. En tal situación, los profesores universitarios hemos tenido que aprender, un poco "a las malas", a interactuar con nuestros estudiantes y con nuestras autoridades, además de lidiar con nuevas "tareas" y funciones, en la vía de continuar con la praxis en las instituciones educativas. En buena medida, siempre vigilantes de la calidad del ejercicio docente y de la pertinencia de la formación de nuestros discípulos, hacia mejores seres humanos y, en algunos casos, como en el de la Universidad Pedagógica Nacional, hacia mejores maestros de un futuro

incierto, pleno de variaciones y sujeto a nuevos escenarios coyunturales, toda una profusión de problemáticas de sentido mucho más complejas y difíciles de abordar y salvar.

Saliendo de tal escenario, ya en tiempo de pospandemia, al maestro comprometido con su rol en la sociedad y el compromiso con sus estudiantes o futuros maestros, le es necesario hacer un alto en el camino para hacer una mirada intencionada y autocrítica a la eficiencia de las estrategias, procesos y prácticas de enseñanza aplicados antes, durante e inmediatamente después de esa coyuntura mundial, que dejó una estela de dolor, de angustia, pero también de aprendizaje y reflexión.

Este libro ha sido pensado para innovar y avanzar, en la ruta de revisar en profundidad el marco específico del laboratorio de química. Este es un terreno de arenas movedizas y de radical importancia en un dominio que es connatural a las ciencias experimentales. En tal sentido, se postulan acciones a futuro para renovar y redireccionar las prácticas de enseñanza, en la línea de mejorar y quizás optimizar este escenario sin par, que se ha de mostrar como atractivo, apasionante e identitario del maestro de química.

Capítulo 1.
De la idea central

El imaginario alrededor de lo que se concibe como laboratorio de química ha resistido a una serie de contingencias y otro tanto de periodos de transición. Esto ha sucedido en el ambiente universitario, en el que las realidades del escenario que ha permitido implementar o desarrollar la actividad experimental han sufrido transformaciones en lo tocante a estructura, espacio, currículo, oportunidad o instancias, ponderación respecto a las clases teóricas, entre otras.

Una interpretación más completa al constructo del laboratorio de química es pertinente en el sentido de responder en dos planos investigativos: uno de ellos, el de dar cuenta de nuevas maneras de enseñar y aprender sobre el trabajo experimental, sin presentar significativa afectación por las limitantes o problemáticas asociadas a ejes en el terreno de riesgos, costos, distancias, carencias, tiempos, planeación, recurso humano, por solo citar algunas. El otro plano es el relacionado con la atención a un nuevo tipo de aprendiz, quien ha crecido en un entorno de comodidad en lo referente al manejo de la información por la vía digital o desde dispositivos tecnológicos, denominado nativo digital (Piscitelli, 2008).

Del problema, la pregunta y los objetivos

Del problema

Hablando del problema, este libro en sus manos pone la mira en un futuro no muy lejano, en el que se potencialice y revalore el lugar del laboratorio de química en la escena de la enseñanza y el aprendizaje de la química, para dinamizar no solo el constructo como tal, sino las maneras como este se explicita en las aulas universitarias.

En tal condición, el laboratorio de química, pensado como un mero lugar físico en el que se realizan actividades experimentales, dotado de mesones, cabinas extractoras, materiales de vidrio, porcelana o hierro, reactivos y puntos eléctricos, de agua, de aire o de gas, parece mostrar un vacío en el conocimiento. Esto se da porque, además de encuadrarse en prácticas de corte tradicional, no tiene en cuenta otras perspectivas de trabajo experimental que interpretan el laboratorio de química de formas diversas.

Los autores hacen referencia a un vacío en el conocimiento al entender que es posible que los profesores vean, en la opción digital, una manera de complementar o realizar el laboratorio presencial. Por otro lado, es probable que los docentes hayan implementado sus prácticas en forma presencial/digital sin ser conscientes de ello, pero también podría interpretarse desde la óptica de pensar que estas alternativas complementarias de trabajo, relacionadas con el ejercicio experimental, en buena medida, no se han estudiado e investigado de manera sistemática, articulada e intencionada. A modo de ejemplo, una práctica de la técnica Resonancia Magnética Nuclear (RMN^{1}H o RMN^{13}C) no se podría realizar de manera presencial en una institución que no posea el equipo de RMN que genere el espectro de una sustancia en estudio. Pese a ello, la práctica podría realizarse de manera remota o desde una máquina virtual.

De la pregunta

Para atender el problema recién formulado, son necesarias dos acciones: una de ellas apunta a nominar y dar identidad al proyecto o propuesta; la otra se encuentra en el plano de orientar la enseñanza hacia una articulación de las maneras o modos de efectuar aproximaciones al constructo y al trabajo experimental en concreto. Estas deben ser pertinentes y en lo posible combinadas de forma sinérgica. Allí surgen las siguientes preguntas de investigación:

¿Cómo se debe redireccionar el *laboratorio de química*, desde los diversos modos de entender el constructo y sus prácticas inherentes a nivel universitario, para atender a nuevos sujetos de aprendizaje, nuevas realidades y desarrollos de orden tecnológico? ¿Qué adelantos se pueden mostrar a la comunidad académica, hacia su concreción en el mediano plazo, para una universidad del futuro?

De los objetivos

Para dar respuesta a las preguntas problema recién enunciada, surge una serie de objetivos:

- Nominar la propuesta: *laboratorios triádicos o tri-componente de química* como una manera integral de concebir la actividad experimental en el área de la química, desde aproximaciones presencial, digital o remota.

- Definir una serie de elementos por considerar para reestructurar el espacio físico de laboratorio, con el propósito de propiciar la articulación de las actividades presenciales con las aproximaciones digital y/o remota.

- Evaluar las percepciones de los estamentos del Departamento de Química de una universidad como la Universidad Pedagógica Nacional y,

con base en los resultados, formular una estrategia de sensibilización hacia la pertinencia de tales laboratorios triádicos.

- Caracterizar las fases para una concreta implementación de la propuesta a mediano plazo, teniendo en cuenta todos los actores implicados, así como los elementos incidentes o moduladores.

- Presentar y evaluar los resultados, las limitaciones y los alcances de acercamientos a la concreción de la propuesta, para una universidad del futuro.

- Ajustar y adecuar la propuesta de manera permanente frente a nuevos desarrollos, en la medida que potencien y resignifiquen el *laboratorio de química* en términos de su real y favorable potencial didáctico para nuevas generaciones.

Capítulo 2.
Del constructo *laboratorio de química*

El experimento en química: la puerta de entrada al escenario de laboratorio

Al estudiar el escenario de laboratorio, es necesario plantear algunas claridades que fundamentan el sustento de toda propuesta, como la formulada en este libro, porque se pretende reorientar y resignificar el trabajo experimental en química.

Para iniciar, conviene afirmar que el experimento en química se ha entendido como la observación individual o colectiva de un fenómeno, bajo unas ciertas condiciones predeterminadas, que en buena medida enlazan conocimientos teóricos con prácticos, bajo el supuesto que tal observación podría realizarse a conveniencia en diversas ocasiones de manera repetida (Orlik, 2002). En el mismo sentido, las prácticas de laboratorio se asumen como oportunidades de realizar una serie de experimentos, dispuestas de forma intencional para tal fin, bajo determinados ambientes de trabajo. Estas prácticas involucran personas, insumos, materiales, momentos y secuencias orientadas a la enseñanza de lo que se pudiera llamar el trabajo experimental en química.

No obstante, con el objetivo de superar una serie de dificultades, se ha optado por expandir el aula presencial con la implementación de alternativas y estrategias virtuales que no reemplazan el ejercicio de una práctica real, pero pueden proporcionar al estudiante una experiencia de aprendizaje con un rol central. Esta forma permite en buena medida la familiarización con insumos, reactivos, materiales y procedimientos, en algunas ocasiones acompañados de cálculos y de análisis previos. Así, se desarrollan actividades experimentales de manera segura y reproducible (Argel *et al*., 2020).

Con relación al ámbito de la enseñanza, Echeverri *et al*. (2009) afirman que el experimento químico cumple diversas funciones, caracterizadas por una serie de objetivos específicos y otro tanto de habilidades, que en gran manera trascienden del mero aspecto manipulativo de materiales, reactivos y equipos propios del laboratorio.

En la Tabla 1, se resumen cuatro funciones del experimento y sus objetivos; por su parte, en la Tabla 2 se formula una serie de habilidades, según los autores mencionados líneas atrás.

Tabla 1. Funciones educativas del experimento

Función	Objetivos
Heurística	Generación de nuevos datos, determinación de leyes y conceptos o constructos.
Investigativas	Desarrollo de conocimientos y habilidades, en términos de la naturaleza y composición de muestras y materiales.
	Desarrollo de habilidades relacionadas con operación y ajuste de equipos y montajes.
	Apropiación de metodologías de trabajo investigativo.
Sintética	Formulación de fundamentos que soporten generalizaciones.
	Formulación de habilidades experimentales para el trabajo práctico.
Correctiva	Formación en el manejo e identificación de fuentes de error.
	Revisión, ajuste y consolidación de conceptos teóricos.

Fuente: Tomado y adaptado de Echeverri *et al.* (2009).

Tabla 2. Tipos de habilidades generadas por el experimento

Habilidades	Descripción
Organizacionales	Planeación del experimento, selección adecuada de insumos, secuencias, tiempos y grupos de trabajo.
Técnicas	Uso y manejo adecuado de materiales, reactivos, montajes y su disposición para la realización exitosa de experimentos, bajo normas de seguridad y buenas prácticas de laboratorio (BPL).
Intelectuales	Conocimiento de objetivos, situación problema o fenómeno a abordar, condiciones y fundamentos, tanto teórica como práctica de los experimentos, así como adecuada discusión y análisis de resultados y conclusiones de todo el trabajo realizado.
De medición	Empleo de instrumentación y equipos para dar cuenta de los datos y resultados, cuali o cuantitativos, considerando las fuentes de error y las posibilidades de generación de gráficos o diseño y ejecución de simuladores, que pueden enfocarse al seguimiento de los procesos en el tiempo, modificando variables y condiciones.

Fuente: Tomado y adaptado de Echeverri *et al.* (2009).

Antes de abordar algunas de las propuestas de reorientación de prácticas de laboratorio, conviene indicar que, como lo afirman Estany e Izquierdo (2001), al enseñar temáticas de ciencias que se han llevado al escenario de laboratorio se torna imprescindible reflexionar sobre lo que ocurre cuando se da una interacción entre estudiantes, profesores y contenidos en un marco social determinado. Para el presente estudio, se centra en lo que se denomina 'experimento', en el que confluyen reactivos, equipamiento, actividades y observaciones o mediciones relacionadas con fenómenos, que en buena medida responden a modelos teóricos y que se enmarcan en situaciones de enseñanza.

Según lo anterior, es la didáctica, entendida como una ciencia de diseño, la que tipifica y matiza la enseñanza para el entorno del laboratorio de química y se articula con la estructuración teórica, el ordenamiento y la secuenciación de actividades o sesiones de práctica. Esto permite redundar en el aprendizaje de constructos o fenómenos en estudio (Estany

e Izquierdo, 2001), sustentado en la experimentación a modo de puerta de entrada al escenario de laboratorio. Este ámbito se materializa y explicita a partir de tres juegos posibles de implementación: presencial, digital y remota, en el entendido de que los abordajes pueden darse de manera disyunta, pero también bajo una mirada articulada y sinérgica.

Sobre la necesidad de un enlace entre el experimento y los constructos que pretende establecer

Una vez descritas las lecturas o comprensiones al experimento y a las funciones que le han de ser inherentes, conviene plantear la necesidad de una articulación entre la actividad práctica, que se concreta en tales experimentos, y el conocimiento particular, que se consolidaría en constructos y conceptos por enseñar, sobre todo, en el ámbito específico de las ciencias naturales.

En esa dirección expuesta, es pertinente citar autores como Arrieta y Marín (2002), quienes realizaron una revisión sobre los modelos o interpretaciones que contextualizan y dan fundamento a las actividades de corte experimental. Estas se agrupan en dos tendencias: unas que apuntan a soportarse en el desarrollo del conocimiento científico y en las actividades propias de los científicos (analogía: el alumno como científico). Otras se fundamentan en las teorías que pretenden explicar las vías que conducen al aprendizaje del estudiante (analogía: el alumno como aprendiz). Por su parte, los autores formulan una mirada complementaria entre estas dos tendencias, refiriendo la enseñanza de las ciencias naturales a partir de la advertencia sobre la existencia de una serie de factores propios de cada aprendiz, unos de matiz afectivo y otros en cambio de carácter cognitivo, como parámetros definitorios del éxito de toda actividad experimental que apunte a construir conocimiento.

Arieta y Marín (2002) clasifican las propuestas formuladas por diversos autores, a propósito de una revisión a publicaciones en revistas de alto

impacto en didáctica de las ciencias, en términos de emplear uno u otro enfoque (alumno como científico o alumno como aprendiz). Sin embargo, los autores del presente documento encuentran que los investigadores pueden se categorizados si se acomodan a las aproximaciones presencial/ digital/ remota, o a mezclas de dos de ellas, en referencia a la enseñanza de la actividad experimental.

El anterior análisis conduce a formular las propuestas de Beltrán *et al*. (1991), Fernández *et al*. (1992), Gil *et al*. (1994), Marín (1985, 1996), García *et al*. (1998), Izquierdo (1999), Pesa (1999) (citadas en Marín *et al*., 2002), como orientadas bajo la modalidad presencial. Algunas de estas propuestas están enfocadas en el trabajo experimental hecho en casa, mientras que solo dos propuestas, la de Fernández (1992), implementaron la computación como medio de enseñanza a partir del desarrollo de tutoriales, automatización de prácticas y procesos. También se encuentra la de Hodson (citado en Marín, 2002), quien planteó el desarrollo de actividades alternativas soportadas con el empleo del ordenador.

Sobre el laboratorio de química. Una mirada intencionada en el ámbito universitario

Antes de plantear un recorrido al trabajo de laboratorio en el terreno de las aulas universitarias, conviene afirmar que muchas de las investigaciones, como se detallará más adelante, se han enfocado en solo uno de los elementos fundantes de los futuros (al menos esa es la expectativa de los autores) laboratorios triádicos. Estos se han planteado con base en el componente de laboratorios presenciales, laboratorios digitales o bajo acceso remoto y, en tal sentido, se muestran los antecedentes que se han trabajado hasta la fecha, esto con la intención de referenciar dichas tradiciones como elementos de partida para una revisión unificada e integral al ejercicio experimental en química.

No obstante, conviene afirmar que en años recientes se vislumbraban primeros pasos en lo referente a implementaciones digitales y posibles combinaciones de aproximaciones para el laboratorio de química. Estos avances son de particular interés y, en buena medida, han emergido y catapultado por contingencias como la pandemia por la COVID-19 o por coyunturas sociales o políticas de los países en los que se han desarrollado. Por tanto, es necesario explicar de maneras diversas las propuestas de redireccionamiento de los laboratorios de química surgidas a finales del siglo XX y principios del XXI, en especial para contextos universitarios y de educación media o secundaria, algunas de las cuales son referentes al trabajo experimental en el escenario físico.

Niveles de abertura

En primera medida, la propuesta de niveles de abertura tiene que ver con una posibilidad de incrementar gradualmente la intervención de los estudiantes en la planeación y desarrollo de prácticas de laboratorio (bajo nivel de abertura para escasa participación de estudiantes y alta para lo contrario). Con ello se disminuye tanto la intervención del docente como la información brindada para tales prácticas, lo cual permite sacar provecho al trabajo experimental en términos del aprendizaje, desde la concepción de abertura o nivel de descubrimiento permitido o proporcionado (Valverde *et al*., 2005).

La propuesta de Valverde *et al*. (2005) fue implementada en Barcelona, España, con estudiantes de niveles académicos de química variados e incluyó aquellos que habían visto asignaturas básicas de química en el ámbito universitario. En principio, la propuesta fue planteada para atender a la problemática de heterogeneidad en el estudiantado y estructurada en pequeños subgrupos en los que los integrantes poseían diferente nivel de conocimiento en química. En esencia, se buscaba promocionar el aprendizaje colaborativo, en fuerte contradicción a prácticas expositivas y a sus

respectivos manuales, cuestionados por su rigidez y por su escaso éxito en la promoción del aprendizaje, en especial para procesos cognitivos de orden superior (Valverde *et al*., 2005).

Situaciones problemáticas experimentables

Otra propuesta de enfocar y orientar los trabajos de laboratorio de manera no convencional es la denominada Situaciones Problemáticas Experimentables (SPE), que fue postulada por la profesora Soubirón (2005). Esta propuesta buscaba promocionar procesos de autorregulación y metacognición en los aprendices, basada en la formulación de una situación problema de alguna complejidad que fuera abordable mediante el trabajo experimental o desde el plano teórico por los estudiantes. A su vez, se centraba en la formulación de interrogantes que pudieran llegar a convertirse en una situación problema real.

En el ámbito experimental, las SPE se plantearon para ser estructuradas en cuatro fases: preactiva, activa, posactiva y de retroalimentación. Estas se concibieron más desde la resolución de problemas y no a partir del fenómeno de indagación como punto de partida.

Aula invertida o *flipped classroom*

Esta es una propuesta relacionada con una manera de enfocar el laboratorio que es empleada en campos muy distantes de la química, como la informática de sistemas o la electrónica y de manera significativa en el campo de la teoría, más que en el ámbito experimental. Revisando sus inicios, el aula invertida se formuló como una alternativa para responder a la inasistencia a clases en el instituto Woodland Park en Colorado, EE. UU. Fue creada por los docentes Jonathan Bergmann y Aaron Sams en 2007 (citados por Ortiz *et al*., 2019), quienes utilizaron presentaciones en PowerPoint que fueron publicadas en internet, con el objetivo de ser visualizadas sin la necesidad de la presencia física de los estudiantes.

En este mismo terreno de los antecedentes, Ortiz *et al.* (2019) describen una investigación en la que se demuestra la viabilidad de la implementación de la metodología de aula invertida, como preparatoria para el trabajo experimental. Dicha propuesta requirió de la entrega a los estudiantes de un material audiovisual previo al laboratorio presencial. Ese ejercicio implicó un proceso evaluativo secuencial de diversos criterios, que incluyen preguntas previas, cuaderno de laboratorio y examen, posterior a su visualización. La evaluación fue aplicada a estudiantes de las titulaciones de grado de Química y Ciencias Ambientales, en la Universidad de Almería en España. Las prácticas propuestas bajo la modalidad de aula invertida en el estudio mencionado fueron cinco, pero solo cuatro de ellas fueron aplicadas de manera presencial: preparación de soluciones, filtración, valoración ácido/base y relación propiedades físicas/tipo de enlace químico.

Los resultados del estudio apuntan a demostrar que aquellos estudiantes que trabajaron de manera consciente y constante, siguiendo esta metodología, presentaron menores niveles de ansiedad frente a las prácticas presenciales. Adicionalmente, se evidenció la promoción del aprendizaje autónomo y activo en los participantes, con el atenuante de un aumento en la carga de trabajo, tanto en docentes como en estudiantes (Ortiz *et al.*, 2019).

Inclusión de las TIC en las prácticas de enseñanza del componente experimental

El acceso remoto también se empleó, sobre todo, durante la pandemia por la COVID-19. Esto permitió aproximar a los estudiantes al escenario de laboratorio sin la necesidad de la interacción de ellos con reactivos, materiales y procedimientos (Idoyaga *et al.*, 2020).

En consonancia con lo anteriormente descrito, estas metodologías incursionan en el abanico de opciones denominadas laboratorios virtuales

(Vergara *et al*., 2022). Esto se debe a la funcionalidad y profusión de simuladores en el campo de las ciencias experimentales y de las matemáticas (Osorio *et al*., 2012).

Es conocido y difundido el empleo de laboratorios virtuales con *software* específico para química o biología. Estas modalidades combinan herramientas tecnológicas de realidad aumentada y abren el camino a escenarios remotos y digitales. A su vez, tienen posibilidades de retroalimentación y de reproducción a voluntad de un experimento de laboratorio y, en algunos casos, variaciones o modificaciones a aquellas establecidas inicialmente por defecto (Vergara *et al*., 2022).

Cabe resaltar que se ha dado una transición gradual del escenario presencial al terreno de lo virtual, señalado como una tendencia marcada en la educación pospandemia, que apunta en alguna medida al incremento de escenarios híbridos a futuro (Vergara *et al*., 2022; Martí *et al*., 2022).

Otros antecedentes

En Colombia, se encuentra una serie de trabajos de grado en licenciatura en Química y tesis de maestría en Docencia de la Química, dirigidos por el profesor Jaime Casas, uno de los autores del presente libro. Estos trabajos hacen referencia a ejercicios de intervención didáctica en cursos de pregrado, en seminarios de posgrado o en instituciones escolares, referidos a alguno de los siguientes tópicos: niveles de abertura (NA), situaciones problemáticas experimentables (SPE), *flipped classroom*, laboratorios bajo acceso remoto, laboratorios virtuales, simulaciones o estilos de enseñanza. Estas investigaciones se desarrollaron en el campo de la química analítica clásica o instrumental y fueron implementados entre los años 2008-2023. La siguiente tabla detalla los trabajos.

Tabla 3. Trabajos de grado o tesis sobre algunos de los tópicos relacionados con laboratorios triádicos

		Lic. en Química	Maestría en Doc. de la Qca.											
N°	**Año**	**Trabajo de grado (pregrado)**	**Tesis (maestría)**	**Título**	**Autores (Bibliografía)**	**NA**	**SPE**	**FC**	**LR**	**LV**	**Sm**	**EEL**	**QA**	**QI**
1	2008	X		Diseño y validación del software educativo "separación de lipoproteínas séricas" basado en el aprendizaje por investigación. <Codirección de J. Casas>.	López, M. y Santos, D. (2008).					X				X
2	2009	X		Aproximación matemática al estudio de equilibrios simultáneos, un enfoque desde los sistemas de ecuaciones.	Bernal, L. y Cañón, R. (2009).						X		X	
3	2010	X		Trabajo practico de laboratorio en HPLC: un acercamiento desde los niveles de abertura.	Tovar, J. y Angulo, D. (2010).	X								X
4	2010		X	TPL y niveles de abertura: una propuesta didáctica hacia la transformación de las prácticas de enseñanza.	Espinosa, E. y Méndez, A. (2010).	X								
5	2010		X	Una propuesta didáctica experimental sobre elementos de química ambiental, desde la enseñanza para la comprensión y los niveles de abertura en secundaria.	García, C. y Ángel, F. (2010).	X								
6	2011	X		Trabajos prácticos de laboratorio desde los niveles de abertura: una propuesta didáctica hacia la transformación de las prácticas en química analítica.	Pelayo, D., Mondragón, J. y Correal, P. (2011).	X							X	
7	2012	X		Preferencias cognitivas y niveles de abertura: elementos diagnósticos en la enseñanza de la química.	Alba, D. y Delgado, E. (2012)	X								
8	2012		X	Niveles de abertura y química en contexto, una posibilidad de aproximación del estudiante al laboratorio de química a nivel de educación secundaria.	Navarrete, L. (2012).	X								
9	2012		X	Aproximaciones a la caracterización de profesores de química desde el diseño y validación de un instrumento para establecer sus estilos de enseñanza.	Castrillón, N. (2012).							X		
10	2013	X		SPE: escenarios de intervención y transposición didáctica en química universitaria.	Sierra, J. (2013).		X							X

		Lic. en Química	Maestría en Doc. de la Qca.											
N°	**Año**	**Trabajo de grado (pregrado)**	**Tesis (maestría)**	**Título**	**Autores (Bibliografía)**	**NA**	**SPE**	**FC**	**LR**	**LV**	**Sm**	**EEL**	**QA**	**QI**
11	2013		X	Estilos de enseñanza en el laboratorio, una mirada al campo de la enseñanza de la química a nivel universitario.	Angulo, D. y Rubio, C. (2013).							X		
12	2013		X	Niveles de abertura y situaciones problemáticas experimentables: una propuesta didáctica en la maestría en docencia de la química.	Barragán, D. y Díaz, R. (2013).	X	X							
13	2017	X		Comprensión del estado sólido en estudiantes de grados 9° y 10°. Una propuesta didáctica apoyada en el uso de la simulación.	Castro, C. (2017).						X			
14	2017	X		Propuesta de ambiente de aprendizaje como sinergia al laboratorio de volumetría ácido – base para profesores en formación inicial.	Muñoz, S. y Zambrano, R. (2017).						X		X	
15	2017		X	Resignificación del laboratorio de química en grado décimo: una propuesta hacia cambios actitudinales, desde los niveles de abertura.	García, A. y González, R. (2017).	X								
16	2018	X		Fortalecimiento del trabajo de laboratorio y su complementación con una simulación digital: una alternativa para la enseñanza de la potenciometría de ion selectivo.	Fonseca, H. y Torres, L. (2018).						X			
17	2018	X		Situaciones Problemáticas Experimentables: una alternativa didáctica hacia la promoción de conocimientos declarativo, procedimental y funcional en profesores en formación inicial.	Martínez, J. (2018).		X							X
18	2019	X		Trabajo de laboratorio desde la implementación de niveles de abertura: alternativas para la promoción de procesos cognitivos de alto orden en química analítica.	Castillo, D. (2019).	X								X
19	2019	X		Habilidades procedimentales en la enseñanza de la cromatografía líquida: una estrategia construida desde la *flipped classroom* para profesores en formación.	Bogotá, D. y Solarte, L. (2019).			X						X

		Lic. en Química	Maestría en Doc. de la Qca.											
N°	**Año**	**Trabajo de grado (pregrado)**	**Tesis (maestría)**	**Título**	**Autores (Bibliografía)**	**NA**	**SPE**	**FC**	**LR**	**LV**	**Sm**	**EEL**	**QA**	**QI**
20	2019		X	Evaluación de actitudes y eficacia del modelo *flipped classroom*: transposición didáctica para la enseñanza del concepto de polielectrolito en educación media.	Triviño, W. (2019).			X						
21	2020	X		ABP desde *flipped classroom*: formulación de un ambiente virtual de aprendizaje para RMN ^{1}H.	Rodríguez, L. y Salazar, J. (2020).			X		X				X
22	2021	X		Laboratorios virtuales y duales en química analítica. Un experimento didáctico hacia la resignificación de las prácticas de laboratorio.	Mojica, G. (2021).					X				X
23	2021		X	Laboratorios virtuales en espectrofotometría UV/VIS. Aula invertida en escenarios de química forense.	Guzmán, A. y Mancera, H. (2021).			X		X				X
24	2021		X	Enseñanza remota de temáticas de química bajo contextos cotidianos en educación media, desde Situaciones Experimentables.	Gutiérrez, L. y Prieto, A. (2021).		X		X					
25	2022	X		*Flipped classroom* para el laboratorio: PGA en la enseñanza de temáticas introductorias de termodinámica.	Daza, L. (2022).			X					X	
26	2022		X	Química relevante en contexto. Una apuesta a la enseñanza bajo la modalidad de aula invertida, para educación media.	Montealegre, J. (2022).			X						
27	2023		X	Revisión a teorías sobre la molécula primigenia de la vida. Una mirada interdisciplinar y problematizadora, desde ambientes virtuales.	Jiménez, L. y Rodríguez, L. (2023).					X				

Nota: Niveles de Abertura (NA), Situaciones Problemáticas Experimentables (SPE), *Flipped Classroom* (FC), Laboratorios virtuales (LV), Laboratorios bajo acceso remoto (LR), Simulaciones (SM), Estilos de enseñanza en el Laboratorio (EEL), Química Analítica (QA), Química Instrumental (QI).

Fuente: elaboración propia.

Se puede observar en la anterior tabla que varios de los trabajos referenciados han abordado algunos de los tópicos que se aplicarían a laboratorios triádicos. Sin embargo, apuntan de manera aislada o única al ejercicio experimental en química, lo que también es cierto para investigaciones en la literatura consultada. A pesar de ello, el objetivo que nos compete consistiría en trabajar de manera integrada, o en al menos dos de los componentes o aproximaciones, con los laboratorios triádicos: presencial, virtual y bajo acceso remoto. En los párrafos siguientes se describen los trabajos de investigación más relevantes de aquellos que se presentaron en la tabla.

Espinoza y Méndez (2010), en su trabajo de grado de Licenciatura en Química, en Bogotá, Colombia, con el fin de transformar las prácticas de enseñanza en el laboratorio de química, documentan la planeación y desarrollo de una estrategia fundamentada en los niveles de abertura (NA). El estudio pretendía promocionar procesos cognitivos de alto orden y cambios actitudinales favorables en los integrantes de una muestra de estudiantes que eran, al momento de la intervención, docentes en ejercicio.

La investigación fue aplicada a estudiantes de la Maestría en Docencia de la Química de la Universidad Pedagógica Nacional, que estaban cursando el seminario Conceptos Químicos e Implicaciones Didácticas III. El proyecto se desarrolló en tres fases: la inicial, que se enfocó en la contextualización, afinación y diseño de guías de laboratorio e instrumentos de recolección de información; la de desarrollo, en la que se aplicó la metodología de juego de roles con subgrupos que se intercambiaban en los momentos inicial y final de intervención y que en esencia se realizó desde una serie de sesiones experimentales, iniciando con un nivel de abertura cero y culminando con nivel dos, sobre tres temáticas relacionadas con la cinética y el equilibrio químico; y la final, que dio cuenta de la sistematización, análisis de información recabada y evaluación de la propuesta en su conjunto.

Durante la aplicación de la metodología de juego de roles fue evidente la pertinencia de delegar en los estudiantes una responsabilidad en la decisión sobre procedimientos adecuados para la estructuración de las prácticas de laboratorio. Esto favoreció una mejora en las actitudes y sus planos o dimensiones, relacionadas con las temáticas tratadas. Así, se favoreció la interdependencia positiva, la interacción cara a cara, la responsabilidad, la valoración individual y la promoción de habilidades interpersonales, que se refieren al componente afectivo, además de potenciar la investigación, en relación con el componente conductual.

Por otro lado, fue comprobada la aplicación de procesos cognitivos de alto orden, como analizar, evaluar y crear, en el empleo de subprocesos, como contrastar y clasificar, entre otros, que luego fueron contrapuestos para promover la categoría analizar. Además, la estrecha relación entre la propuesta con los objetivos formulados al inicio evidenció el uso adecuado de habilidades como decidir, establecer, juzgar y cuestionar, así como las de planificar, diseñar, combinar o plantear, entre otras, en articulación con la situación problema por resolver. Esto, en gran medida, fomentó la actividad de crear, que enfrenta a los esquemas rígidos o unidireccionales.

Los resultados del ejercicio de intervención, obtenidos a partir de fuentes como entrevistas semiestructuradas a maestrantes y al docente coordinador del seminario, pruebas parciales y registros fílmicos, además de observación directa, permitieron concluir que los niveles de abertura fueron eficaces en términos de la promoción de diversos procesos cognitivos de alto orden. Además, se facultaron cambios actitudinales positivos en los participantes del estudio, que dieron sustento a una muy apreciable tendencia a la pertinencia de la transformación y renovación de sus propias prácticas de enseñanza.

García y Ángel (2010), en su trabajo de tesis para optar al título de Magíster en Docencia de la Química en la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia, realizaron una propuesta didáctica bajo el modelo

enseñanza para la comprensión (EPC), los niveles de abertura (NA) y los trabajos prácticos de laboratorio (TPL) en contexto. Este trabajo lo efectuaron con estudiantes de la escuela secundaria con el propósito de facilitar el aprendizaje de conceptos estructurantes de química ambiental. Así, buscaron observar y evaluar el cambio cognitivo y actitudinal antes, durante y después de la aplicación de la propuesta didáctica experimental.

El modelo desde el que se enfocó el trabajo, enseñanza para la comprensión (EPC), se centró en el diseño de actividades sobre conceptos de la química ambiental para su comprensión. Se partió de la noción de *comprender*, entendida como ser capaz de llevar a cabo una serie de actividades que demuestran que se ha captado y se progresa en un concepto. En ese sentido, se propendió para que los estudiantes generaran su propio método de actuación y procedimientos durante el desarrollo y planeación de las prácticas de laboratorio. Esto se efectuó llevándolos a generar procesos cognitivos de alto orden, de modo que pudieran comprender y manejar los conceptos inherentes a la química ambiental, a partir de la aproximación a una problemática de su entorno.

La propuesta metodológica tuvo tres etapas: la primera, enfocada en la identificación de la postura de los estudiantes ante las prácticas de laboratorio y de su visión de ciencia, así como la elaboración, validación por juicio de expertos y aplicación de un cuestionario de entrada que permitió identificar las concepciones iniciales en el grupo objetivo. La segunda, denominada diseño e implementación de la estrategia, contó con la estructuración y realización de una salida de campo a la ribera del río Soacha más próxima a la institución educativa, con la intención de abordar problemáticas ambientales conexas.

En la segunda etapa se elaboraron documentos guía de las actividades indagadoras de los estudiantes para identificar la problemática ambiental o tópico generativo por abordar. También se construyeron en conjunto

una red de preguntas e ideas que facilitaran la elección de la ruta y de la actividad indagadora en torno al agua. El programa guía de actividades del TPL tuvo en cuenta niveles de abertura que permitieron a los participantes el alcance de las metas de comprensión, así como la observación sistemática de las actividades. Esto se logró a partir de las grabaciones en audio y video y entrevistas sobre grupos focales, lo cual centró la atención en el trabajo en equipo y en las actitudes e intereses hacia la ciencia.

En la etapa tres se aplicó la evaluación de la estrategia en torno a los aprendizajes de los estudiantes logrados en el transcurso de la aplicación de la actividad. Esto se efectuó mediante una rúbrica que también permitió medir el progreso en el cambio actitudinal. Adicionalmente, se aplicó una encuesta antes y después de la implementación de la estrategia.

Los autores argumentan que la metodología utilizada en la investigación llevó a los estudiantes a un aprendizaje significativo de los temas de la química ambiental. Esto les permitió concluir que, a partir del desarrollo de estrategias de TPL, de la enseñanza para la comprensión (EPC) y niveles de abertura (NA), se incrementó el interés de los estudiantes hacia la asignatura de Química, sobre todo en temas y conceptos de la química ambiental abordados por una problemática próxima al contexto inmediato.

En los resultados se logró evidenciar un cambio actitudinal y cognitivo positivo durante el desarrollo de la investigación. Esto se observó en las evaluaciones en las que los participantes demostraron comprensión y dominio de los conceptos relacionados con las propiedades fisicoquímicas del agua, como color, pH y turbidez. A su vez, dieron cuenta, desde los niveles de abertura (NA), el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico, lo que incrementó su interés y participación como sujetos activos y responsables de su propia formación, manifestado por ellos en los grupos focales.

Pelayo *et al.* (2011) realizaron su trabajo de grado para obtener el título de licenciados en química en la Universidad Pedagógica Nacional sobre una

propuesta didáctica para redimensionar los procesos de enseñanza y aprendizaje en química analítica. La investigación se centró en trabajos prácticos de laboratorio (TPL) y niveles de abertura (NA), para promover procesos cognitivos, procedimentales y actitudinales. Igualmente, buscaron posibilitar la transformación de las prácticas de enseñanza en química analítica, en estudiantes del DQU, sobre todo del espacio académico de Métodos de Análisis Químico I. El desarrollo de la investigación tuvo tres fases: la inicial, que contempló la contextualización, delimitación y diseño de guías e instrumentos; la de desarrollo, que se enfocó en la aplicación de sesiones experimentales desde niveles de abertura cero hasta nivel cuatro; y la final, que incluyó la sistematización y análisis de los resultados obtenidos.

Las prácticas de laboratorio propuestas correspondieron con temáticas previstas en el curso de Métodos de Análisis Químico I, entre las que se encuentran: determinación volumétrica de fosfatos, solos o en mezclas compatibles; cloruros por el método Mohr y Volhard, y la de Ca y Mg en aguas, por complexometría. Con la puesta a punto de cada una de las prácticas y la implementación de instrumentos de recolección de información, se logró el análisis de los resultados, que dieron cuenta de los avances relativos a indicadores que determinan el favorecimiento de la aplicación de procesos cognitivos y el desarrollo de habilidades procedimentales. Así mismo, se observó la promoción de cambios actitudinales y mejoras en la imagen de ciencia por parte de la población objeto de estudio.

Los autores concluyen que con el desarrollo del trabajo se consiguió promover mayores grados de conceptualización y coherencia con los constructos teóricos a través de la implementación de los TPL con niveles de abertura progresivos, debido a que los estudiantes usaron los conceptos aprendidos en función de las actividades prácticas desarrolladas. Del mismo modo, el trabajo experimental a partir de los niveles de abertura evidenció beneficios como el desarrollo de cambios actitudinales en los estudiantes, mejora en el interés hacia la ciencia, optimización de capacidades conceptuales y habilidades procedimentales para asociar los

conceptos teóricos con los experimentales y los cotidianos, como forma de estructurar el conocimiento.

Alba y Delgado (2012), en su trabajo titulado *Preferencias cognitivas (PC) y niveles de abertura: elementos diagnósticos en la enseñanza de la química*, buscaron tipificar las preferencias cognitivas de profesores en ejercicio. Para ello, se basaron en el diseño e implementación de una estrategia centrada en los niveles de abertura, lo cual favorece los procesos cognitivos de alto orden, el cambio actitudinal y la transformación de las prácticas de enseñanza, propias del trabajo experimental en química. La investigación fue descriptiva en lo referente a la determinación de las PC y a la evaluación del alfa de Cronbach, e interpretativa en lo que tiene que ver con su explicitación en el juego de roles. Se desarrolló en tres fases: una inicial, que comprendió la contextualización, delimitación y diseño de guías e instrumentos; una de desarrollo, en la que se implementó el juego de roles y la aplicación de sesiones experimentales, al inicio con nivel de abertura cero y luego con nivel dos, sobre tres temáticas: hidróxidos anfóteros, cinética química y efecto del ion diverso sobre la solubilidad. La fase involucró la evaluación continua, sistematización y análisis de información.

En el juego de roles, profesores en ejercicio matriculados en el programa de Maestría en Docencia de la Química de la Universidad Pedagógica Nacional, en Bogotá, fungieron como "estudiantes" del profesor del seminario Conceptos químicos e implicaciones didácticas II y III. Este ejercicio, bajo el contexto del trabajo práctico, permitió identificar, en los distintos informes y propuestas, las maneras como se explicitan, en algunas ocasiones de forma sutil y otras veces marcada, las PC de los profesores en escenarios de aula. Esto se observó particularmente en el ámbito experimental en el campo de la enseñanza de la química, en las que, en suma, el grupo objeto de estudio mostró una tendencia elevada hacia las preferencias *principios* y *recordar* y baja hacia *aplicación* y *cuestionamiento crítico*.

En cuanto al inventario de preferencias cognitivas y los diarios de campo, se develaron elementos de confirmación o contrastación entre lo que el participante declara y lo que realmente desarrolla o aplica en el aula de clase. Así mismo, se encontraron apreciables valores del índice de confiabilidad interna de Cronbach y valores aceptables de la correlación total-elemento que permiten concluir respecto a las características del instrumento definitivo en casi todas las categorías deductivas iniciales, salvo en la de *principios*.

Las autoras concluyen que las preferencias implícitas en el docente se transforman en acciones explícitas que direccionan, en una u otra medida, propósitos, estrategias y metodologías, tanto en el ámbito de la teoría como en el del laboratorio. Igualmente, el estudio correlacional (*r* de Pearson) permitió formular una nueva categorización o revisión de las categorías iniciales *recordar* y *principios* que atiende a una reformulación del concepto *preferencia cognitiva*. De igual manera, argumentan que, en los procesos de enseñanza, las preferencias cognitivas evaluadas se vieron manifiestas por el docente en su metodología, en los objetivos que planifica para un trabajo práctico experimental, en su discurso y en la guía para llevar a cabo una experimentación, lo cual la vuelve explícita como prioridad que espera que cumplan sus estudiantes.

Navarrete (2012) desarrolló el trabajo de grado *Niveles de abertura y química en contexto, una posibilidad de aproximación del estudiante al laboratorio de química a nivel de educación secundaria*. En esta investigación, el autor buscó dinamizar las prácticas de enseñanza del trabajo en el laboratorio de química a partir del diseño e implementación de una estrategia de enseñanza. Esta se enfocó en los niveles de abertura usando como recurso el contexto, con la pretensión de fortalecer tanto los procesos cognitivos de alto orden como el cambio actitudinal. Dicha propuesta se desarrolló con estudiantes de educación media. La investigación comprendió tres fases: estructuración, aplicación y evaluación de la propuesta, y se trabajó bajo cuatro temáticas específicas: óxidos, hidróxidos, ácidos y sales. La

aplicación de diversos instrumentos durante el desarrollo del proyecto sirvió para analizar los resultados obtenidos y verificar si en realidad la estrategia de intervención didáctica produjo cambios favorables en el grupo. Se postuló la posibilidad de aplicación no solo en educación secundaria, sino a nivel universitario.

Navarrete (2012) concluyó que, luego de la implementación de la propuesta, se evidenció un favorecimiento de la transformación de las prácticas de enseñanza del trabajo experimental en química. También se observaron cambios actitudinales analizados desde tres componentes: cognitivo, afectivo y conductual. Esto reveló buena disposición de los estudiantes frente al compromiso de aprender sobre conceptos químicos mediante situaciones del contexto abordadas a partir de diferentes niveles de complejidad.

Sierra (2013), en su trabajo de grado, se propuso estructurar, implementar y evaluar una propuesta fundamentada en situaciones problemáticas experimentables (SPE). Esta se basó en el marco comprensivo de la transposición didáctica, dirigida hacia la transformación de la enseñanza en el ámbito del laboratorio a nivel universitario. Se abordan temáticas complejas de química en profesores en ejercicio, a modo de marco piloto de transformación de las prácticas de enseñanza en educación secundaria. La investigación estuvo dirigida a estudiantes de la Maestría en Docencia de la Química, para quienes la propuesta es de interés particular, dado que en ese momento trabajaban como profesores de educación secundaria.

En lo relativo a metodología se aplicó la investigación-acción. Para su desarrollo se definieron tres fases: inicial, en la que se realizó la contextualización del grupo objetivo, el diseño de instrumentos, evaluación de la propuesta, observación grupal, así como la planificación y asignación de las SPE para cada equipo de trabajo. En la fase de desarrollo se explicó, orientó y ejecutó la aplicación de la estrategia metodológica SPE centrada en la mejora del desarrollo de habilidades cognitivas, metodológicas y axiológicas. También se establecieron pautas para que los docentes

en formación avanzada emplearan y desarrollaran las habilidades cognitivas en el análisis de una matriz específica (suelo). En la fase final, se socializaron los resultados y retroalimentaron las actividades planteadas. Esta actividad se llevó a cabo de manera oral, en la que cada subgrupo de trabajo preparó una ayuda visual con los logros, dificultades y conclusiones obtenidos en el seminario, lo cual permitió identificar la transposición didáctica implementada.

En las conclusiones, Sierra (2013) indica que el hecho de enmarcar la propuesta en el ámbito del laboratorio en la temática de suelo aportó herramientas de orden metodológico que favorecieron escenarios interdisciplinares y promovieron una fuerte motivación por la transformación pertinente de las prácticas de enseñanza. Además, se evidenció durante el desarrollo de la propuesta una adecuada asimilación de los procesos de transposición didáctica, lo cual promovió la renovación de la enseñanza hacia mejores resultados de aprendizaje.

Barragán y Díaz (2013) realizaron una investigación con colegas de tercer semestre de la Maestría en Docencia de la Química de la UPN, buscando transformar las prácticas de enseñanza en el trabajo experimental en química. Para ello, se basaron en el diseño e implementación de una estrategia centrada en los niveles de abertura y las situaciones problemáticas experimentables con el fin de favorecer procesos cognitivos de alto orden, así como un cambio actitudinal.

La metodología, de corte descriptivo, postuló tres fases: la primera abarcó una contextualización y diseño de los protocolos de laboratorio e instrumentos de recolección de información; la segunda incorporó la aplicación de las sesiones experimentales con niveles de abertura de cero a dos, en la temática de calidad de suelos; y la tercera, de evaluación continua se enfocó en la sistematización y análisis de la información derivada de todo el proceso.

Las actividades experimentales se plantearon a partir de la temática calidad en la matriz suelo y su verificación en el laboratorio, lo cual permitió observar el progreso a nivel cognitivo y actitudinal de los participantes. Esto requirió el diseño, validación y aplicación de diferentes instrumentos como entrevistas, encuestas, observación directa y actividades prácticas. Dichas herramientas se analizaron y permitieron a los autores concluir que el trabajo aportó insumos metodológicos de análisis y elementos conceptuales para una pertinente favorabilidad en términos del cambio axiológico, especialmente en lo relacionado con la generación de nuevas maneras de estructurar las actividades para la enseñanza de la química.

De igual forma, por medio de las diversas prácticas de laboratorio se generaron productos académicos a modo de alternativas metodológicas y didácticas para la enseñanza de la química. Cabe resaltar que la construcción de la denominada línea base permitió un punto de partida más favorable que la repetición de protocolos descontextualizados, lo cual generó la reflexión y reconstrucción de la práctica docente, en la que cada sujeto es responsable de la construcción de su propio conocimiento.

Los niveles de abertura y las SPE propuestas en la actividad práctica de laboratorio les permitió a Barragán y Díaz (2013) concluir que este abordaje favoreció la aplicación de procesos cognitivos de alto orden y posibilitó un cambio actitudinal positivo en los participantes, así como un interés en la transformación y renovación de las prácticas de enseñanza por parte de los profesores. Por otro lado, el trabajo cooperativo tuvo un significativo papel en la estructuración de la estrategia, lo que aportó a la generación de cambios actitudinales y de comportamiento, frente a las responsabilidades que se asumen, en profesores y estudiantes, en un escenario determinado. Esto incorporó la enseñanza de valores como el respeto, la comunicación, solidaridad, honestidad, tolerancia, entre otros.

El estudió de Barragán y Díaz (2013) aportó elementos para concluir que, a partir de la implementación de temas interdisciplinares, se evidenció

cómo el trabajo en enseñanza de las ciencias y en especial de la química no puede ser independiente e indiferente a las problemáticas sociales. Esta situación implica considerar la importancia de encontrar soluciones y alternativas de cambio desde el quehacer de la ciencia, además de dotar de referentes teóricos y argumentos a las nuevas generaciones de ciudadanos en los que se promueve la toma efectiva y coherente de decisiones con respecto al momento histórico, social y cultural que se vive.

Martínez (2018) desarrolló su trabajo de grado enfocado en promover la adquisición de conocimientos de orden declarativo, procedimental y funcional, en torno a la temática de espectrofotometría de absorción molecular UV-VIS. Para ello se basó en una estrategia didáctica fundamentada en situaciones problemáticas experimentables, que fue desarrollada con profesores en formación inicial pertenecientes al ciclo de profundización de la Licenciatura en Química.

La metodología utilizada por Martínez (2018) fue investigación-acción y constó de tres etapas: la inicial, enfocada en la búsqueda de antecedentes disciplinares y didácticos para estructurar y delimitar el problema y los objetivos de la investigación. La fase de desarrollo contempló dos componentes: la primera fue el diseño experimental en torno a la cuantificación de dipirona en medicamentos genéricos y la segunda estuvo enfocada en la implementación de los instrumentos de recolección de información con el grupo objetivo. En la etapa final se presentaron las categorías de análisis propuestas en la rúbrica de evaluación y el correspondiente análisis de los resultados para cada uno de los instrumentos implementados.

Martínez (2018) concluyó que los estudiantes mostraron una opinión favorable frente a la implementación de la SPE como eje orientador del trabajo práctico, escenario en el que la experiencia como actividad de aprendizaje evidenció cómo la teoría y la práctica se articularon en la construcción de una explicación en torno a una problemática situada. En ese mismo sentido, el autor mencionó que todos los participantes vieron

en la estrategia didáctica un potencial para la adquisición de conocimientos alrededor de la temática abordada, lo que se vio reflejado en los resultados derivados de la taxonomía SOLO al final de la implementación de la estrategia, debido a que se obtuvieron niveles de compresión aceptables en lo conceptual. Otro aspecto por resaltar fueron las limitaciones de tiempo para la implementación de la estrategia, lo cual fue manifestado por algunos estudiantes.

En términos generales, la caracterización de ideas permitió evidenciar, en el plano del conocimiento declarativo, que los estudiantes, en su gran mayoría, se ubicaban en los niveles de comprensión relacional y multiestructural. Finalmente, se evidenció que las SPE constituyeron una estrategia didáctica que favoreció, en buena medida, la adquisición de conocimientos de orden declarativo, procedimental y funcional de los profesores en formación y que, en términos generales, fue considerada por ellos como favorecedora del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Guzmán y Mancera (2021) desarrollaron una propuesta de intervención didáctica (PID) para abordar conceptos asociados a la técnica analítica de espectrofotometría UV-VIS, bajo los lineamientos del enfoque didáctico aula invertida. Esto fue pensado para un escenario contextualizado en el marco de la química forense en torno a la determinación de alcohol en una muestra de plasma o suero sanguíneo, empleando laboratorios virtuales como recurso didáctico experimental.

La metodología usada por Guzmán y Mancera (2021) fue de tipo mixto, específicamente el diseño anidado concurrente (DIAC), que consiste en usar simultáneamente los enfoques cualitativo y cuantitativo, dando prioridad a uno de los dos. La investigación se desarrolló en tres fases: la primera consistió en la búsqueda de herramientas virtuales que mejor se ajustaran a los objetivos de la iniciativa y en el enfoque didáctico. También se revisaron posibles escenarios de química forense que aportaran elementos pertinentes para la enseñanza de temas puntuales del análisis químico

instrumental, en este caso, la espectrofotometría UV-VIS. La segunda fase consistió en el diseño de la PID, partiendo de los referentes teóricos de la espectrofotometría UV-VIS, la química forense como un contexto específico, los laboratorios virtuales como medio integrador de teoría y práctica y el enfoque aula invertida como elemento articulador de la propuesta. La tercera fase consistió en una eventual implementación para recopilar información a través de los instrumentos diseñados y una fase cuatro para analizar lo obtenido, tomando en cuenta el DIAC. Esto último tuvo la finalidad de presentar una visión completa y compleja de la enseñanza de la espectrofotometría UV-VIS, a través del uso de herramientas virtuales en un escenario de química forense.

Guzmán y Mancera (2021) presentaron resultados en dos dimensiones: una en lo referente a la estructura general de la propuesta terminada y otra frente a la prospección de posibles logros o alcances en una eventual implementación. Con ello, concluyeron que, con la propuesta de intervención didáctica, se dio cuenta de un marco contextual que puede ser implementado y evaluado a futuro en un grupo de estudiantes. Esto tiene en cuenta el enfoque didáctico de aula invertida, constituyéndose en una posible resignificación del trabajo práctico de laboratorio al promover el uso de herramientas virtuales como soporte adicional para la experimentación real. Así, se destaca la química forense como escenario motivador dado su potencial para mejorar la actitud de los estudiantes hacia el aprendizaje de la espectrofotometría UV-VIS y otras temáticas del análisis químico instrumental.

Mojica (2021) implementó, en su trabajo de grado, una propuesta de laboratorios virtuales y duales en la temática de absorción y emisión atómica. La población fue un grupo de estudiantes de la Licenciatura en Química, a modo de respuesta a limitantes del periodo de pandemia. A su vez, articuló un trabajo sincrónico y asincrónico, así como sesiones bajo la modalidad de aula invertida. En la investigación de corte mixto, bajo el enfoque de investigación-acción, se facilitó la participación de estudiantes

desde el acceso remoto, en dirección a consolidar su autonomía, a partir de la combinación de variantes de trabajo de orden experimental.

En las conclusiones, Mojica (2021) destaca la importancia de proponer planteamientos didácticos, enfocados a potenciar modos de interpretar el escenario o marco de laboratorio. Para ello, empleó la opción virtual, aunque también se produjo insatisfacción al no poder realizar el laboratorio presencial. Pese a ello, se evidenciaron avances en aspectos relacionados con procedimientos y métodos, junto con un significativo favorecimiento en aspectos de orden actitudinal, a manera de complemento a una posible práctica real.

Montealegre (2022), en su trabajo de tesis de Maestría en Docencia de la Química, planteó la formulación, estructuración y aplicación de una propuesta de enseñanza para secundaria. Su investigación tuvo como propósito fomentar una mirada alternativa a la enseñanza, a partir de las premisas de la química relevante y la estrategia pedagógica de aula invertida con la intención de trabajar temáticas de química inorgánica en educación media.

La investigación de Mojica (2021) fue mixta (cualitativa y cuantitativa), cuantitativa para el análisis de datos obtenidos (análisis no paramétrico) y cualitativa, porque los resultados se interpretaron con base en un proceso de triangulación de la información desde tres fuentes: el marco teórico y de antecedentes, el grupo intervenido y la investigadora. Su trabajo comprendió tres fases: la inicial, en la que se diseñó la propuesta y los instrumentos, con los que se buscó indagar acerca de las actitudes que presentaban los estudiantes en relación con la estrategia de aula invertida y química relevante; la fase de desarrollo se enfocó en la aplicación de los instrumentos y puesta en marcha de la propuesta, basada en los referentes teóricos que orientaron el proyecto de investigación: actitudes frente a la química, química relevante, aula invertida, contaminación del agua, Humedal Juan Amarillo, reacciones químicas y análisis mediante

la técnica POSAC. La fase final incluyó la sistematización y análisis de los resultados.

Mojica (2021) concluyó que, con el desarrollo de la propuesta didáctica bajo la modalidad de aula invertida, se logró evaluar el potencial del ejercicio de intervención, debido al aprendizaje y las actitudes hacia la química en contexto. Ella resaltó que, a partir de los instrumentos aplicados en los temas de reacciones químicas y contaminación del agua, se evidenció promoción del aprendizaje, una mejora en el discurso argumentativo y actitudes favorables, tanto en aspectos relacionados con la participación de los estudiantes durante el proceso como en el aprendizaje de la temática disciplinar.

En cuanto al mapeo con POSAC, Mojica (2021) menciona que se logró determinar que las categorías cognitiva y conductual presentaron una alta correlación para los estudiantes. Por tanto, quienes mostraban bajos puntajes en la categoría cognitiva evidenciaron valores bajos en la categoría conductual. En cuanto a la prueba final, argumentó que se observó menos correlación entre las categorías cognitiva y conductual, lo que intentó explicar desde el interés que los estudiantes pudieron tener a través de las actividades planteadas desde el contexto y la vida cotidiana.

Rodríguez y Salazar (2023) plantearon, en su trabajo de tesis de maestría, una revisión a teorías sobre la molécula primigenia de la vida y el diseño inteligente, basados en una mirada interdisciplinar, problematizadora y abordando ambientes virtuales de aprendizaje. En su investigación formularon, estructuraron y aplicaron una propuesta de enseñanza con estudiantes que estaban cursando el espacio académico de Sistemas Biológicos I del programa de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional en Bogotá, Colombia.

En la investigación, Rodríguez y Salazar (2023) trabajaron dos marcos comprensivos: el disciplinar químico y el didáctico. En el primero se establecieron los candidatos a la primera molécula de la vida, reacciones

químicas y algunas de las sustancias involucradas en esta, a partir de los argumentos de la teoría de la probabilidad, de la estequiometría, del principio de Le Châtelier y de la segunda ley de la termodinámica. Por último, se buscó ilustrar lo que tenían que decir tales sustentos teóricos a favor o en contra de las teorías más relevantes en la actualidad. En lo referente al segundo marco, se abordaron cuatro temáticas: interdisciplinariedad en la enseñanza, ambientes virtuales y lo concerniente al dominio o plano actitudinal en el aprendizaje.

La investigación de Rodríguez y Salazar (2023) comprendió tres fases: la inicial, enfocada en plantear el diseño de la propuesta, la construcción y validación de los instrumentos de recolección de información y el trabajo de campo. Esto se efectuó a partir de la construcción de categorías (aprendizaje, optimización del tiempo, interdisciplinariedad, fundamentación teórica y poder explicativo) y dimensiones de análisis desde lo conceptual-cognitivo y lo actitudinal-conductual, de acuerdo con las habilidades concernientes al conocimiento, comprensión, aplicación, análisis, síntesis y evaluación.

En la fase de desarrollo se puso en marcha la propuesta de intervención didáctica y la aplicación de los instrumentos, pre-test/post-test para actitudes hacia *flipped classroom* y para las temáticas del componente disciplinar: primera molécula de la vida y teorías sobre el origen de la vida. En cuanto a la fase final, se sistematizaron y analizaron los resultados por triangulación a partir de tres marcos: el teórico y de antecedentes, los resultados empíricos y las percepciones de las investigadoras. Además, se utilizó la técnica *smallest space analysis* (SSA) que permitió reformular dos categorías deductivas del plano actitudinal/conductual y redefinir tres categorías emergentes. Todas estas permitieron vislumbrar tres potenciales: uno en términos de la promoción del aprendizaje, otro en términos de la consolidación del aprendizaje desde el abordaje interdisciplinar y un último en términos del aprovechamiento del tiempo de clase. Igualmente,

se pudo efectuar una mirada al grupo objetivo para clasificar las percepciones sobre el ejercicio de intervención.

En las conclusiones, Rodríguez y Salazar (2023) argumentan que se generó una mirada interdisciplinar y crítica a partir de la implementación de un ambiente virtual de aprendizaje. Esto promovió el aprendizaje debido a que las actividades desarrolladas mostraron el aumento en las argumentaciones y asociaciones interdisciplinares a partir de la química, biología y matemática, para explicar el origen de la primer molécula de la vida. También se generaron cambios actitudinales favorables hacia la ciencia y se presentó el diseño inteligente como una teoría científica sólida. Teniendo en cuenta las ideas previas de los participantes, se evidenció un muy escaso conocimiento de los fundamentos y de las hipótesis que la ciencia defiende y que hoy se asumen como verdades absolutas. Frente a ello, las autoras proponen que deben ser revisadas y cuestionadas dichas teorías, debido a su escaso poder explicativo, desde una óptica interdisciplinar y problematizadora. Finalmente, se consideró que la propuesta didáctica permitió activar la dimensión cognitiva/conceptual, en términos de la promoción de aprendizaje desde el AVA, y en la dimensión actitudinal/conductual, relacionada con las percepciones de los estudiantes de manera global.

Capítulo 3.
Del proyecto: con los ojos puestos en el futuro próximo

A modo de ilustración literaria de un sueño de los autores, relacionado con una posible concreción de laboratorios triádicos o tricomponentes, en las líneas siguientes se plasman en blanco y negro dos escenarios: uno presente y otro fututo.

Escenario presente y escenario futuro

El escenario *presente* para el laboratorio en el Departamento de Química (DQU) de la Universidad Pedagógica Nacional (UPN) da cuenta de la habilitación de espacios para sesiones presenciales, muy ricas en actividades experimentales, que buscan brindar a los aprendices la oportunidad de explorar, elaborar explicaciones y reflexionar sobre modelos teóricos. Con ello, se pueden contrastar los resultados a partir de prácticas de laboratorio muy bañadas en formatos de corte tradicional. Cabe afirmar que también han venido emergiendo, al margen de los laboratorios presenciales en las instalaciones de la UPN (o las de otras universidades y más en tiempo de la pandemia reciente por la COVID-19, para ser exactos), incipientes acercamientos al empleo de tecnologías de información y comunicación.

Los acercamientos mencionados incluyen unos primeros pasos hacia marcos comprensivos cercanos a metódicas muy diversas. Estas tienen en cuenta laboratorios virtuales, objetos y ambientes virtuales de aprendizaje, modelaciones y simulaciones, realidad virtual y realidad aumentada, acceso remoto, además de una serie de términos y conceptos. Todos estos se han acuñado en periodos muy recientes y han avanzado más en el

campo de la enseñanza teórica de la química que en lo relacionado con la enseñanza del componente químico experimental, alrededor del mundo.

Para visualizar un *antes* y un *después*, haremos un recorrido por las instalaciones relacionadas con infraestructura física de los espacios para laboratorio de química del DQU de la UPN en Bogotá, Colombia, en 2023 y en 2050.

Diciembre del año 2023. Para iniciar, se hace un breve relato, a vuelo de pájaro, del recorrido hecho por los lugares de laboratorio en la UPN. Se trata de una universidad estatal que forma maestros de química, pero que ofrece, al menos en apariencia, espacios similares para laboratorios presenciales, frente a otras instituciones, locales y globales.

Entramos a los espacios para laboratorio del cuarto piso del edificio y lo primero que se observa son varios ambientes con destinación exclusiva: en primera medida, vemos el depósito de materiales y reactivos, que suministra toda clase de insumos para las prácticas. Para ello, se debe diligenciar un formato que es revisado y gestionado por profesionales de apoyo al laboratorio, con el fin atender los requerimientos de docentes y estudiantes para el ejercicio de actividades de corte experimental.

En segunda medida, se observan las salas de química analítica instrumental: la sala de espectroscopía infrarroja (IR), que cuenta con un deshumidificador y un espectrómetro IR de transformada de Fourrier con su respectivo monitor y un *software* de su banco de espectros. Cuenta con todos los *juguetes*: dispositivo ATR, aditamentos para preparación de muestras sólidas, líquidas y gaseosas, en un lugar pequeño y adecuado para mantener bajas cargas de humedad en el ambiente. La sala de espectroscopías ultravioleta y visible UV-VIS incluye dos balanzas analíticas, con espectrofotómetros: dos de un solo haz 'estáticos' para el rango visible, VIS, un equipo de un solo haz 'dinámico' y dos equipos de doble haz, para el rango UV-VIS. Estos instrumentos están habilitados para efectuar análisis cuali-cuantitativo. La sala de espectroscopías atómicas, con un espectrofotómetro de absorción y emisión atómica, tiene su respectivo

automuestreador, dispositivo de generación de hidruros. La sala de cromatografía líquida (HPLC) tiene un cromatógrafo líquido modular y su respectivo controlador, computador y líneas de solventes, además de aditamentos para su adecuado funcionamiento. La sala de cromatografía gaseosa (CG) tiene un cromatógrafo habilitado para inyección manual, con su respectivo controlador y líneas de gases para su operación regular. Cabe mencionar que estas últimas dos salas exhiben cabinas especiales de extracción de vapores y gases.

En tercera medida, se observan unos salones de laboratorio para uso específico: el de prácticas de laboratorio para trabajos de grado y de tesis de maestría. Estos poseen mesones de trabajo en baldosa, gavetas, extractores, garrafas colectoras de desechos líquidos, codificadas para diversos grupos de sustancias, recipientes guardián para material cortopunzante, extintores y respectivos puntos de agua, aire y gas. Encontramos el salón de laboratorio para análisis a la industria bajo la coordinación de una profesional química, varias *salas de laboratorio para investigación*, con equipo específico para proyectos de investigación, formulados y orientados por docentes de la institución.

En cuarta medida, se observan tres salones de laboratorio para docencia habilitados de manera muy similar al salón de prácticas de laboratorio para trabajos de grado o tesis. La diferencia es que estos tres salones tienen una mayor área y algunos equipos de uso común, como estufas u hornos de mufla, entre otros.

Por último, al final de los pasillos se pueden observar varios extintores, duchas de regadera y duchas lava-ojos en funcionamiento, debidamente codificadas y destinadas a abordar contingencias de accidentes o lesiones sufridas por estudiantes, docentes y profesional de apoyo al laboratorio (que incluye la profesional química, además de señalización preventiva u operacional en cada uno de los espacios). Cabe anotar que todo el conjunto de espacios y profesionales de apoyo son liderados desde una jefatura de

laboratorio, que gestiona y organiza todo lo que se hace al interior del DQU, en lo que tiene que ver con el trabajo experimental.

Por su parte, el escenario futuro, al que este libro apuesta y tal vez pronostica, da cuenta de comprensiones más anchas, sistémicas y versátiles del constructo laboratorio de química. Particularmente se basa en una reestructuración profunda al escenario físico referente al trabajo experimental y de pertinentes posibilidades de combinación o articulación de tres componentes: laboratorios presenciales, laboratorios digitales (que incluirían laboratorios virtuales o prácticas con simulaciones o modelaciones) y laboratorios bajo acceso remoto, en los que la inteligencia artificial podría integrarse de manera muy conveniente.

Diciembre del año 2050. Este es otro recorrido, también a vuelo de pájaro, por las instalaciones para laboratorios de química de la UPN. Subimos al cuarto piso del edificio, pero no resistimos la tentación de devolvernos y preguntar si estábamos bien ubicados, pues queríamos ver las instalaciones de los laboratorios de química y la apariencia del lugar es la de una serie de salas de audio y video. Este espacio se parece a un estudio de televisión o de un *youtuber* y de artefactos extraños a nuestros ojos, con referencia al ambiente observado décadas atrás. Una vez verificado el hecho de que sí eran las instalaciones de los laboratorios de química, volvimos a ingresar.

Se detallan ambientes exclusivos: el depósito de materiales y reactivos dotado de estaciones de preparación de reactivos que parecen cabinas telefónicas muy amplias, con puertas de vidrio y puntos de agua, gas, electricidad y aire. También hay salas de química analítica instrumental, en las que se han habilitado unas 'estaciones multipropósito' modulares y con ruedas para facilitar 'arme', 'desarme' y 'carreteo'. Todas ellas están dotadas de ventanales acrílicos hasta el techo y puertas corredizas, muy iluminadas, ventiladas y rodeadas de cámaras de video de alta resolución. Cuentan con una especie de cabina auxiliar para alojar a una persona, quien estaría pendiente de la sincronización y gestión tanto de los videos o

presentaciones vía *streaming* como de las actividades prácticas a ser realizadas por dos personas, quienes se sitúan al frente del equipo a trabajar.

Por otro lado, encontramos los salones de laboratorio para uso específico: el salón de prácticas de laboratorio para trabajos de grado de pregrado y de tesis de maestría, el salón de laboratorio para análisis a la industria y los salones de laboratorio para docencia están rodeados de todo tipo de señalización y reservorios para desechos de reactivos o manejo de derrames de reactivos o residuos de las prácticas a realizar. Estos espacios están adecuados para el trabajo con varios profesionales que incluyen al docente. Sin embargo, se han ampliado con profesionales de apoyo del laboratorio con la intención de promocionar el conocimiento de las actividades de corte experimental. Este personal está capacitado también en el manejo de dispositivos digitales, pensados para la enseñanza en el escenario de los nuevos laboratorios de química.

Los espacios mencionados están habilitados a la mitad de cada salón con una serie de tabiques de acrílico corredizos, con grandes mesones de trabajo. Estos cuentan con toda suerte de servicios de agua, gas, energía eléctrica, puntos de aire, pizarrones digitales y equipos de uso común, como centrífugas, estufas o cabinas para trabajo con reactivos peligrosos.

En la otra mitad de los ambientes mencionados, el lugar parece todo menos un espacio para laboratorio. Muestra gabinetes que alojan drones y maniquíes robot, estaciones modulares multipropósito, similares a cabinas de flujo laminar, de las que se utilizan para el trabajo con microbiología. Estas últimas también son carreteables, habilitadas para filmaciones y presentaciones vía *streaming*, equipos de cómputo y módems para prácticas trabajadas en tiempo real, bien sea para simulación o modulación, para prácticas de laboratorio virtual o para el desarrollo de actividades presenciales o híbridas.

En este escenario también se observan varios cuartos a modo de estaciones de enfermería para auxilio inmediato en caso de accidentes. Estos

espacios están dotados de duchas de regadera, duchas lava-ojos, botiquines e insumos médicos, debidamente codificados y habilitados para su uso rápido y sin aviso previo, bajo la supervisión de personal médico.

Por último, visualizamos con asombro y agrado una sala interactiva especializada, que da la impresión de un ambiente híbrido para televisión, conferencias *on line* o vía *streaming,* así como para edición de sesiones de laboratorio presenciales/demostrativas, robotizadas o semi-virtualizadas tri-componente. Se observa una especie de todo en uno, con cámaras, tableros inteligentes de gran formato, drones, robots y una buena cantidad de equipos que vemos por primera vez y de los que desconocemos los nombres.

La jefatura del laboratorio está encargada de gestionar y coordinar el trabajo híbrido que aglutina y articula los componentes de los laboratorios triádicos: las prácticas presenciales, virtuales y las simulaciones o modelaciones con ordenador e inteligencia artificial o las prácticas remotas, que pueden trabajarse de manera aislada o conjunta en todas las sesiones y horarios de trabajo al interior del DQU.

De la propuesta en concreto

En las siguientes líneas se ponen en blanco y negro las tesis neurálgicas de la propuesta que se expone en esta investigación, que consiste en formular los laboratorios triádicos o tri-componente como una alternativa viable, favorable y pertinente que puede ser implementada en aulas y escenarios de laboratorio (y por qué no desde casa), en principio, en el contexto de una universidad del futuro.

Para establecer un trasfondo a la propuesta de laboratorios tri-componente de química, cabe citar a Hernández y Cruz (2020), quienes desarrollaron una investigación referente a un estudio de caso en una Universidad Pública de México, relacionada con las adaptaciones al cambio de esta institución universitaria superior en tiempos de pandemia. Después

del estudio, los autores concluyen sobre la necesidad de activar áreas o campos de trabajo emergentes de oportunidad, los cuales, con un manejo apropiado, pueden transformarse en motores de promoción y proyección del aprendizaje desde diferentes niveles.

Hernández y Cruz (2020), en torno a las instituciones de educación superior afectadas por la pandemia, y mediante una posible mirada teleológica y futurista para pospandemia, formulan la existencia de dos momentos clave. Uno de ellos es la *sobrevivencia,* que se refiere a diferencias entre organizaciones que aprenden y otras que no exhiben la capacidad de hacerlo, en relación con unas necesarias adaptaciones. El segundo es la *evolución* en las instituciones que aprenden, las cuales aprovechan las áreas de oportunidad para convertir el aprendizaje en un instrumento, según afirman ellos, de mejora sostenible.

En este mismo orden de ideas, la propuesta que se postula en este libro coincide con las tesis de Hernández y Cruz (2020), sobre todo en el terreno de la química para el marco experimental. Lo anterior ocurre en el entendido que mantendría la continuidad académica y podría llegar a fortalecer la oferta educativa, a partir de la educación remota a distancia o de la educación semipresencial, el aprendizaje virtual y la educación híbrida, para los programas de pregrado y posgrado que ofrezca el DQU.

Además de lo anterior, existe concordancia con el estudio de Hernández y Cruz (2020) en términos de asumir los retos en tiempos de pospandemia, en lo tocante a reducir las brechas de acceso a la educación universitaria, fortalecer el empleo y la utilización de dispositivos tecnológicos, adecuar modelos educativos y pedagógicos acordes con la formación digital, capacitar docentes en asesoría y tutoría remota, así como la de adecuar la infraestructura a unas nuevas realidades y contextos, para el caso de la enseñanza universitaria de la química en el marco del laboratorio. En consonancia con lo anterior, lo que en un primer momento fue una contingencia y una educación remota de emergencia (ERE) (Idoyaga

et al., 2020), hoy se constituye en una oportunidad de mejora y renovación del escenario de los laboratorios de química.

Entrando en materia, la presente propuesta pretende atender dos objetivos: el primero es recuperar lo aprendido en tiempos de pandemia, relacionado con las diversas aproximaciones a otras maneras de entender el constructo laboratorio de química, desde las opciones presencial, digital o remota, así como el de articular una serie de nuevas dinámicas de trabajo del componente experimental en química universitaria. El segundo objetivo apunta a viabilizar la propuesta para una universidad del futuro, teniendo en cuenta varios elementos, entre los que se pueden citar infraestructura, destinación de recursos, gestión, administración de procesos y capacitación de estamentos involucrados, entre otros.

La propuesta que definió de manera preliminar los ejes nucleares por trabajar y un primer acercamiento a las dimensiones deductivas y a resultados sobre algunos avances de implementación fue postulada por Casas y Guerrero (2023, 2023b). Estos autores revisaron, extendieron y consolidaron el marco comprensivo del constructo laboratorio de química y el ejercicio de trabajo de campo con estudiantes. La propuesta en específico, en proceso continuo de afinación y permanente revisión, se puede explicitar de la siguiente manera:

Formular los laboratorios tri-componente, constituidos por tres aproximaciones u opciones metodológicas: presencial, digital (que engloba los laboratorios virtuales, las simulaciones o las modelaciones) y remota. Estas modalidades pueden ser implementadas en forma unitaria (solo presencial, solo digital y solo remota) o combinada (presencial/digital, digital/remota, presencial/remota o presencial/digital/remota), para el marco de la enseñanza universitaria de la química, en el terreno de la actividad experimental.

Capítulo 4.
Del marco metodológico

Con algún nivel de detalle, se presentan en este capítulo las fases metodológicas para dos acciones concretas que se orientaron en direcciones diferentes. En dichos momentos cada acción aportó elementos de análisis a un particular objetivo de los ya mencionados. La primera de ellas estuvo dirigida a un proceso de indagación de percepciones sobre la manera como cinco estamentos del DQU interpretaban o leían el constructo laboratorio de química y las prácticas de enseñanza que lo matizaban o tipificaban. Además, se recogieron las apreciaciones sobre las tradiciones propias del trabajo en este escenario, al interior del DQU y hasta la fecha de hoy.

La segunda fase tiene que ver con una especie de experimento didáctico que se formuló, ofreció y desarrolló como una oportunidad de pilotaje a partir de un ejercicio de intervención sobre los laboratorios triádicos a estudiantes de noveno semestre (en el segundo semestre de 2022) y décimo semestre (en el primer semestre de 2023), del programa de Licenciatura en Química. Este experimento fue orientado por los autores. Cabe destacar que en la UPN el programa pretende formar profesores de química para educación secundaria, media y universitaria.

Para la presente investigación, fue tomado el instrumento de percepciones del marco de antecedentes referenciado por Casas y Guerrero

(2023a, 2023b), del que se detalla su validación, así como los participantes del pilotaje. No obstante, en este libro se amplía el análisis de categorías desde la aproximación SSA en tres dimensiones. Adicionalmente, se incluye todo el trabajo de análisis mediante la técnica de análisis multivariado POSAC, que constituye una mirada vanguardista e innovadora en la evaluación de tendencias en las percepciones relacionadas con una resignificación del trabajo experimental en la docencia universitaria de la química a futuro.

Del estudio de percepciones de estamentos del DQU

Diseño y validación de un instrumento de percepciones

Con la intencionalidad de establecer patrones de percepción alrededor del constructo laboratorio de química al interior del DQU de la UPN, en términos tanto de su arraigo con base en las tradiciones de prácticas de enseñanza en las instalaciones físicas del DQU a lo largo de la historia de sus programas como de su misma capacidad de proyección y modernización, se efectuó un proceso de indagación a partir de un instrumento de percepciones.

Para dar cuenta de las percepciones mencionadas, para el DQU de la UPN, en primera instancia, se seleccionó una población conformada por cinco estamentos. De igual manera, se trabajó con una muestra intencionada (López, 2004), quienes se postularon como representativos de los actores más relevantes en su relación con las dinámicas y actividades del laboratorio presencial de química y sus singulares prácticas. Se trataron de roles muy definidos y con los conocimientos suficientes para valorar de manera razonada una serie de afirmaciones formuladas en un instrumento de indagación de percepciones.

Tabla 4. Población seleccionada para el estudio de percepciones

Estamento	Segmento o cargo	N°
Estudiantes <Pregrado, incluyendo 1° semestre: total 380; Maestría: 51>	De 2° a 10° semestre (incluyendo hasta semestre lectivo 14)	345
Profesores <37>	Maestría en Docencia de la Química	51
	Planta	14
	Ocasionales	5
	Catedráticos	18
Directivos <4>	Director del Departamento	1
	Coordinadora de la Licenciatura en Química	1
	Coordinador del Programa de Maestría en Docencia de la Química	1
	Coordinador del Laboratorio de Química	1
Egresados de la Licenciatura en Química/Maestría en Docencia de la Química	Egresados de la Licenciatura en Química/Maestría en Docencia de la Química	N/A
Profesionales del laboratorio <7>	Profesional Química	2
	Profesionales de Apoyo	5
Profesionales de Apoyo de Sistemas <2>	Profesionales de Apoyo de Sistemas	2

Fuente: elaboración propia.

En segunda instancia, los autores de la presente propuesta formularon unas dimensiones o categorías de análisis (deductivas) en dos marcos referenciales: de tradiciones y de posibilidades de renovación y reestructuración, tanto del constructo como de sus modalidades de aproximación o enfoque. Dichas categorías derivaron en una serie de reactivos, los cuales fueron codificados y transcritos al aplicativo Google Forms por una

estudiante de la Maestría en Docencia de la Química de la UPN, Catalina Cruz. Cabe aclarar que las categorías deductivas presentadas en esta investigación fueron redefinidas tomando como punto de partida las formuladas para laboratorios duales en el trabajo de grado de Mojica (2021), dirigido por uno de los autores del presente libro.

Dimensiones deductivas

Dimensión TRA (tradiciones)

La dimensión TRA indaga sobre las rutinas y usanzas o históricos del laboratorio de química en el marco de la presencialidad, centrándose en la estructura actual y pasada de los laboratorios físicos (desde el reactivo TRA1), así como en las prácticas de laboratorio del DQU (desde el reactivo TRA2).

Dimensión AMP (ampliación)

La dimensión AMP, con siete reactivos, apunta a las posibilidades de extensión o prolongación de la concepción misma del constructo, así como las de sus rutinas o prácticas. Las posibilidades de ampliación en un caso hacen referencia a restricciones en los tiempos para laboratorios presenciales de corte clásico (mediante AMP1), a ópticas diferentes a las tradicionales (desde AMP2) o al potencial didáctico de la aproximación digital (a partir de AMP3), a la probabilidad de sustituir los laboratorios presenciales (con AMP4), a la responsabilidad de una universidad como la UPN de abrir nuevos caminos para la enseñanza del componente experimental (desde AMP5); con AMP6 se busca indagar respecto a la modificación a la estructura de los laboratorios presenciales y finalmente, desde AMP7, en el potencial de reformular el laboratorio de química para atraer aspirantes a los programas del DQU, generando fortalezas frente a programas similares en Colombia.

Dimensión TRIC (laboratorios tri-componente)

La dimensión TRIC se enfoca en la ventaja de implementar la propuesta específica de laboratorios triádicos o tri-componente al interior del DQU con la intención de dar respuesta a una universidad del futuro para nuevos marcos comprensivos (desde TRIC1) y nuevas opciones de la enseñanza de la química en el terreno de lo experimental (con TRIC2).

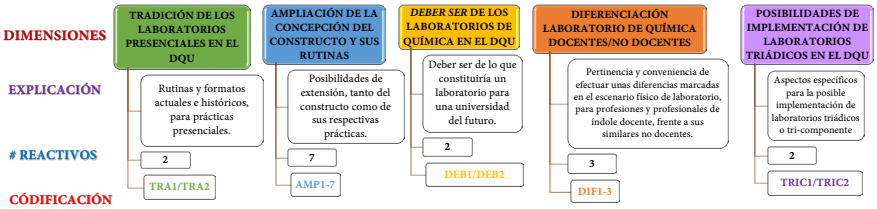
Dimensión DEB (deber ser)

La dimensión DEB enfoca una mirada al futuro en función de un *deber ser* del laboratorio de química, en distinción marcada con un *ser* actual. Se busca no continuar, como hasta ahora, con prácticas tradicionales y presenciales que ocupan un muy elevado porcentaje de la enseñanza del componente experimental (desde DEB1). Así, se busca dar respuesta a una concreta y verdadera articulación entre teoría y práctica (con DEB2).

Dimensión DIF (diferenciación)

La dimensión DIF se refiere a la conveniencia de efectuar unas diferenciaciones necesarias (al menos para los autores de la presente propuesta) que implican modificaciones en el laboratorio de química para carreras que forman profesores frente a aquellas que forman profesionales de otras disciplinas o profesiones. Esto se piensa en términos de la infraestructura física (mediante DIF1), su potencial didáctico en específico (desde DIF2) o como una vía pertinente hacia una real implementación de las TIC para mejoras sustantivas en los procesos de enseñanza y aprendizaje (desde DIF3).

Figura 1. Dimensiones, reactivos y codificación empleada para el estudio de percepciones



Fuente: elaboración propia.

Una vez determinada la población participante y las dimensiones o categorías de análisis, se procedió a diseñar un primer borrador de encuesta tipo Likert, con reactivos que apuntaban, de forma positiva o negativa (según si favorecía, desfavorecía o cuestionaba la categoría), a cada dimensión definida. Estos debían ser evaluados por los encuestados con respecto a su nivel: de acuerdo o desacuerdo.

Validación de contenido

Tomando como sustento la metodología de Galicia *et al.* (2017), y en la vía de efectuar la validación por juicio de expertos, se definió una serie de categorías y otro tanto de indicadores que se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 3. Categorías de validación y descripción para el instrumento de percepciones

Categorías	Indicadores
Suficiencia Los ítems que pertenecen a una misma dimensión bastan para obtener la medición de esta.	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.

Categorías	Indicadores
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 este. El ítem es relativamente importante. El ítem es muy relevante y debe ser incluido.

Fuente: Tomado de Galicia *et al.* (2017, p. 8).

Al igual que para el estudio de Galicia *et al*. (2017), el primer nivel de cumplimiento se asignaba si el ítem no satisfacía la categoría. Así se diligenciaba el instrumento hasta el nivel cuatro, que indicaba que el reactivo cumplía con lo que se esperaba y estaba acorde con la definición de la categoría correspondiente. En el caso del parámetro suficiencia, la puntuación se efectuaba para el conjunto de reactivos de una determinada dimensión y no por ítems.

En síntesis, para el proceso de validación de contenido (también llamada *facial*), fueron seleccionados tres profesionales del ámbito de la educación en química, quienes poseían títulos de posgrado y un nivel adecuado de experticia. En la siguiente tabla se detallan los perfiles.

Tabla 4. Perfiles profesionales de los expertos

Primer lector	Segundo lector	Tercer lector
licenciado en Química, U. Distrital Francisco José de Caldas.	Licenciado en Química, UPN.	Licenciada en Química, UPN.
Magíster en Docencia de la Química, UPN.	Especialista en Análisis Químico Instrumental. U. Javeriana.	Magíster en Docencia de la Química, UPN.
Doctor en Innovación e Investigación en Didáctica. UNED. España.	Magíster en Química Aplicada, U. Estatal de Ponta Grossa, Brasil.	

Fuente: elaboración propia.

La primera versión de la encuesta presentaba tres reactivos para la dimensión TRA, siete reactivos para la dimensión AMP, dos reactivos para la dimensión DEB, tres reactivos para la dimensión DIF y dos reactivos para la dimensión TRIC.

Como se mostró previamente, para la evaluación de los ítems se tuvieron en cuenta cuatro criterios: claridad, coherencia, relevancia y suficiencia (dentro de los reactivos de la misma categoría o dimensión). También se consideraron cuatro posibilidades de ajuste: modificar, integrar, eliminar o conservar sin ajustes, además de observaciones que podía hacer cada uno de los miembros del panel seleccionado de expertos.

Es importante mencionar que, previo al envío de la versión final del Instrumento de Percepciones a los estamentos participantes, se informó, a modo de consentimiento informado, cuál sería el proceder con los datos recolectados, teniendo en cuenta que se trataba de un proyecto de investigación:

> […] el tratamiento de los datos personales de los participantes en la siguiente encuesta se realizará de manera confidencial y cumpliendo con la normativa vigente, en particular en lo relacionado con la Ley 1581 de 2012,

> sobre protección de datos personales para Colombia. En tal sentido, con el diligenciamiento del instrumento, el encuestado autoriza la utilización de los resultados emitidos con fines académicos e investigativos. (Congreso de la República de Colombia, 2012)

Análisis de puntajes en las dimensiones o categorías deductivas

Para el análisis de las valoraciones o puntuaciones en las percepciones se diseñó un baremo que traducía a números enteros las valoraciones de la escala ordinal Likert. Allí se asignaron puntajes a las opciones de respuesta TD, MD, MA, A, TA, en orden creciente a aquellos reactivos que estaban a favor de la dimensión y en orden decreciente para los que estaban en contra de esta (solo para AMP4 y para DEB1), como se ilustra en la siguiente tabla.

Tabla 6. Baremo para ponderación a respuestas de estamentos

	A favor de la dimensión	En contra de la dimensión
TD	0,0	5,0
MD	1,5	4,0
MA	3,0	3,0
A	4,0	1,5
TA	5,0	0,0

Nota: TD: total desacuerdo; MD: mediano desacuerdo; MA: mediano acuerdo; A: acuerdo; TA: total acuerdo.

Fuente: elaboración propia.

Evaluación de la confiabilidad interna

Para el análisis de confiabilidad interna y los posteriores análisis a través de las técnicas POSAC y SSA, fue necesario diseñar otro baremo. En este último se asignaron puntajes de números enteros a los distractores TD, MD, MA, A, TA, lo que se justificó porque tales técnicas son no paramétricas y, por tanto, se rigen por la mediana como medida de tendencia central.

Este hecho obliga a que las entradas sean datos enteros, que también son convenientes para el análisis del coeficiente de Cronbach.

Tabla 7. Baremo para ponderación a respuestas de estamentos para SSA y POSAC

	A favor de la dimensión	En contra de la dimensión
TD	1	5
MD	2	4
MA	3	3
A	4	2
TA	5	1

Nota: TD: total desacuerdo; MD: mediano desacuerdo; MA: mediano acuerdo; A: acuerdo; TA: total acuerdo.

Fuente: elaboración propia.

Para dar cuenta de la confiabilidad interna del instrumento, en general y por estamentos, se empleó el coeficiente alfa de Cronbach, α, que evalúa la correlación de los ítems de tal forma que, entre mayor sea la correlación entre ellos, mayor será la consistencia del instrumento en su conjunto. A modo de criterio general, se tuvieron en cuenta las directrices propuestas por George y Mallery (2003), quienes sugieren una serie de rangos de confiabilidad: excelente ($\alpha \geq 0{,}90$), buena ($\alpha \geq 0{,}80$), aceptable ($\alpha \geq 0{,}70$), cuestionable ($0{,}60 \leq \alpha < 070$), pobre ($0{,}50 \leq \alpha < 0{,}60$) e inaceptable ($\alpha < 0{,}50$). En la misma línea, los valores cercanos a 0,70 son considerados como aceptables por autores como Nunnally (1978) para análisis exploratorios estándar, aunque aceptan como suficientes para estudios exploratorios como el presente valores entre 0,60 y 0,70 (Nunnally, 1978; Nunnaly y Bernstein, 1994).

Además del coeficiente de Cronbach, también se determinó el índice de homogeneidad corregido, o Correlación Ítem-Total corregida, que da cuenta de la correlación lineal entre el ítem y la puntuación total (sin considerar el ítem que se está evaluando). Esto refleja la magnitud y la dirección de tal correlación, de manera que una baja correlación entre el

ítem y la puntuación total puede corresponder a causas como deficiente redacción del ítem o incapacidad del ítem para medir aquello que se espera medir (aceptable, para valores mayores o iguales a 0,300) (Nunnally, 1978; Nunnaly y Bernstein, 1994).

Validación parcial de constructo y evaluación de tendencias en percepciones

Como otro apartado de la investigación y para dar cuenta de cómo se adelantó el análisis de resultados para determinar la coherencia de las categorías o dimensiones del instrumento de percepciones, además de la evaluación de las tendencias en tales percepciones en la muestra intencionada, a partir de los datos empíricos obtenidos de su diligenciamiento se explican a continuación, con algún nivel de detalle, las dos técnicas empleadas: SSA y POSAC.

En específico, para el estudio de percepciones fue seleccionada la técnica *Smallest Space Analysis* (SSA), útil para el análisis de las categorías de trabajo. Por otro lado, se implementó la técnica *Partial Order Scalogram Analysis with Coordinates* (POSAC), la cual permite analizar las tendencias más relevantes en los cinco estamentos encuestados, en relación con tales percepciones.

Explicación del fundamento y desarrollo de las técnicas SSA y POSAC

Además del análisis dimensional paramétrico, existen otras técnicas estadísticas con inferior carácter restrictivo que plantean alternativas de análisis, en términos de la conceptualización de los resultados obtenidos a partir de encuestas. Para la presente investigación fue aplicada una muestra intencionada de cinco estamentos: estudiantes, docentes, directivos, egresados (del programa de Licenciatura o de la Maestría en Docencia de la Química), profesionales del laboratorio y profesionales de apoyo en sistemas (ver figura 3). A manera de síntesis, el instrumento estaba estructurado en formato Likert e indagaba sobre las percepciones

respecto al constructo laboratorio de química y sus particulares prácticas. Cabe anotar que la técnica SSA es ordinal de escalamiento multidimensional, que permite establecer relaciones no lineales entre las variables (en este caso, dimensiones o categorías de análisis: AMP, TRIC, DEB y DIF, que fueron seleccionadas en correspondencia a su pertinencia hacia una renovación y proyección del constructo y sus prácticas conexas).

La técnica SSA representa de manera espacial la matriz de coeficientes de asociación o correlación entre las variables, de manera que las distancias entre los puntos son una función monótona de tales coeficientes y la matriz genere la menor dimensionalidad que se pueda justificar teóricamente, lo que equivale a decir que los reactivos, representados como puntos, son una medida inversa de sus relaciones empíricas. La premisa fundamental en SSA es que entre más cerca estén dos puntos (dos reactivos cualesquiera), mayor será su asociación empírica (Apodaca y Grad, 2002) en el estamento seleccionado o en la muestra intencionada total.

Además de lo recién detallado, una vez se corre el programa, se generan tres tipos de resultados: uno de ellos es el coeficiente de alienación, correspondiente al escalograma generado para todos los reactivos; el segundo es la matriz de coeficientes de monotonicidad débil (ajustados a valores enteros y amplificados a una escala de 0 a 100), y el tercero tiene que ver con los escalogramas, tanto para los estamentos seleccionados como para la muestra en su totalidad.

En segunda medida, para estudiar las tendencias más relevantes de las percepciones de varios estamentos del DQU, se acudió al empleo de la técnica POSAC *(Partial Order Scalogram Analysis with Coordinates)* (Shye, citado en Casas, 2016, 2019). Al igual que con la técnica SSA, POSAC también se ha empleado en investigación sicológica y sociocientífica (Domínguez y Salas, 2009; Páramo y Burbano, 2013), lo que la hace pertinente en virtud de su potencial en poder considerar simultáneamente múltiples variables y también en términos de su sensibilidad para evidenciar diferenciaciones, tanto cualitativas como cuantitativas.

POSAC es una técnica no paramétrica de escalamiento multidimensional que permite comparar perfiles de sujetos o casos sobre varias variables de manera simultánea. Esto posibilita su comparación para categorías de corte cualitativo, basada en perfiles de puntajes para las variables que se pueden representar gráficamente en dos o tres dimensiones (Shye, citado en Casas, 2016, 2019).

El programa POSAC hipotetiza un orden significativo en las variables, lo cual permite estructurar una escala cuantitativa, ligada con la puntuación acumulada de variables en cada perfil. Para emplear la técnica, se definen variables con un significado común, lo que equivale a decir que todas estas han de apuntar al mismo concepto, de manera que altos puntajes en una variable presentan idéntico significado que altos puntajes en otra (para el instrumento de percepciones, todas las categorías apuntan a las percepciones favorables hacia ampliar, renovar y complementar el constructo laboratorio de química y sus prácticas en contextos universitarios).

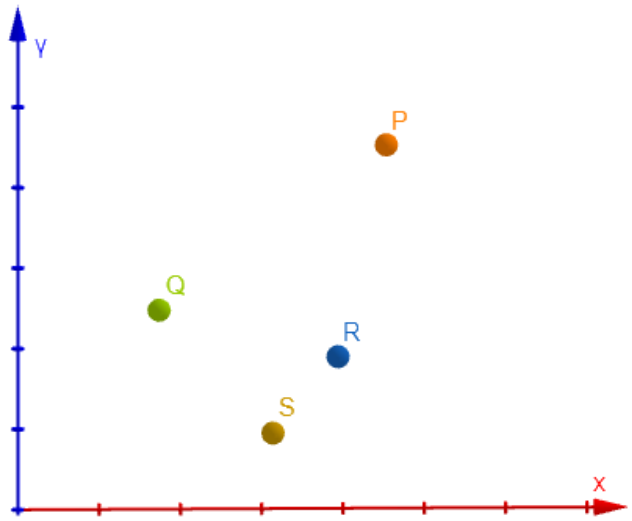
A modo de explicación, las variables generan un perfil de cada subpoblación o estamento, en forma de v1 v2 v3 v4, para el caso de cuatro variables. Un perfil típico de cuatro variables para las percepciones sobre el constructo laboratorio de química podría ser, por ejemplo, 1125, lo que significa que esta predilección es muy baja en v1 y en v2 y tiene una puntuación baja en v3, pero muy alta en v4. POSAC organiza los perfiles en un espacio euclidiano bidimensional, de manera que los perfiles *altos* deben estar ubicados en la esquina superior derecha del *escalograma* (mapa POSAC) y los perfiles *bajos* se encuentran hacia la esquina opuesta.

El algoritmo que efectúa la localización de cada perfil se basa en la manera como se definen las relaciones de orden para cada par de perfiles. De este modo, el perfil X se dice que es mayor que el perfil Y (indicado por X>>Y) si y solo si cada variable en X es igual a cada variable correspondiente en Y, y al menos una variable en X es superior a su variable correspondiente en Y; por ejemplo, el perfil 1245 es superior al perfil 1135

porque v3 en el primer perfil es más alto que v3 en el segundo perfil, y en las otras variables se puede establecer la relación de orden ≥ del perfil 1 al perfil 2.

Para POSAC, dos perfiles cualesquiera, en los que no todas las puntuaciones de las variables son mayores o menores que las de otro perfil, se denominan perfiles incomparables. Para ejemplificar: el perfil 5113 es incomparable con el perfil 4133 (denotado por X # Y) y bajo estas premisas, el algoritmo POSAC utiliza las relaciones de orden entre los perfiles con el fin de ubicarlos en el mapa o escalograma. La figura 2 ilustra las ubicaciones de cuatro perfiles P, Q, R y S.

Figura 2. Ejemplificación de comparabilidad o incomparabilidad de perfiles en un mapa POSAC, con P >> Q, P >> R pero Q # R y Q # S



Fuente: elaboración propia.

Para el caso de las percepciones respecto al constructo, no es de esperarse que se encuentre un orden total; es decir, que no todos los perfiles sean comparables unos con otros, sino que más bien se obtenga un orden parcial. Además, como se esperan relaciones complejas entre las categorías

AMP, TRIC, DEB y DIF, el resultado que se debe obtener ha de ser un mejor ajuste del mapa con un relativamente valor alto de coeficiente CORREP, que indica el porcentaje de pares de perfiles que están CORrectamente REPresentados en el mapa. A modo de ilustración, si CORREP fuera igual a 1 en el mapa, todos los perfiles de pares se habrían representado correctamente. Desde otra perspectiva, cabe afirmar que, a pesar de que se estén trabajando cuatro variables, cada subpoblación (los estamentos) puede estar clasificada por dos factores, representados por los ejes del mapa POSAC.

Debido a que un perfil en el mapa POSAC aparece como un punto en el espacio bidimensional de coordenadas (X,Y), cualquier par de perfiles comparables se encontrarán en línea con rectas de pendiente positiva o rectas que pudieran empalmarse [X+Y], para los que la diagonal que va de la esquina inferior izquierda a la esquina superior derecha se denomina eje J <Joint>. Por otra parte, dos perfiles incomparables se encontrarán en línea con rectas de pendiente negativa o en la dirección lateral [X-Y], para una diagonal que va desde la esquina superior izquierda hasta la esquina inferior derecha, que se denomina eje L <Lateral>.

En síntesis, en cada mapa POSAC se pueden visualizar cuatro ejes: X, Y, J (eje cuantitativo) y L (eje cualitativo). Para estos, el programa arroja coeficientes de correlación y otro tanto de índices CORREP, tanto de perfiles comparables como no comparables.

Implementación del análisis de confiabilidad interna y de las técnicas SSA y POSAC

Para poder aplicar las técnicas SSA y POSAC se siguió una serie de etapas que derivaron en un condensado de índices y escalogramas. Esto da cuenta tanto de la estructura de estas percepciones (SSA) como de las tendencias de los resultados empíricos de cada segmento o estamento evaluado.

Etapa 1. Elaboración y depuración de bases de datos por estamentos

Matriz de partida

En esta etapa, y para el efecto de determinar la validez relacionada con la confiabilidad interna y para la ejecución de las técnicas SSA y POSAC, se elaboró una matriz de datos empíricos en la que se tradujeron a números enteros. Todos los puntajes obtenidos por cada participante, de acuerdo con el baremo de la tabla 5, fueron extraídos de las respuestas que surgieron de la información recolectada del instrumento (ya validado en contenido) en la plataforma Google Forms. Dicha herramienta tenía ramificaciones para cada estamento y estuvo disponible para los encuestados durante un periodo de veinte días. Posteriormente, fue necesario construir dos series de matrices, unas para la ejecución de la técnica SSA y el análisis de confiabilidad interna y otras para correr la técnica POSAC.

Matrices para confiabilidad interna y SSA

La matriz de partida con puntajes enteros, explicada con las valoraciones para cada participante y estamento, sirvió para construir una primera base de datos conformada por un conjunto de hojas de cálculo. En esta última, las columnas estaban rotuladas con el nombre y el estamento al que pertenecía el encuestado, así como con los códigos de los reactivos para cada dimensión o categoría: *TRA1*, *TRA2*, *AMP1*, *AMP2*... *AMP7*, *DEB1*, *DEB2*, TRIC1, TRIC2. Las filas recolectaban los nombres de los participantes encuestados. Aquí es importante recordar que los reactivos *TRA1* y *TRA2* solo fueron empleados para el análisis de confiabilidad interna del instrumento por las razones previamente expuestas. Para esta primera base de datos también se elaboraron hojas de cálculo por estamento, con la intención de ampliar los análisis, tanto de confiabilidad interna como de la técnica SSA (solo para estamentos mayoritarios: estudiantes, docentes y egresados).

Matrices para POSAC

En el análisis mediante POSAC se elaboró una segunda base de datos, en la que se añadieron columnas correspondientes a las medianas (para número impar de reactivos o ítems en la dimensión) o mayor valor (para número par de reactivos), de manera que la matriz de trabajo solo contenía columnas para confiabilidad interna y SSA; los datos fueron organizados para todos los encuestados que hacían parte de los estamentos mayoritarios referidos.

Etapa 2. Ejecución de programas o paquetes estadísticos

Confiabilidad interna

Se corrió el programa SPSS, versión 25, que arrojó los resultados de índice α de confiabilidad interna y coeficiente ítem-total corregido, tanto para el instrumento en su conjunto como para cada estamento mayoritario por separado.

SSA

Para el análisis mediante la técnica SSA se corrió el programa HUDAP8, que generó una serie de índices y coeficientes y otro tanto de matrices y escalogramas (incluido el de tres dimensiones que se analizó en la presente investigación) para dar cuenta del análisis categorial de las dimensiones deductivas iniciales.

POSAC

Para el análisis mediante la técnica POSAC se ejecutó el programa HUDAP8, que generó una serie de índices, coeficientes y otro tanto de matrices y escalogramas. Así, se dio cuenta del análisis de tendencias tanto cualitativas como cuantitativas para cada uno de los estamentos mayoritarios evaluados.

Etapa 3. Elaboración de particiones y generación de clústeres

Con la mente puesta en el marco de resultados y hallazgos de la investigación realizada, los autores generaron una serie de particiones que develaron otro tanto de *clústeres* o grupos de reactivos o perfiles. Esto permitió acercamientos a la estructura subyacente del constructo laboratorio de química, en el camino hacia su resignificación y modificación sustantiva, en especial en lo concerniente a la comprensión de dicho concepto, a sus singulares y específicas prácticas de enseñanza, así como las tendencias más relevantes encontradas en cada uno de los estamentos mayoritarios investigados.

Las particiones fueron delineadas mediante dos procedimientos. Para el caso de la técnica SSA se usaron planos secantes, oblicuos o paralelos a los planos XY, XZ o YZ, o también mediante elipsoides que engloban grupos de reactivos, con la intención de generar supercategorías o marcar algunos reactivos con comportamiento disímil para cada estamento estudiado. Por otro lado, para POSAC se usó la delimitación de regiones del plano con base en el empleo de segmentos de rectas que fueron ubicadas para su posterior análisis a partir de los ejes coordenados o los ejes oblicuos, J y L, de acuerdo con coeficientes significativos y sugerentes de relevancia en el análisis para una u otra orientación, en cada caso.

Del experimento didáctico como ejercicio de pilotaje

Sobre los avances en términos de la implementación de laboratorios triádicos en campo, se adelantó un experimento didáctico que explicitó un ejercicio de pilotaje, estructurado para dos espacios académicos de énfasis del programa LQU de la UPN, denominados en un primer momento: "tópicos didácticos: laboratorios *duales* para química instrumental". Estos programas fueron dirigidos por los autores de la presente propuesta de laboratorios triádicos o tri-componente. El periodo de implementación del pilotaje fue el segundo semestre académico del año 2022 (para el

denominado Énfasis I, de noveno semestre) y el primer semestre del año académico 2023 (para el denominado Énfasis II, de décimo semestre).

Los dos espacios académicos estuvieron fundamentados en el ámbito de la química analítica instrumental, en virtud de características en este dominio disciplinar que lo hacían especialmente atractivo. Este hecho se basó en las posibilidades de ser adaptado y habilitado para desarrollar la propuesta de laboratorios triádicos por múltiples razones, entre las que se pueden resaltar:

- El mismo grupo de énfasis iba a cursar los dos espacios académicos, lo que aumentaba el tiempo del ensayo de prácticas de laboratorio en al menos dos de las tres aproximaciones: presencial, digital y remota.
- Se trataba de estudiantes que habían cursado y aprobado los espacios de Métodos de Análisis Químico I y de Métodos de Análisis Químico II, otro tanto de espacios de química orgánica, inorgánica, bioquímica y fisicoquímica. Además, cursaron un buen número de asignaturas del componente de pedagogía y didáctica de las disciplinas, para unas bases o fundamentos necesarios en el plano presencial y en el del empleo de TIC y de ambientes u objetos virtuales de aprendizaje.
- El laboratorio de química instrumental fuera de la Universidad es problemático, ya que acceder a tal escenario implica una inversión económica considerable, lo que lo convierte en un lugar casi inaccesible para estudiantes o docentes (ejemplo de un laboratorio clínico).
- Existe instrumentación de equipos robustos que no posee la Universidad, pero a los que se puede acceder en forma remota o virtual, lo que está en consonancia con las aproximaciones propuestas por los autores.
- El tiempo, particularmente en química instrumental, es un limitante importante, pues muchas prácticas requieren dos y tres sesiones que

pueden albergar periodos de espera prolongados, lo que favorecería el desarrollo de trabajo remoto o digital (modelaciones, simulaciones o laboratorios virtuales).

Es importante explicar que el desarrollo de los espacios de énfasis se hizo sobre miniproyectos de laboratorio, organizados en varias sesiones de práctica, preparación, discusión, debate y socialización de resultados, siempre complementados con explicaciones y presentaciones realizadas por los profesores del espacio académico o por el grupo de estudiantes y docentes en conjunto.

Además de lo anterior, para los momentos relacionados con actividades prácticas de laboratorio fueron dispuestos y habilitados computadores, equipos de filmación o presentación vía *streaming*. Esto estuvo en conjunto con todos los insumos, materiales, reactivos y equipamientos para la práctica presencial en específico. Finalmente, en relación con los momentos evaluativos, se usaron formatos de autoevaluación, rúbricas de evaluación de las presentaciones o heteroevaluaciones, que tuvieron su consecuente retroalimentación.

Capítulo 5.
De los resultados: evidencias del camino en la concreción del proyecto

En este capítulo se muestran algunos resultados relacionados con la evaluación de percepciones en torno al constructo laboratorio de química, sus tradiciones y sus posibilidades de renovación y proyección. Estas observaciones fueron determinadas a partir de un instrumento validado en contenido (por juicio de expertos), en confiabilidad interna (mediante el empleo del coeficiente α de Cronbach y coeficientes ítem-total corregido) y de manera parcial en constructo (desde la técnica SSA). Luego, se presentan y analizan resultados en la línea de la implementación y puesta a punto del experimento didáctico, a modo de ejercicio de pilotaje inicial de la propuesta de laboratorios triádicos, al interior del DQU de la UPN.

Evaluación de percepciones en cinco estamentos del DQU

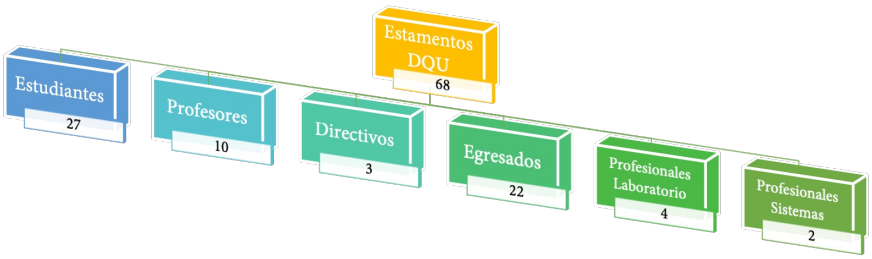
En este apartado se presentan los resultados relacionados con el plano de las percepciones de los estamentos participantes en tres bloques: validación del instrumento; análisis mediante la técnica SSA de las categorías que conforman o definen el constructo laboratorio de química y sus prácticas, a partir de la mirada de los actores mayoritarios en lo referente a su implicación frente a las dinámicas relacionadas con la enseñanza, y el aprendizaje del componente experimental. Por último, se efectúa el análisis mediante

la técnica POSAC de las tendencias más sobresalientes en los actores estudiantes, docentes y egresados.

Validación del instrumento de percepciones

En referencia a la validación del instrumento de percepciones, conviene detallar la muestra intencionada de los cinco estamentos que diligenciaron la versión definitiva con formato tipo Likert.

Figura 3. Estamentos de la muestra intencionada



Fuente: elaboración propia.

Para continuar con la generación de resultados del proceso de validación de contenido, en la siguiente figura se muestra un fragmento de la plantilla inicial de validación entregada en forma consecutiva a tres lectores-evaluadores. Estos actores hicieron sus respectivas observaciones, las cuales fueron atendidas en la modalidad de cascada. Así, las observaciones del primer lector-evaluador fueron revisadas por los autores y, una vez realizados los ajustes del caso, se envió la solicitud de evaluación del segundo borrador al segundo lector-evaluador y así sucesivamente. Esto permitió obtener la versión definitiva, que fue transcrita y llevada a un formato de encuesta en Google Forms para su diligenciamiento definitivo por la muestra intencionada.

Figura 4. Fragmento de formato de validación de contenido del instrumento de percepciones, enviado al primer experto

N°	Enunciado	Criterios de evaluación (puntuar con: 1, 2, 3 o 4)				Ajustes sugeridos (colocar una X según corresponda)				Observaciones (detallar el ajuste sugerido)
		Claridad	Coherencia	Relevancia	Suficiencia dentro del grupo de ítems de la categoría	Modificar	Integrar	Eliminar	Conservar sin ajustes	
1	Considero que las prácticas de laboratorio presenciales que se han realizado hasta ahora en el departamento de química le han permitido a los estudiantes consolidar su conocimiento teórico-práctico sobre diversas temáticas químicas.									
2	Considero que en las prácticas presenciales en el laboratorio de química en la forma como se han manejado hasta ahora, los estudiantes desarrollan habilidades y/o destrezas en el manejo de equipos, material de laboratorio y manejo de sustancias químicas, que contribuyen a su formación docente.									
4	Considero que el desarrollo de prácticas de laboratorio presenciales que se han desarrollado hasta ahora ha permitido que el estudiante logre identificar plenamente las condiciones y variables empleadas en cada situación experimental.									
3	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.									
5	A mi juicio, los laboratorios de química al interior del DQU deben continuar de la manera como se han venido desarrollando, sin mayores modificaciones.									

Fuente: elaboración propia.

Según se observa en la anterior figura, el reactivo resaltado en gris correspondiente a TRA3 fue eliminado para la versión 2, en atención a una sugerencia del lector-evaluador 1 relacionada con una aparente obviedad en la posible valoración de los estamentos investigados.

Instrumento de percepciones: el producto

Como un primer resultado final del proceso de validación, se muestra a continuación el instrumento de percepciones definitivo en su versión 3 (v3), que constó de 16 reactivos distribuidos en cinco dimensiones o categorías. Estas se obtuvieron luego de los ajustes en cascada aplicados a los borradores del instrumento, según se explicó líneas atrás, que constituyó el instrumento final en su versión v3.

Tabla 8. Instrumento definitivo de percepciones sobre el constructo laboratorio de química, v3

N°	Enunciado
1	Considero que las prácticas de laboratorio presenciales que se han realizado hasta ahora en el departamento de química han permitido a los estudiantes consolidar su conocimiento teórico-práctico sobre diversas temáticas químicas.
2	Considero que en las prácticas presenciales en el laboratorio de química, en la forma como se han manejado hasta ahora, los estudiantes desarrollan habilidades y/o destrezas en el manejo de equipos, material de laboratorio y manejo de sustancias químicas, que contribuyen a su formación profesional.
3	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.
5	Según mi parecer, cuando se aplicaron laboratorios virtuales durante la pandemia, hubo un avance significativo respecto a las posibilidades de concebir el laboratorio de química al interior del DQU, desde una óptica diferente al de las prácticas presenciales.
6	Considero que tener un registro audiovisual de una práctica de laboratorio puede llegar a ser una alternativa util para complementar y, en algunos casos, sustituir una práctica presencial.
7	Pienso que el desarrollo de las prácticas presenciales es insustituible por modalidades que impliquen la inclusión de la perspectiva digital (que incluye la opción virtual o la de acceso remoto).
11	Considero que el Departamento de Química de la UPN 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.

N°	Enunciado
12	Considero que la planta física actual del laboratorio de química del DQU debe ser totalmente modificada, en consonancia con una visión más integral de lo que hoy ha de constituir el trabajo experimental en química, para la formación de docentes del futuro.
13	Según mi juicio, un laboratorio con posibilidades de acceso remoto, presencial y/o virtual mejorará significativamente la demanda de aspirantes a la Licenciatura en Química y a la Maestría en Docencia de la Química, frente a otros programas similares, en contextos nacionales e internacionales.
8	El acceso remoto, virtual y presencial (en el laboratorio o en casa) constituye 3 aristas de un triángulo que pudiera conformar un abanico más completo de posibilidades para una práctica de laboratorio.
9	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.
4	A mi juicio, los laboratorios de química al interior del DQU deben continuar de la manera como se han venido desarrollando, sin mayores modificaciones.
10	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 (entendiendo la expresión digital como virtual o bajo acceso remoto).
14	Desde mi criterio, considero que los laboratorios dirigidos a 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.
15	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 licenciados (químicos, químicos farmacéuticos o ingenieros).
16	Considero que el laboratorio para profesores de química ha de constituirse en una pertinente y real posibilidad de implementación de las TIC, para potenciar los procesos de enseñanza y aprendizaje desde este escenario.

Fuente: elaboración propia.

Conviene aclarar que, teniendo en cuenta el rol en las dinámicas del laboratorio de química al interior del DQU de cada uno de los estamentos investigados, no todos estos dieron respuesta a los reactivos; por tal razón, se muestran en la tabla siguiente los reactivos y dimensiones que fueron valorados en cada caso.

Tabla 9. Reactivos y dimensiones valorados por cada estamento en el instrumento de percepciones, v3

Reactivo	Estudiantes 2° - 10° semestre	Profesores de planta, ocasionales o catedráticos	Directivos	Egresados de la licenciatura en química y la maestría en docencia de la química	Profesional química	Profesionales de apoyo laboratorio	Profesional de sistemas
TRA1	X	X		X			
TRA2	X	X		X			
AMP1	X	X	X	X	X	X	
AMP2	X	X	X	X	X	X	X
AMP3	X	X	X	X	X	X	X
AMP4	X	X	X	X	X	X	X
AMP5	X	X	X	X	X	X	X
AMP6	X	X	X	X	X	X	
AMP7	X	X	X	X	X	X	
TRIC1	X	X	X	X	X	X	X
TRIC2	X	X	X	X	X	X	X
DEB1	X	X	X	X	X	X	
DEB2	X	X	X	X	X	X	X
DIF1	X	X	X	X	X	X	X
DIF2	X	X	X	X	X	X	
DIF3	X	X	X	X			X
TOTALES	**16**	**16**	**14**	**16**	**13**	**13**	**9**

Fuente: elaboración propia.

Confiabilidad interna y coeficientes de interés

Como un segundo resultado en lo concerniente al proceso de validación, se presenta a continuación una tabla que condensa los coeficientes de confiabilidad interna y los reactivos que, al ser eliminados del instrumento, elevaban el índice α. Estos últimos encontrados al efectuar la evaluación a estudiantes, docentes y egresados para las dimensiones de análisis TRA, AMP, TRIC, DEB y DIF, extraídos a partir del programa estadístico SPSS, versión 25.

Tabla 10. Coeficientes de confiabilidad interna y reactivos problemáticos del instrumento de percepciones, v3

Dimensión	Coeficiente α de cronbach	Reactivos que al ser eliminados aumentan α
Tradición de los laboratorios presenciales en el DQU	0,847	N/A
Posibilidades de ampliación de la concepción del laboratorio en el DQU	0,616	si se elimina AMP4 ('nuevo' α = **0,769**)
Deber ser del laboratorio en el DQU	DEB1 'daña' el α (da negativo)	N/A
Diferenciación de laboratorios para profesiones docentes/no docentes.	0,802	N/A
Laboratorios tricomponente (presencial/digital/remoto)	0,765	N/A

Fuente: elaboración propia.

Cabe explicar que la razón de agrupación de los tres estamentos mencionados fue la de ser mayoritarios en número (59 de 68 participantes), además del hecho de que estos segmentos de población respondieron a todos los reactivos, en virtud de su apreciable conocimiento de las prácticas de laboratorio al interior del DQU.

En términos generales, el consolidado presenta valores del coeficiente α de Cronbach aceptables para George y Mallery (2003, p. 231), con α > 0,70, pero considerando que se trata de un estudio exploratorio el valor 0,616 es aceptable, según Nunnally (1978) y Nunnaly y Bernstein (1994).

Por otra parte, es evidente el carácter problemático de los reactivos AMP4 y DEB1, sobre todo en el primero por elevar el valor del coeficiente al ser eliminado del instrumento y, en el segundo, por generar un valor inapropiado o sin sentido.

Al analizar el caso AMP4, es entendible que expresiones como *insustituible* (en referencia a los laboratorios presenciales) pueden dirigir la puntuación hacia un extremo u otro. Esto se debe a que es una expresión que podría producir un viraje muy profundo en la respuesta del encuestado y provocar la formación de dos polos: los que están a favor del laboratorio presencial y los que están en contra.

Para DEB1, el resultado quizá tiene que ver con estar redactado de manera inversa para la categoría deber ser o DEB, lo que pudo generar confusión en las respuestas. Esto último también puede explicarse por la favorabilidad de las percepciones hacia los laboratorios de química como están concebidos y trabajados a la fecha, por el temor a la posibilidad de su extinción con el advenimiento de la tecnología. Dicho avance impulsó el acceso remoto y las prácticas virtuales en la enseñanza remota de emergencia (ERE), contingente muy significativo en época de pandemia.

Además de lo mencionado, se puede efectuar un análisis por estamentos en la medida que cada uno de estos segmentos de población respondió a unos determinados y específicos reactivos, lo que permitió emplear el paquete estadístico informático SPSS. Dicho uso posibilitó generar los coeficientes de confiabilidad interna y develar, de todos ellos, los que son problemáticos; es decir, los que elevaban el índice de confiabilidad al ser eliminados del instrumento, que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 11. Coeficientes de confiabilidad interna y reactivos problemáticos por estamentos

Estamento	Coeficiente α de cronbach	Reactivos que al ser eliminados aumentan α
Docentes+estudiantes+egresados	**0,864**	si se elimina AMP4 ('nuevo' α = 0,893), si se elimina DEB1 ('nuevo' α = 0,877), si se eliminan ambos ('nuevo' α = 0,907)
Directivos	**0,781**	si se elimina AMP4 ('nuevo' α = 0,769)
Profesionales apoyo lab + profesional química	**0,633**	si se elimina AMP2 ('nuevo' α = 0,716), si se elimina DIF2 ('nuevo' α= 0,707)
Profesionales apoyo de sistemas	<no hay covarianza; datos casi idénticos>	N/A
Laboratorios tricomponente (presencial/digital/bajo acceso remoto)	**0,765**	N/A

Fuente: elaboración propia.

Según se observa, de nuevo se evidencian valores aceptables de los índices o coeficientes α de Cronbach, solo que en este caso surgen los reactivos AMP2 y DIF2 como problemáticos para el estamento de profesionales de apoyo al laboratorio y la profesional química. Además, surgen los ítems AMP4 y DEB1 para los estamentos docentes, estudiantes y egresados, y AMP4, problemático para directivos, con la diferencia marcada respecto al análisis previo por dimensiones en que, sin la necesidad de eliminarlos, los valores iniciales de Cronbach seguirían siendo aceptables.

En la tabla anterior se destaca que, para el caso particular de los profesionales de sistemas, el programa no generó coeficiente de confiabilidad ya que las respuestas y valores para casi todas las respuestas de los dos encuestados fueron idénticos, mas no por una baja en la confiabilidad misma del instrumento. En el plano de los análisis de coeficientes

ítem-total corregido, se muestran a continuación los resultados obtenidos, para los estamentos agrupados en estudiantes, docentes y egresados.

Tabla 12. Coeficientes ítem-total corregido, para todos los reactivos del instrumento, para estamentos estudiantes + docentes + egresados

	Coef. Ítem-total corregido
TRA1	0,410
TRA2	0,527
AMP1	0,420
AMP2	0,415
AMP3	0,564
AMP4	-0,292
AMP5	0,577
AMP6	0,612
AMP7	0,752
TRIC1	0,730
TRIC2	0,668
DEB1	0,042
DEB2	0,642
DIF1	0,777
DIF2	0,603
DIF3	0,729

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 12 se muestran valores superiores a 0,300 en casi todos los reactivos, salvo en APM4 y DEB1, los cuales muestran un comportamiento anómalo. Este hecho sugiere que se deban revisar para la generación de súpercategorías o su eliminación, que aún es apresurada o precipitada en virtud de la necesidad de un análisis categorial, como el que se empleó en la técnica SSA, el cual dio cuenta de resultados en este plano de análisis.

A modo de contraste, en el estudio de coeficientes ítem-total corregido, se presentan a continuación dos grupos de datos para las dimensiones AMP y DIF que evidencian el carácter particular y problemático del reactivo AMP4, dentro de los reactivos de su misma categoría. Esto se explicó líneas atrás por la sensibilidad del encuestado a expresiones tajantes o descalificantes en lo referente al trabajo de laboratorio presencial, esta vez reforzado por el cuestionamiento de pertenecer a la dimensión AMP en la que fue incluido inicialmente, al menos a los ojos de los segmentos indagados.

Tabla 13. Coeficientes ítem-total corregido, para todos los reactivos del instrumento, para estamentos estudiantes + docentes + egresados, en la dimensión AMP

Coef. Ítem-total corregido	
AMP1	0,402
AMP2	0,351
AMP3	0,426
AMP4	**-0,330**
AMP5	0,507
AMP6	0,513
AMP7	0,668

Fuente: elaboración propia.

Tabla 14. Coeficientes ítem-total corregido para todos los reactivos del instrumento, para estamentos estudiantes + docentes + egresados, en la dimensión DIF

Coef. Ítem-total corregido	
DIF1	0,728
DIF2	0,605
DIF3	0,619

Fuente: elaboración propia.

Caracterización de las percepciones sobre el *laboratorio de química* y sus posibilidades de transformación al interior del DQU, bajo dos aproximaciones: cualitativa y cuantitativa

Evaluación global de puntajes relacionados con el constructo laboratorio de química de tres estamentos mayoritarios: resultados desde SSA

Con el propósito de ponderar de manera global las percepciones de los tres estamentos mayoritarios sobre el constructo laboratorio de química, se efectuó una división gruesa que tiene en cuenta dos dimensiones. La primera es la TRA que, como se explicó, corresponde a las tradiciones y rutinas de laboratorios presenciales desde la creación del programa de licenciatura hasta la fecha. La segunda dimensión fue rotulada "posibilidades de extensión" del laboratorio (EXT) y abarcó las dimensiones deductivas AMP, TRIC, DEB y DIF, distanciadas de una postura que apunta a perpetuar las prácticas tradicionales.

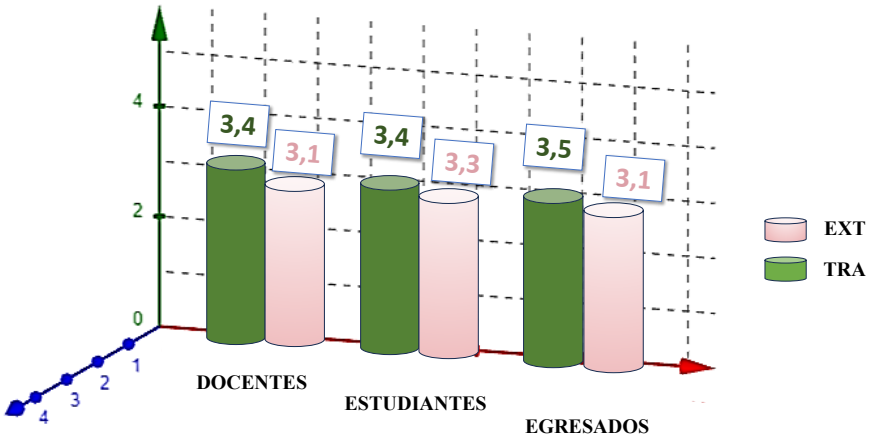
Una vez efectuada la segmentación de las dimensiones, se pueden presentar en la siguiente tabla y en la gráfica subsecuente los promedios ponderados de respuesta para los estamentos indagados.

Tabla 15. Promedios ponderados de las dimensiones TRA y EXT, para los tres estamentos mayoritarios

Dimensiones	Docentes	Estudiantes	Egresados
TRA	3,4	3,4	3,5
EXT	3,1	3,3	3,1

Fuente: elaboración propia.

Figura 5. Diagrama de barras de promedios de las dimensiones TRA y EXT, para los tres estamentos mayoritarios



Fuente: elaboración propia.

En el diagrama se puede observar la similitud entre los estamentos de docentes y egresados, que dan un puntaje inferior a la dimensión TRA frente a EXT. Esto se diferencia del estamento estudiantes, un poco más abierto a nuevas alternativas de percepción y de abordaje de los laboratorios de química, quizás debido a que dicho estamento hace parte de una generación más habituada al trabajo con dispositivos electrónicos. En cualquier caso, se evidencian respuestas apenas favorables, lo cual está relacionado con algunas resistencias frente al trabajo virtual o remoto, propiciado por las experiencias traumáticas de la pandemia en los procesos educativos, en consonancia con investigaciones como las de Salinas y Pérez (2023) y Corrales (2023).

Análisis de categorías que conforman el constructo laboratorio de química y sus prácticas, bajo la óptica de tres estamentos mayoritarios: resultados desde SSA

Para dar cuenta de la estructura que subyace al constructo laboratorio de química y a su concepción en el plano de la renovación, reestructuración e implementación para una universidad del futuro desde alternativas de

laboratorio diferentes a las tradicionales, se acudió a la técnica SSA. Dicha herramienta habría de proveer una lectura global a las categorías o dimensiones deductivas, de las que se retiró la dimensión TRA por hacer referencia más bien a las tradiciones o rutinas empleadas al interior del DQU.

A modo de explicación de las razones de substraer del análisis a los estamentos directivos, profesionales del laboratorio y profesionales de sistemas para el análisis mediante SSA, los autores del presente estudio argumentan tres razones muy particulares. La primera tiene que ver con que la investigación no le apuntaba tanto a controvertir o cuestionar las tradiciones sobre el ámbito experimental desde el inicio de los programas del DQU hasta la fecha. La segunda razón es que los estamentos minoritarios recién señalados no tenían conocimientos significativos de la dimensión TRA, por lo que no fueron indagados en este aspecto. La tercera razón tiene que ver con el hecho de que se eliminaron para el análisis solo nueve encuestados de 68 totales, lo que no constituiría una pérdida apreciable de información.

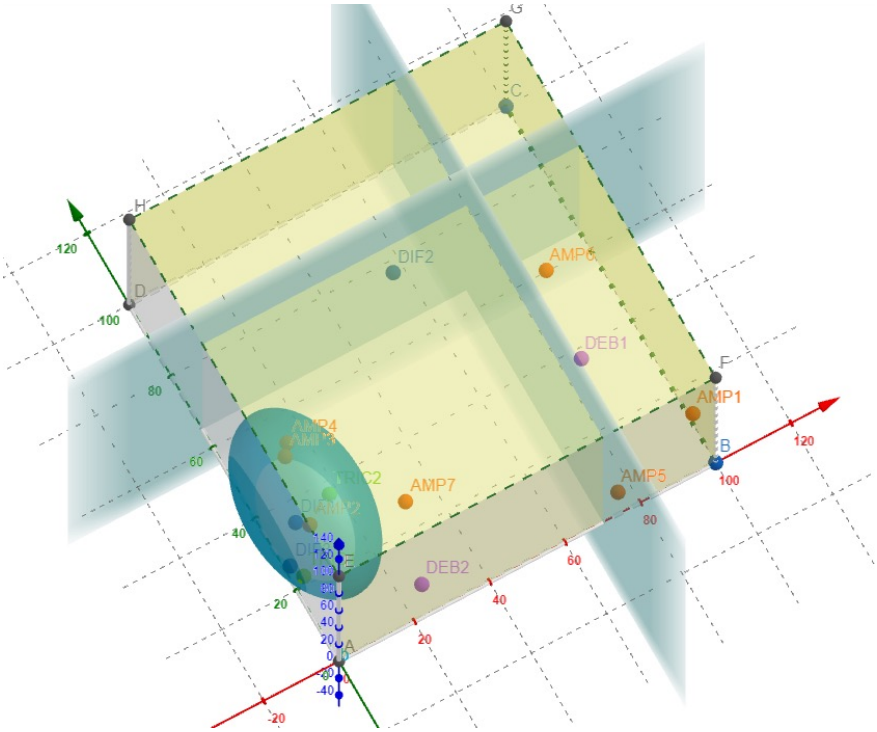
A modo de resumen, conviene recordar que, para el trabajo con la técnica SSA, se habían seleccionado cuatro dimensiones: *AMP* con siete ítems: AMP1, AMP2, … AMP7; *TRIC* con dos ítems: TRIC1 y TRIC2; *DEB* con dos ítems DEB1 y DEB2; y *DIF* con tres ítems: DIF1, DIF2 y DIF3. A continuación, se ilustran los resultados y hallazgos obtenidos mediante la técnica POSAC, estamento por estamento.

Caso docentes

Para la casuística del colectivo docentes, se trabajó con un escalograma para dimensionalidad 3, con un coeficiente de alienación de 0,04283, muy favorable si se tiene en cuenta que tal parámetro se plantea como aceptable para valores inferiores a 0,200, siendo 0 un valor para ajuste impecable (Apodaca y Grad, 2002).

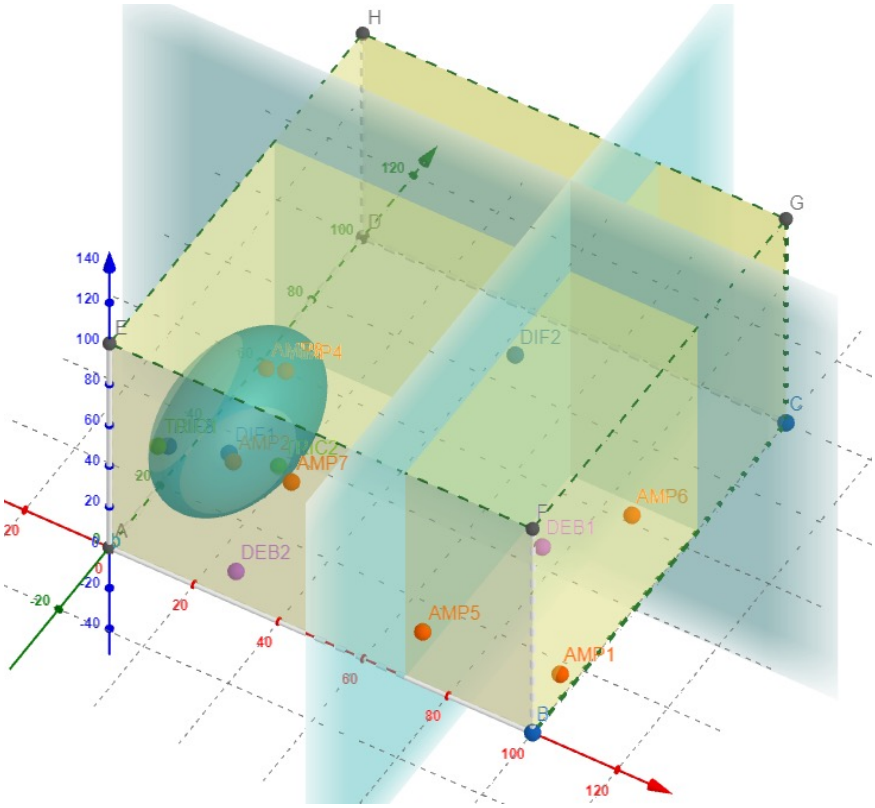
Con este valor en mente, se desencadenó, a partir de la aplicación HUDAP8, una serie de coordenadas en R^3 que permitieron la representación de cada uno de los reactivos como puntos dentro de un cubo. Para efectos de visualización, estas series se amplificaron para verse como pequeñas esferas. A continuación, se muestra el escalograma de orden parcial generado por las coordenadas arrojadas por HUDAP8, con dos vistas seleccionadas a partir del *software* libre de matemáticas dinámicas Geogebra®. Estas se grafican una vez efectuadas las particiones propuestas por los autores, que se basaron en coeficientes de correspondencia entre los reactivos, así como de proximidad en las coordenadas o basadas en la aproximación visual.

Figura 6. Escalograma 3D para SSA en docentes, con las particiones y *clústeres* propuestos por los autores. Vista 1



Fuente: elaboración propia.

Figura 7. Escalograma 3D para SSA en docentes, con las particiones y *clústeres* propuestos por los autores. Vista 2



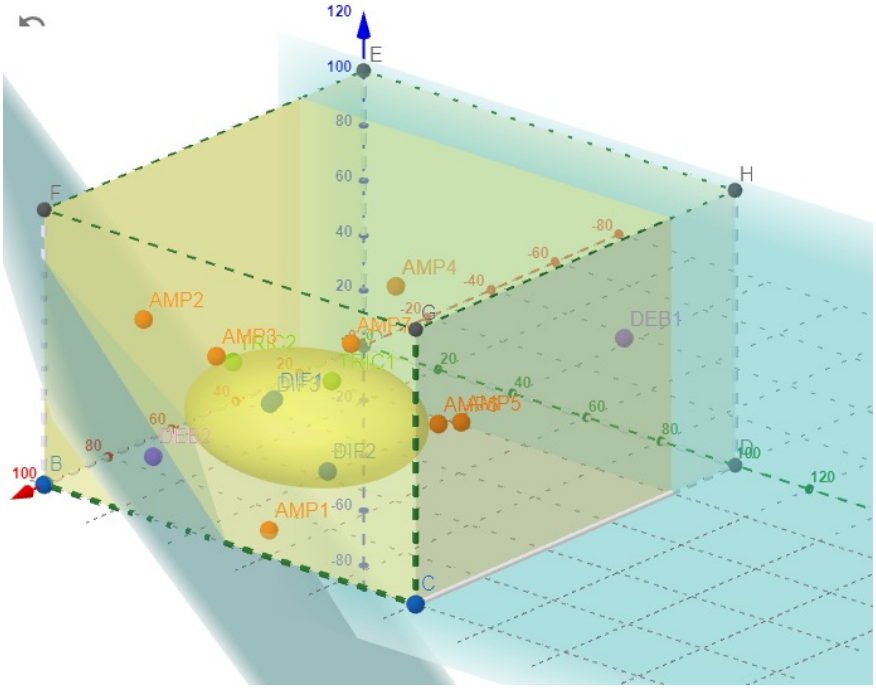
Fuente: elaboración propia.

Según se observa en las figuras anteriores, existe una elevada correlación entre las categorías TRIC y DIF, en virtud a la corta distancia que separa los puntos de dichos reactivos, lo que permite generar un *clúster* que se pudo encerrar en un elipsoide (truncado). También se pueden distinguir los reactivos AMP1, AMP5, AMP6 y DEB1, que han sido separados por un plano vertical, lo que se resumiría en la presencia de tres *clústeres* diferenciados en el escalograma de dimensión 3: los reactivos que circunscribe el elipsoide, los que están fuera del elipsoide, pero en el mismo lado del plano bisector, y los que se encuentran al otro lado del plano.

Caso estudiantes

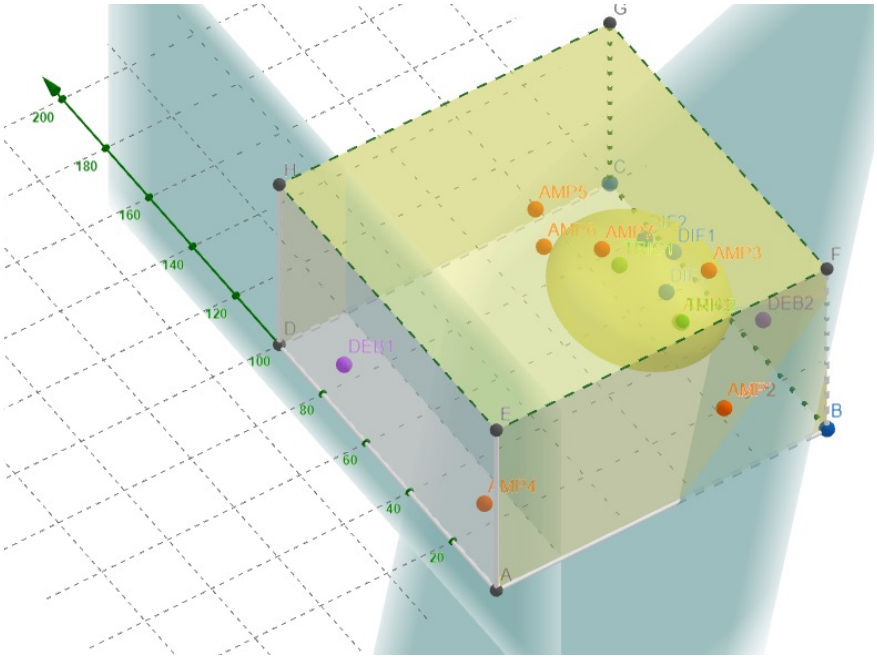
Para el estamento de los estudiantes, al igual que para el caso de docentes, se trabajó con un escalograma con dimensionalidad 3. Este arrojó un coeficiente de alienación de 0,09915, también muy adecuado, que indica la bondad de ajuste de las posiciones de los puntos en su ubicación dentro del cubo. A continuación, se muestra el escalograma de orden parcial generado por las coordenadas arrojadas por HUDAP8, con las dos vistas más favorables, logradas desde el aplicativo matemático Geogebra®. Este ilustra las particiones sugeridas por los autores, que también estuvieron fundamentadas en coeficientes de correspondencia entre los reactivos y de distancia entre los puntos, complementada con la visualización de las esferas correspondientes a tales reactivos para este estamento.

Figura 8. Escalograma 3D para SSA en estudiantes, con las particiones y *clústeres* propuestos por los autores. Vista 1



Fuente: elaboración propia.

Figura 9. Escalograma 3D para SSA en docentes, con las particiones y *clústeres* propuestos por los autores. Vista 2



Fuente: elaboración propia.

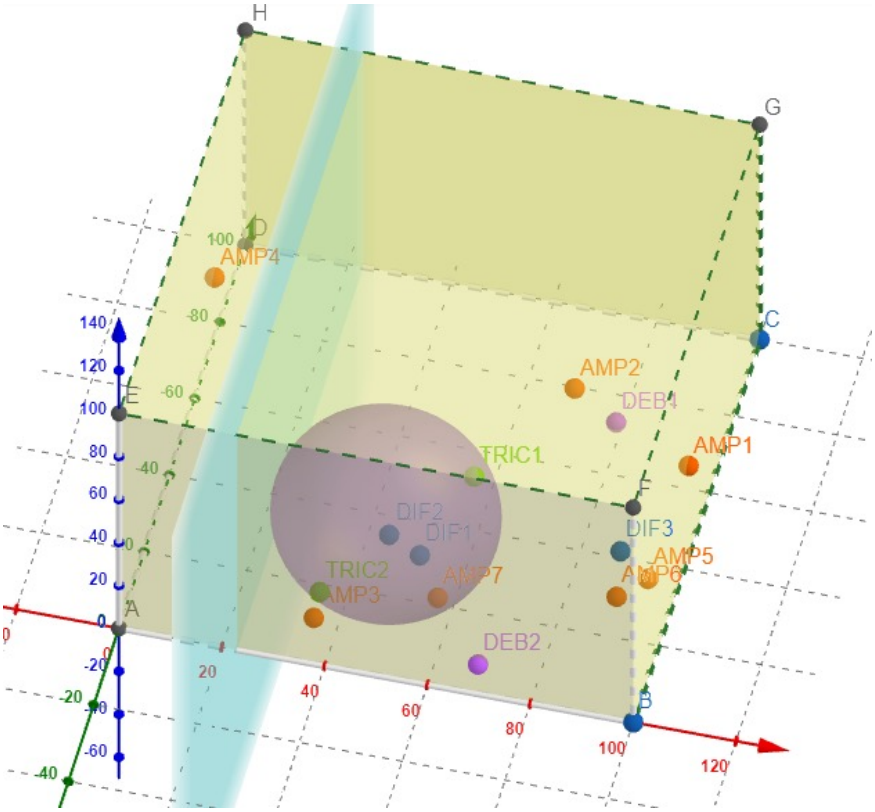
Al revisar el escalograma de las percepciones de los estudiantes, se evidencia un *clúster* que engloba los reactivos DIF y TRIC, delimitado por un elipsoide dispuesto de manera horizontal. Se observa otro *clúster* que conforma los reactivos DEB1 y AMP4 y un *clúster* con el reactivo DEB2 en solitario, delimitado por un plano secante. En síntesis, se definieron cuatro regiones que determinan relaciones significativas entre pares de categorías o dimensiones deductivas.

Caso egresados

Para el estamento egresados, como en los casos precedentes, se utilizó un escalograma con dimensionalidad 3 que generó un coeficiente de alienación de 0,13606. Este, aunque no es óptimo, es aceptable en relación con la bondad de ajuste en la metodología para generar el escalograma. A

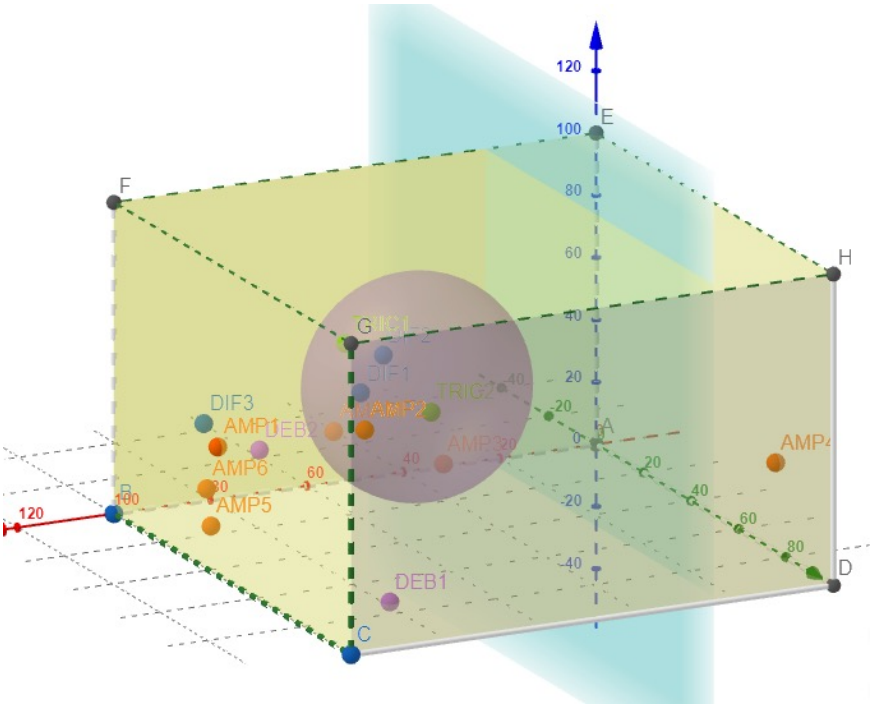
continuación, se muestra el escalograma de orden parcial, generado por las coordenadas que entregó el programa HUDAP8 con las dos vistas más adecuadas en Geogebra®. Estas dan cuenta de las particiones propuestas por los autores, a su vez soportadas bien sea por coeficientes de correspondencia entre los reactivos o por visualización de las menores distancias entre grupos de esferas en el estamento egresados.

Figura 10. Escalograma 3D para SSA en egresados, con las particiones y *clústeres* propuestos por los autores. Vista 1



Fuente: elaboración propia.

Figura 11. Escalograma 3D para SSA en egresados, con las particiones y *clústeres* propuestos por los autores. Vista 2



Fuente: elaboración propia.

Al visualizar el escalograma de percepciones en egresados, se devela el *clúster* que cobija los reactivos DIF (con excepción de DIF3) y TRIC, delimitado por una gran esfera, mientras que otro *clúster* deja en solitario al reactivo AMP4 y un último *clúster* agrupa a los demás reactivos del análisis. En resumidas cuentas, se generaron tres regiones que mantienen unas relaciones similares a las presentadas por otros estamentos, las cuales también refieren a relaciones estrechas entre algunas categorías de aquellas definidas al inicio.

Basados en los escalogramas generados por los tres estamentos mayoritarios, conviene aglutinar las coincidencias o constantes evidenciadas en la formación de clústeres que apuntan a dos generalizaciones. Una primera generalización es que las particiones determinan identidad conceptual en las percepciones hacia DIF y TRIC en la muestra investigada, lo que está

relacionado con una apreciable coherencia o complementariedad entre la pertinencia de diferenciar el laboratorio de química, para profesiones docentes y no docentes, con la propuesta de laboratorios triádicos. Esta exhibe como promisoria una posible implementación de la propuesta presentada en este libro para el futuro de la academia universitaria en el plano de la formación de maestros de química.

Una segunda generalización tiene que ver con la identidad entre algunos de los reactivos de la dimensión AMP con al menos uno de la dimensión o categoría DEB. Esta categoría estaría asociada con la identificación de la posibilidad de ampliar las perspectivas del laboratorio de química con un deber ser, que en buena medida complementa uno de los aspectos centrales de la propuesta de laboratorios triádicos: el de resignificar el constructo y sus prácticas conexas. Esto permite una universidad más preparada para afrontar los retos de la educación universitaria en el terreno del laboratorio de química.

Análisis de tendencias en percepciones, para tres estamentos mayoritarios: resultados desde POSAC

En este apartado se presentan, para cada uno de los estamentos mayoritarios investigados, una síntesis de la información general que determina una serie de perfiles. Se detallan la suma de los puntajes SCO y las frecuencias respectivas, en la que se resaltan en color verde las mayores y en color gris la que corresponde al perfil ficticio, creado por el paquete HUDAP8. Se observan matrices de monotonicidad débil entre categorías o dimensiones, índices CORREP para los perfiles generados, matrices de coeficientes de monotonicidad débil entre categorías y ejes posibles para el escalograma general, escalogramas globales por estamento, así como los escalogramas para aquellas categorías discriminantes. Es decir, se visualizan las que caracterizan en buena medida las percepciones del estamento, junto con las particiones generadas por los investigadores.

Cabe mencionar que, para una más adecuada interpretación de los escalogramas globales, para los perfiles de mayor frecuencia, se dibujaron

rectángulos con los puntajes para las dimensiones AMP, TRIC, DEB y DIF en este orden, seguidos de la frecuencia resaltada en color verde. Por su parte, para la determinación de los ejes más convenientes se usaron los mayores valores de coeficientes de monotonicidad débil, tanto entre ejes posibles (X, Y, J, L) y dimensiones como a mayores valores de coeficientes de monotonicidad débil para las dimensiones entre sí. Este hecho dio sustento y coherencia a la formulación de particiones para cada estamento.

Cabe aclarar también que, para los escalogramas POSAC por dimensión o categoría, para cada estamento, muestran en la misma posición del perfil del mapa POSAC global el puntaje de tal perfil en la categoría evaluada. Además, para el caso de los perfiles problemáticos (porque no se acomodaban a la partición propuesta) en algunos escalogramas que los presentaban, estos fueron resaltados en círculos de color rojo.

Caso docentes

Para este estamento fueron analizados diez casos, en los que el programa HUDAP8 generó ocho perfiles, de los que contabilizó uno ficticio, resaltado en gris (para generar el extremo inferior izquierdo o superior derecho, ubicando en el escalograma, el cero o el '100' de la escala). A continuación, se muestran las tablas que colectan todos los resultados derivados de la aproximación desde la técnica POSAC para los docentes investigados.

Tabla 16. Perfiles POSAC para docentes

Perfiles	AMP	TRIC	DEB	DIF	SCO	FREC.
1	5	5	5	5	20	2
2	4	4	4	4	16	3
3	3	5	3	4	15	1
4	3	3	4	2	12	1
5	3	2	5	2	12	1
6	3	3	3	3	12	1
7	3	1	4	2	10	1
8	3	1	3	2	9	1

Fuente: elaboración propia.

Tabla 17. Matriz de coeficientes de monotonicidad débil entre dimensiones o categorías, estamento docentes

	AMP	TRIC	DEB	DIF
AMP				
TRIC	0,92			
DEB	0,85	0,07		
DIF	1,00	1,00	0,29	

Fuente: elaboración propia.

Tabla 18. Índices CORREP para los perfiles generados, estamento docentes

Índices CORREP para perfiles hallados	
Totales	1,0000
Comparables	1,0000
No comparables	1,0000

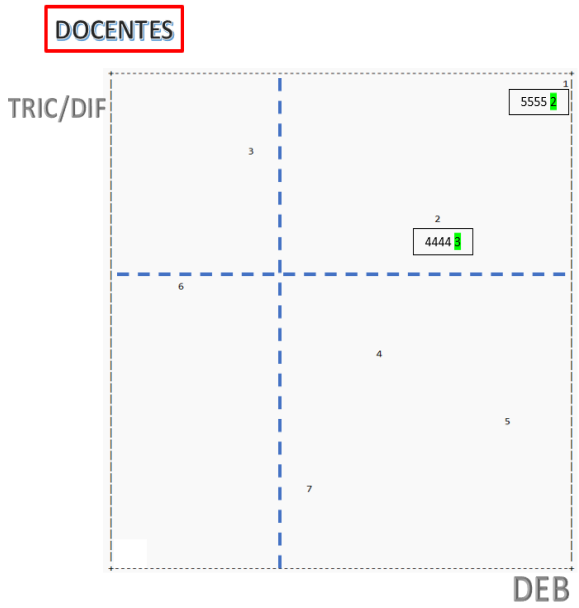
Fuente: elaboración propia.

Tabla 19. Coeficientes de monotonicidad débil entre dimensiones y ejes, estamento docentes

Coef. monotonicidad débil entre dimensiones y ejes				
	J	L	X	Y
AMP	1,00	0,00	0,88	0,88
TRIC	0,93	-0,81	0,41	1,00
DEB	0,77	1,00	1,00	-0,16
DIF	0,94	-0,85	0,38	1,00

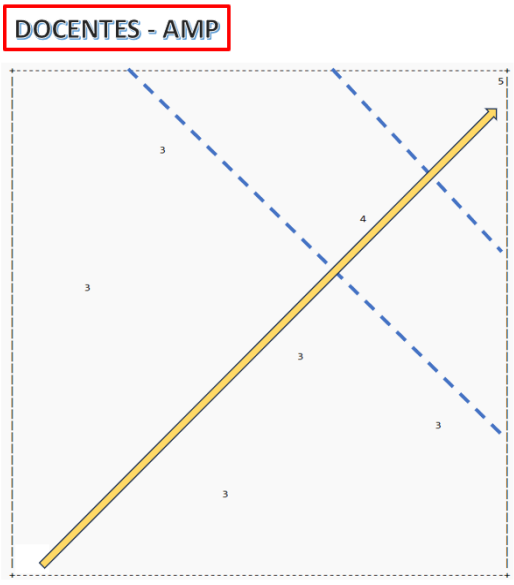
Fuente: elaboración propia.

Figura 12. Escalograma POSAC global y particiones, estamento docentes



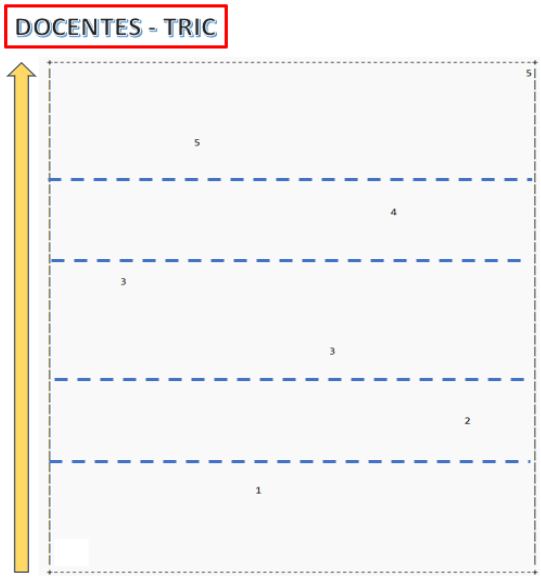
Fuente: elaboración propia.

Figura 13. Escalograma POSAC para la categoría AMP y particiones, estamento docentes



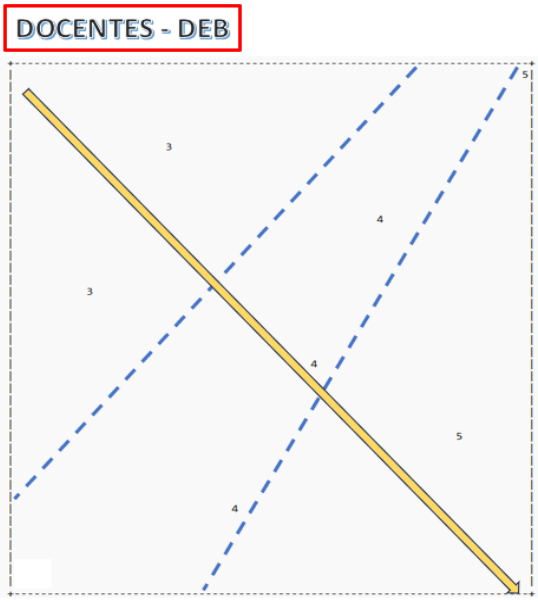
Fuente: elaboración propia.

Figura 14. Escalograma POSAC para la categoría TRIC y particiones, estamento docentes



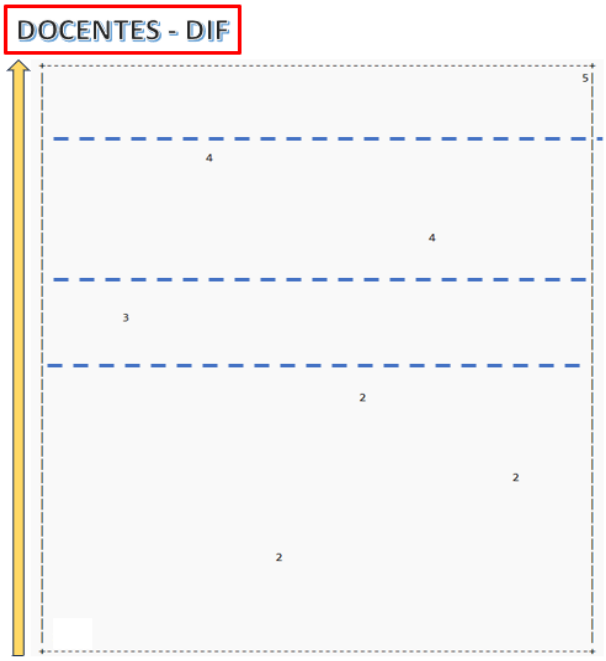
Fuente: elaboración propia.

Figura 15. Escalograma POSAC para la categoría DEB y particiones, estamento docentes



Fuente: elaboración propia.

Figura 16. Escalograma POSAC para la categoría DIF y particiones, estamento docentes



Fuente: elaboración propia.

Tabla 20. Perfiles POSAC para estudiantes

Perfiles	AMP	TRIC	DEB	DIF	SCO	FREC.
1	5	5	5	5	20	**2**
2	5	5	4	5	19	1
3	4	5	5	5	19	1
4	4	4	4	5	17	**2**
5	4	4	3	5	16	1
6	4	4	4	4	16	1
7	3	4	5	4	16	**2**
8	2	5	5	4	16	1
9	4	4	3	4	15	1
10	3	4	4	4	15	1
11	4	3	4	4	15	1
12	3	3	5	3	14	1
13	3	4	3	4	14	1
14	3	3	4	3	13	**2**
15	2	3	5	2	12	1

Perfiles	AMP	TRIC	DEB	DIF	SCO	FREC.
16	2	2	4	4	12	1
17	3	3	3	3	12	2
18	2	3	4	2	11	1
19	2	2	4	2	10	1
20	2	1	4	3	10	1
21	2	2	3	2	9	1
22	2	2	4	1	9	1
23	2	1	3	1	7	1

Fuente: elaboración propia.

Tabla 21. Matriz de coeficientes de monotonicidad débil entre dimensiones o categorías, estamento estudiantes

	AMP	TRIC	DEB	DIF
AMP				
TRIC	0,92			
DEB	0,85	0,07		
DIF	1,00	1,00	0,29	

Fuente: elaboración propia.

Tabla 22. Índices CORREP para los perfiles generados, estamento estudiantes

Índices CORREP para perfiles hallados	
Totales	0,9464
Comparables	0,9705
No comparables	0,8824

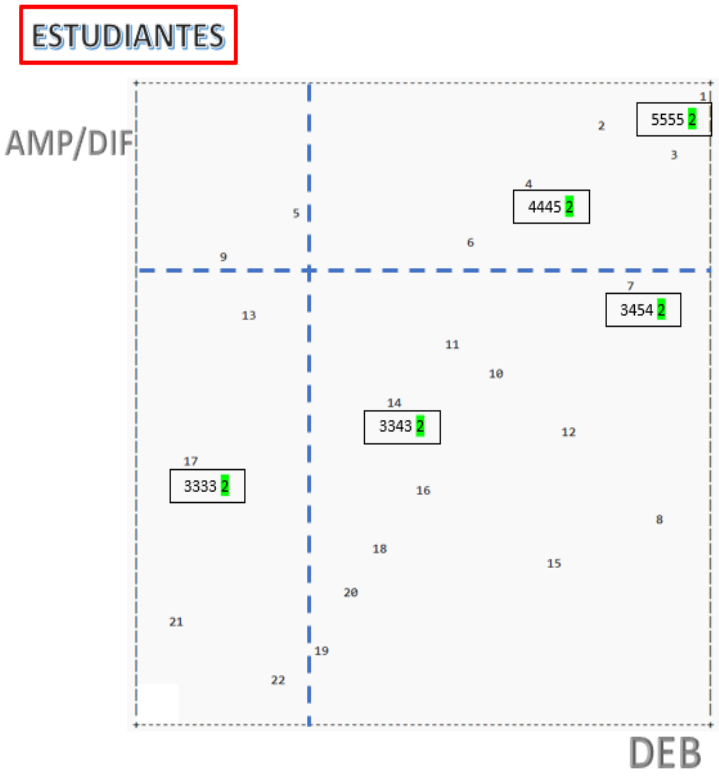
Fuente: elaboración propia.

Tabla 23. Coeficientes de monotonicidad débil entre dimensiones y ejes, estamento estudiantes

Coef. monotonicidad débil entre dimensiones y ejes				
	J	L	X	Y
AMP	0,90	-0,84	0,46	1,00
TRIC	0,96	-0,28	0,81	0,93
DEB	0,85	0,97	1,00	0,20
DIF	0,96	-0,56	0,74	0,99

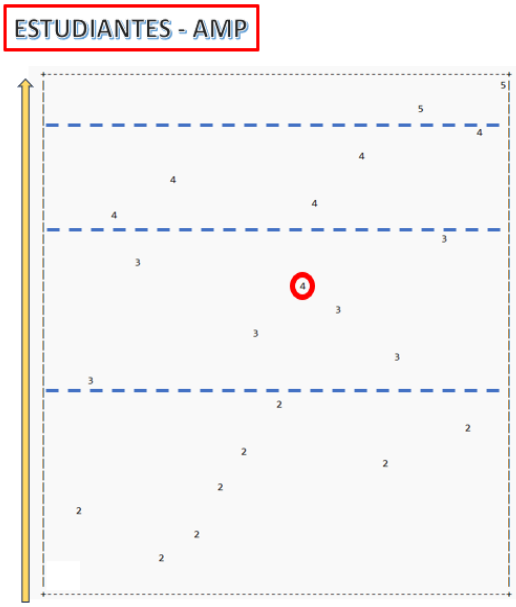
Fuente: elaboración propia.

Figura 17. Escalograma POSAC global y particiones, estamento estudiantes



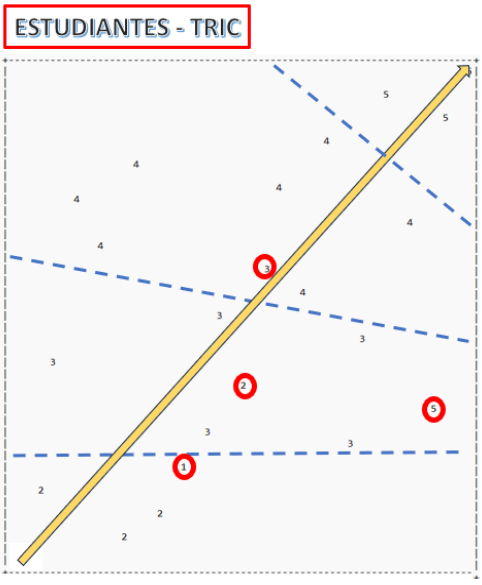
Fuente: elaboración propia.

Figura 18. Escalograma POSAC para la categoría AMP y particiones, estamento estudiantes



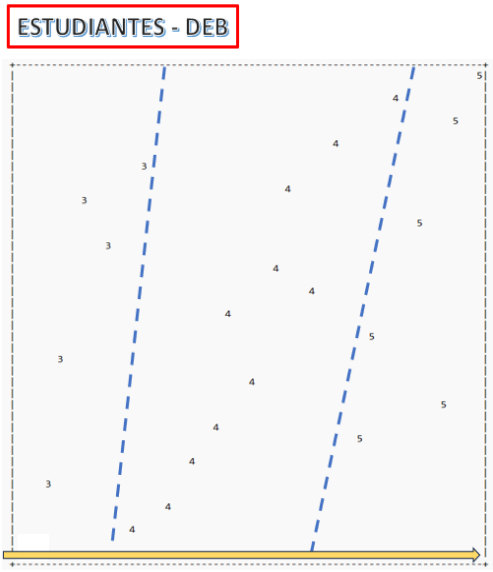
Fuente: elaboración propia.

Figura 19. Escalograma POSAC para la categoría TRIC y particiones, estamento estudiantes



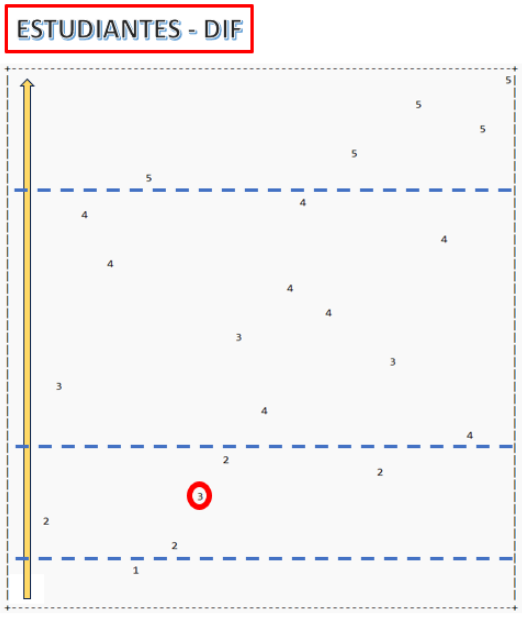
Fuente: elaboración propia.

Figura 20. Escalograma POSAC para la categoría DEB y particiones, estamento estudiantes



Fuente: elaboración propia.

Figura 21. Escalograma POSAC para la categoría DIF y particiones, estamento estudiantes



Fuente: elaboración propia.

Tabla 24. Perfiles POSAC para egresados

Perfiles	AMP	TRIC	DEB	DIF	SCO	FREC.
1	5	5	5	5	20	**2**
2	5	5	5	4	19	1
3	3	5	5	5	18	1
4	4	5	4	5	18	**2**
5	4	4	5	4	17	1
6	3	4	4	5	16	1
7	4	4	4	4	16	**2**
8	4	4	3	4	15	1
9	3	4	4	4	15	1
10	4	4	5	1	14	1
11	4	3	4	3	14	**2**
12	3	3	3	4	13	**2**
13	2	3	3	5	13	1
14	1	3	4	3	11	1
15	2	2	3	3	10	1
16	3	3	2	1	9	1
17	1	3	3	1	8	1
18	1	2	4	1	8	1
19	1	2	2	1	6	1

Fuente: elaboración propia.

Tabla 25. Matriz de coeficientes de monotonicidad débil entre dimensiones o categorías, estamento egresados

	AMP	TRIC	DEB	DIF
AMP				
TRIC	0,93			
DEB	0,78	0,89		
DIF	0,69	0,88	0,52	

Fuente: elaboración propia.

Tabla 26. Índices CORREP para los perfiles generados, estamento egresados

Índices CORREP para perfiles hallados	
Totales	0,9357
Comparables	0,9728
No comparables	0,8308

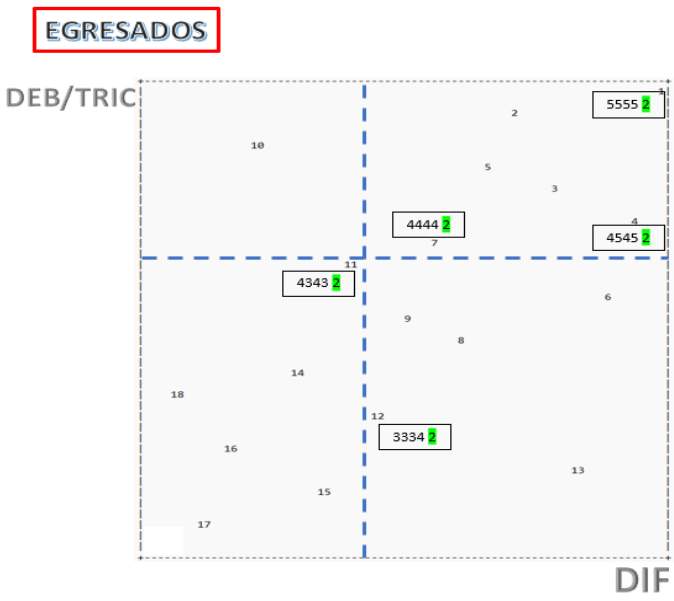
Fuente: elaboración propia.

Tabla 27. Coeficientes de monotonicidad débil entre dimensiones y ejes, estamento egresados

Coef. monotonicidad débil entre dimensiones y ejes				
	J	L	X	Y
AMP	0,94	-0,38	0,76	0,95
TRIC	0,99	0,00	0,93	0,96
DEB	0,93	-0,72	0,61	0,99
DIF	0,94	-0,80	1,00	0,60

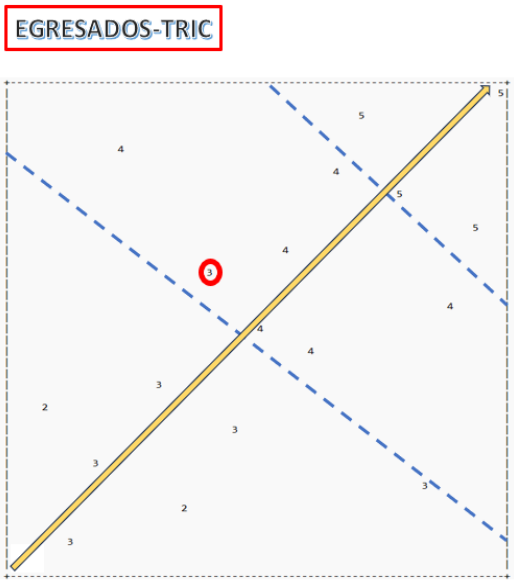
Fuente: elaboración propia.

Figura 22. Escalograma POSAC global y particiones, estamento egresados



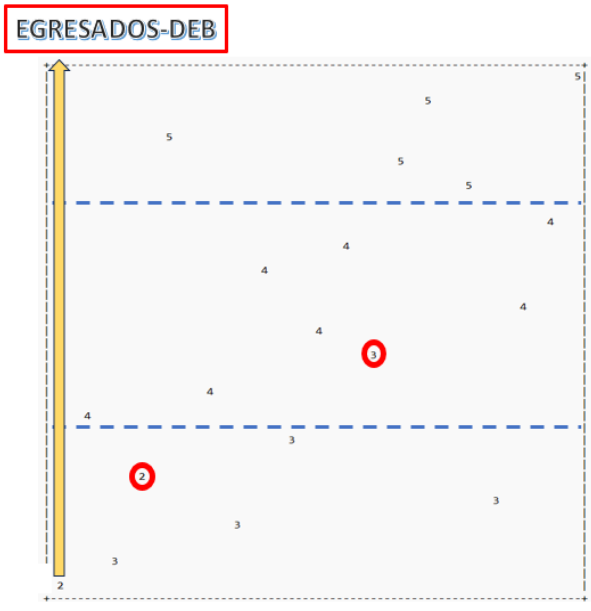
Fuente: elaboración propia.

Figura 23. Escalograma POSAC para la categoría TRIC y particiones, estamento egresados



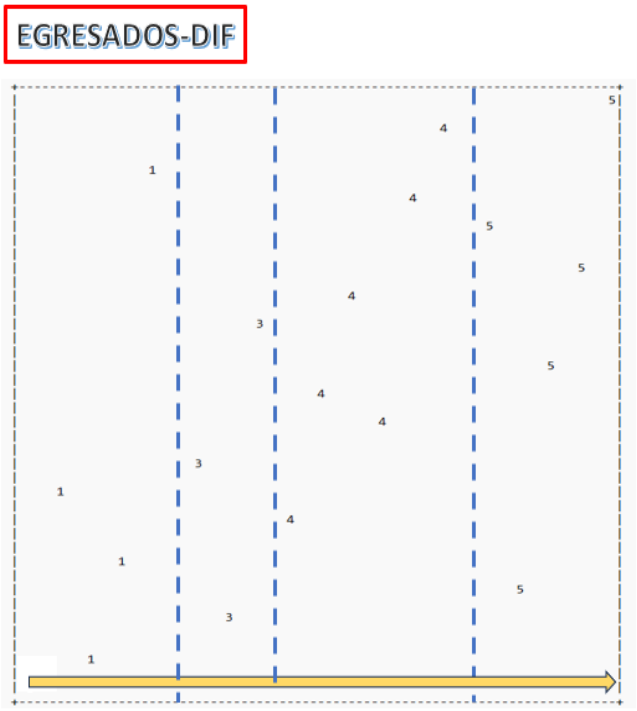
Fuente: elaboración propia.

Figura 24. Escalograma POSAC para la categoría DEB y particiones, estamento egresados



Fuente: elaboración propia.

Figura 25. Escalograma POSAC para la categoría DIF y particiones, estamento egresados



Fuente: elaboración propia.

Al igual que para el estudio de categorías con la técnica SSA, la evaluación de las percepciones a partir de los escalogramas 2D (en dos dimensiones) generados por los tres estamentos mayoritarios agrupa una serie de patrones explicitados en las particiones propuestas o postuladas y en los *clústeres* evidenciados que dan cuenta de dos generalizaciones. Un primer patrón en los mapas POSAC globales da cuenta de cuatro tendencias:

a. Las dimensiones DEB y DIF surgen como categorías dominantes a la hora de caracterizar las percepciones en los estamentos mayoritarios, por lo que hacen parte de todos los ejes. Esto equivale a decir que los puntajes relativos en estas categorías (1, 2, 3, 4 o 5) permiten dividir cada estamento en dos grupos, los que consideran relevante estas categorías y los que no lo hacen.

b. La dimensión AMP, contraria a la tendencia mencionada, solo aparece una vez conformando el eje vertical para el estamento estudiantes. Así, comparte su dirección de ordenamiento con la dimensión DIF, lo que demerita su valor en la caracterización de las percepciones, de manera general, para la muestra estudiada de los tres estamentos.

c. Se evidencia una tendencia a tipificar las percepciones en la perspectiva cuantitativa, por la profusión de ejes X e Y en todos los escalogramas, lo que apunta a sugerir un ordenamiento en lo relacionado con las categorías por parte de todos los estamentos.

d. Los dos estamentos que más se asemejan en cuanto a las tendencias en las percepciones son los de *docentes* y *estudiantes*, que comparten a DEB en el eje X y exhiben una pareja de categorías que contiene a DIF en el eje Y.

Un segundo patrón, que se evidencia en los mapas POSAC por dimensión o categoría, presenta las siguientes generalidades:

a. Todos los estamentos, sobre todo docentes y egresados, en términos cuantitativos, puntúan alto respecto a la favorabilidad hacia las cuatro dimensiones (puntajes de 4 y 5). Para el caso de estudiantes, la mayoría de la muestra exhibe puntajes medios y altos (3, 4 y 5), lo que obligó a efectuar particiones que agrupaban puntajes, como para el caso de la dimensión o categoría DIF para estudiantes (integrando puntajes de 3 y 4).

b. Los ejes más recurrentes como discriminantes de cada grupo fueron X, Y y J, que atienden a diferenciación cuantitativa en todos los estamentos, a excepción de docentes para la dimensión DEB, quienes muestran un eje L orientador. Este hecho sugiere un ordenamiento diferente en las respuestas de los encuestados, definido posiblemente por la dimensión AMP, que orienta desde el eje J, perpendicular al eje L que aparece en DEB. Esto último muestra estrecha relación en las respuestas para AMP y DEB, que explica la ausencia de la dimensión AMP en cualquiera de los ejes discriminantes para el mapa global en el estamento docentes.

c. Cabe resaltar que se pudo elaborar un buen número de particiones para generar *clústeres* diferenciados en las categorías de todos los estamentos investigados, a excepción de la dimensión TRIC, para estudiantes, que muestra cuatro perfiles anómalos.

Primeros pasos en la sistematización de experiencias de ejercicios de pilotaje sobre Laboratorios Triádicos

En este apartado se presentan los resultados del proceso de pilotaje en varios bloques, unos referentes a la estructuración y puesta en marcha de la propuesta de laboratorios triádicos (presencial, digital, bajo acceso remoto), que inicialmente fue denominada como laboratorios duales (presencial, digital, en los que digital abarcaba el acceso remoto). Otro bloque de resultados que atiende a lo referente a los miniproyectos de laboratorio en específico y otro más a la recopilación de evaluaciones, así como a la recuperación de reflexiones y percepciones en la muestra indagada.

Estructuración y puesta en marcha de la propuesta

Conviene explicar que la propuesta de pilotaje fue, en primera medida, presentada a profesores del DQU, posterior a un proceso de evaluación de pares (por dos profesores del programa, uno asignado al Énfasis I y otro designado para el Énfasis II). En segunda medida, fue presentada a estudiantes de últimos semestres. Todas las propuestas ofertadas fueron sometidas a votación por estudiantes, proceso en el cual resultaron ganadoras las dos propuestas de Énfasis en temas didácticos, para el programa de licenciatura en química.

La puesta en marcha de la propuesta en los espacios de énfasis incluyó la elaboración y socialización de los *syllabus* al grupo en cada uno de los espacios académicos, así como a la planificación y ejecución de una serie de entrevistas semiestructuradas que indagaban sobre los imaginarios, temores y expectativas, tanto al inicio como durante el desarrollo y finalización de los cursos.

Fue también necesario diseñar materiales didácticos relacionados con las temáticas disciplinares tratadas, equipos instrumentales a manipular, fundamentación de las técnicas por trabajar, revisión al *software* especializado y los aplicativos, objetos y ambientes virtuales de aprendizaje, así como a máquinas virtuales, simuladores o dispositivos electrónicos (celulares, computadores, cámaras digitales, entre otros). Todo ello en función de su significativo potencial para efectuar una variante en los acercamientos y mecánicas de trabajo en el laboratorio de química al interior del DQU. Una vez se hizo la revisión exhaustiva a las posibles prácticas de laboratorio, fueron seleccionadas aquellas con un significativo potencial de trabajo articulado presencial/digital, presencial/bajo acceso remoto o presencial/digital/bajo acceso remoto.

En forma concomitante, se diseñaron guías de práctica, material audiovisual e instrumentos de recolección de información. Se trataba de formatos de entrevista semiestructurada, planes de práctica que detallaban los parámetros por trabajar por los estudiantes en informes y presentaciones orales: título, objetivos, metodología, datos, resultados, análisis de resultados, conclusiones y bibliografía, formatos de solicitud de materiales, reactivos, equipos, espacios físicos, apoyo de profesionales del laboratorio, entre otros.

Para cada uno de los espacios de énfasis fueron conformados grupos de laboratorio de dos o tres estudiantes que trabajaban sobre una variante de la metodología por estudiar, sobre un conjunto de patrones o estándares de calibración, e incluso sobre un tipo particular de matriz o muestra, que podía ser una sintética, *spyked* (también llamada falseada) o real. En la siguiente tabla se describen los minipoyectos planteados, las metodologías instrumentales empleadas, articuladas con un particular fenómeno en estudio, la situación problema que se pretendía abordar y el tipo de muestras utilizadas en cada caso.

Figura 26. Fragmentos de una guía de práctica desarrollada desde las tres aproximaciones

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
LICENCIATURA EN QUÍMICA.
Énfasis Didáctico I
DETERMINACIÓN POLARIMÉTRICA DE SACAROSA EN PRODUCTOS AZUCARADOS

Introducción:

En el procesamiento de los alimentos se utilizan también *azúcares libres o adicionados*, que son azúcares o jarabes que son añadidos a los alimentos durante su elaboración o procesamiento. Algunos productos que a los que se añaden estos azúcares son muy comunes en los supermercados y tiendas de abarrotes, para los que se pueden citar gaseosas, pasteles, galletas, jugos de fruta azucarados, postres lácteos, leche condensada azucarada, chocolatinas, dulces, entre otros.

Dentro de los azúcares añadidos, se pueden mencionar los siguientes: azúcar blanca (también llamado azúcar de mesa, azúcar común o azúcar refinado con ≈ 99,8 % de sacarosa), azúcar morena (con ≈ 91,5 % de sacarosa), jarabe de maíz, sólidos de jarabe de maíz, jarabe de maíz de alta fructosa, jarabe de malta, jarabe de arce, edulcorante de fructosa, fructosa líquida, miel, melaza, dextrosa anhidra y dextrosa cristalina, entre los más comunes.

Simulador de Polarímetro de Laurent

Aspectos generales

Existe una gran variedad de polarímetros: de clase I, II y III, siendo la última en la que se enmarcan los polarímetros digitales y/o automáticos, y dos tipos principales de polarímetros: los circulares y/o convencionales y los de cuña de cuarzo.

En este simulador trabajaremos con uno que responde al modelo inicialmente desarrollado por el químico francés Auguste Laurent, que entra en la categoría de polarímetros circulares "de penumbra" y se destaca por el empleo de una lámina retardadora de media longitud de onda que cubre sólo la mitad del filtro polarizador. Este polarímetro es de dos campos, sin embargo, en el laboratorio del DQU, se tienen polarímetros de circulo de tres campos

- Polarímetro dos campos

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

Para el trabajo experimental, se han organizado 5 grupos, como lo muestra la siguiente tabla:

	DUP.	G. 1	G. 2	G. 3	G. 4	G. 5
MORITAS inicial	X	X				
MORITAS final	X	X				
AZÚCAR MORENA inicial	X		X			
AZÚCAR MORENA final	X		X			
PANELA PULVERIZADA inicial	X			X		
PANELA PULVERIZADA final	X			X		
L.C.A. inicial					X	
L.C.A. final					X	
C.C. xa L.C.A. inicial						X
C.C. xa L.C.A. final						X

Los protocolos a seguir serán los que se detallan a continuación:

DULCES DUROS, AZÚCAR MORENA o PANELA PULVERIZADA:

1) Moler una cantidad suficiente de muestra en un mortero dispuesto para tal fin.
2) W_0 = 10,0 _ _ g del granulado en un vaso de precipitado y disolverlo con ~ 50,0 mL H_2O_D <80-90 °C>.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 28. Miniproyectos y metodologías instrumentales desarrolladas en cada énfasis

Énfasis	Miniproyecto planteado	Metodología instrumental	Situación problema	Tipo de muestra
i	Determinación de sacarosa en productos diversos	Polarimetría	Comprobar leyes cuantitativas a ser aplicadas en control de calidad	Sintéticas/spyked/reales
	determinación de ácidos y/o álcalis, solos o mezclados	Potenciometría ácido/base y conductimetría	Cotejar los resultados provenientes de dos técnicas electrométricas para una misma matriz.	Sintéticas/spyked/reales
	determinación de ácido acetil salicílico en comprimidos comerciales	Espectrofotométrica U.V.	Evaluar cumplimiento de cantidades reportadas en insertos de medicamentos.	Spyked/reales
	determinación de vainillina en esencia de vainilla	Espectrofotometría diferencial	Emplear un análisis espectroscópico no destructivo en la revisión del cumplimiento de normatividad vigente.	Sintéticas/reales
iI	Análisis de cubetas, complejos y reactivos solventes	Espectroscopía de punto final y cinética	Evaluar transparencia y longitudes de onda de mayor absorción de sustancias, aportando a la explicación frente a argumentos teóricos.	Sintéticas/spyked
	medidas repetidas en química instrumental. Regresión en el laboratorio. Test de significancia para anova de regresión y prueba Lack of Fit.	Simulación estadística para espectrofotometría	Estudiar las aplicaciones de paquetes estadísticos en parámetros de validación de métodos analíticos instrumentales.	N/A
	Remoción de metales en una muestra simulada.	Espectrofotometría de absorción y emisión atómica	Evaluar porcentajes de remoción química de metales en el agua, para un proceso simulado.	Sintéticas/spyked

Fuente: elaboración propia.

En todos los miniproyectos se combinaron aproximaciones digitales con las actividades de corte presencial, que a su vez fueron montadas o planeadas a modo de prácticas de laboratorio con diversos niveles de abertura (NA) o desde situaciones problemáticas experimentables (SPE). Las prácticas de laboratorio, que en algunas ocasiones fueron filmadas o presentadas vía *streaming*, se implementaron con base en las sesiones

presentadas previamente en clases bajo la modalidad de *aula invertida*. En la tabla 29 se detallan las características de cada miniproyecto desarrollado en los dos espacios de énfasis didáctico I y II.

Tabla 29. Aproximaciones, planos de implementación y duración de cada miniproyecto

Énfasis	Metodología instrumental	Aproximación	Planos de implementación y recursos digitales mayormente empleados	Duración en semanas
i	Polarimetría	Presencial/digital/remoto	Simulación/modelación - aula invertida. Simulador de polarímetro de acceso libre y paquete de office para gráficos. Software de edición de video camtasia 9.0.	4
	Potenciometría ácido/base y conductimetría	Presencial/digital/remoto	Simulación/modelación- aula invertida. Simulador curtipot® de acceso libre, laboratorio virtual de la casa beyond labz® y paquete de office para gráficos. Software de edición de video camtasia 9.0.	3
	Espectrofotométrica u.V.	Presencial/digital	Modelación - aula invertida. Paquete de office para gráficos. Software de edición de video camtasia 9.0.	3
	Espectrofotometría diferencial	Presencial/remoto	Modelación - aula invertida. Paquete de office para gráficos.	3
II	Espectroscopía de punto final y cinética	Presencial/remoto	Modelación. Paquete de office para gráficos.	4
	Simulación estadística para espectrofotometría	Digital/remoto	Modelación - aula invertida. Software para análisis estadístico del paquete de office para gráficos. Software de edición de video camtasia 9.0.	2
	Espectrofotometría de absorción y emisión atómica	Presencial/digital/remoto	Modelación - aula invertida. Software para análisis estadístico del paquete de office para gráficos.	4

Fuente: elaboración propia.

En lo referente a los resultados obtenidos por los estudiantes para cada espacio de énfasis, en torno a los controles de lectura en temas de metodologías de investigación cualitativa y a partir del análisis no paramétrico o

en estilos de enseñanza en el terreno específico del laboratorio de química presencial, fue evidente un bajo nivel de comprensión lectora. Estos resultados se explican probablemente porque los estudiantes no estaban familiarizados con el estudio de variables o caminos referentes a procesos de investigación socio-educativa o a corrientes pedagógicas o aún estrategias didácticas.

Por otro lado y en consonancia con las expectativas de los autores y con los objetivos enmarcados en la propuesta de laboratorios triádicos, con referencia al desempeño de los participantes en el proceso de pilotaje a partir de la implementación real de varias aproximaciones a una misma situación problema, fue evidente un éxito significativo. Esto se debe a que seis de siete miniproyectos generaron productos académicos (informes, plantillas, simulaciones coherentes) que fueron socializados y defendidos con un nivel de argumentación que fue en aumento desde la primera propuesta en 2022 hasta la última en 2023. Estos resultados se pueden respaldar a partir de la calidad de las socializaciones y de los ponderados en las notas parciales y definitivas.

El trasfondo disciplinar de la Química Analítica Instrumental fue en buena medida trascendental en dos aspectos: el primero de ellos tiene que ver con el interés de los estudiantes en profundizar en este campo temático a partir de varias ópticas que incluían variantes poco conocidas de prácticas de laboratorio (espectrofotometría diferencial, polarimetría de círculo, espectroscopía UV, estudio de aplicaciones en muestras simuladas de aguas residuales de procesos de curtido del cuero, entre otras). El segundo aspecto hace referencia a la oportunidad de estudiar en sus dos últimos semestres de carrera fenómenos de interés químico-analítico desde el ámbito experimental presencial, digital o bajo acceso remoto, pero no en solitario, sino de manera combinada y sinérgica.

En el marco referencial de las percepciones respecto a este primer ejercicio de pilotaje por estudiantes del programa de licenciatura, cabe afirmar

que fueron cubiertas las expectativas iniciales en términos del cumplimiento de los propósitos establecidos en los *syllabus* respectivos. Además, fueron superados los objetivos en la medida en que incorporaron más elementos a varios de los miniproyectos que enriquecieron y develaron su potencial como ejercicio novedoso y digno de visibilizarse en otros espacios académicos. Dichos aspectos son también extrapolables a otros niveles o escenarios educativos (educación secundaria, técnica, tecnológica, posgrados, diplomados, entre otros). En palabras de una estudiante, respecto al paso de ejercicios de lápiz y papel a problemas reales, tenemos que:

> Lo que a mí más me parece interesante del laboratorio que vamos a hacer es como puede salir de una cosa estricta, de los ejercicios de lápiz y papel, como si uno de profesor tiene dominio, sabe cómo enseñar, tiene como todas sus bases muy rígidas pues va a saber pasar del lápiz y papel a la realidad, que finalmente yo creo que eso es lo que buscamos, que en toda la carrera hemos estado buscando, como poder acercar a los estudiantes en este caso a la química y qué mejor que el salto de papel a la realidad, es lo que más me ha quedado del laboratorio que vamos a hacer. Personalmente, yo siento que me hace falta conocimiento acerca del laboratorio, pero equipos pocos he visto, pocos he manejado, algunos que solo hasta este semestre me di cuenta que existían, para qué servían y demás. (Comunicación personal, s. f., estudiantes de Énfasis Didáctico)

Otro estudiante apunta a la articulación y complementariedad de miradas en las prácticas de enseñanza, refiriéndose a las tres aproximaciones planteadas e implementadas en el pilotaje:

> En la Universidad, estudiando licenciatura en química, siento que debemos ir más allá […] sí, porque está relacionado con el tema y demás. No, sino que realmente enlazarlo con todo lo que podemos enlazar. Y reaccionar tras los conceptos que […] digamos que analizarlo desde todo punto de vista. Tanto el estudiante como si uno fuera que el que fuera a realizar la práctica o que la fuera a dirigir. (Comunicación personal, s. f., estudiantes de Énfasis Didáctico)

En resumidas cuentas, los estudiantes y los gestores de la propuesta coinciden en la apreciable potencialidad de una mirada complementaria y articulada al trabajo experimental a partir de múltiples aproximaciones. Esto abarca tanto el plano de la conceptualización de temáticas de orden disciplinar químico, como desde su pertinencia didáctica en la promoción de procesos innovadores y resignificadores de las concepciones y del lugar del laboratorio en la enseñanza y el aprendizaje de la química. Todo ello en una universidad que forma maestros y que es cambiante, propositiva y autocrítica.

Capítulo 6.
De las conclusiones, proyecciones, alcances y limitaciones

De las conclusiones

Sobre el instrumento de percepciones

En lo tocante al tema de percepciones respecto a las tradiciones y perspectivas de renovación del constructo laboratorio de química y sus singulares prácticas, se cuenta con un instrumento validado en contenido, confiabilidad interna y parcialmente en constructo, en el cual, para los estamentos estudiantes, docentes y egresados, parecen evidenciarse combinaciones significativas que exhiben como reiterativas las categorías TRIC y DIF, lo que demuestra *que ya se dispone de un instrumento para medir estos sentires*.

Sobre las técnicas multivariantes empleadas para el análisis de percepciones SSA y POSAC

Al implementar la metodología de análisis para evaluar la estructura que subyace al constructo laboratorio de química, en el ámbito universitario mediante la técnica SSA en 3D, innovar fue de especial utilidad a la hora de definir las categorías finales. Estas últimas determinaron la manera como se concibe tal constructo y como interactúan sus componentes o dimensiones a los ojos de cinco estamentos del DQU. Además, se presentó como

atractivo, robusto y versátil para lectores expertos o desprevenidos, en la medida en que se brindaron elementos para mejores interpretaciones al análisis. *Fue impactante el trabajo con SSA, particularmente el análisis 3D. Así, fue algo nuevo para mostrar.*

La metodología de análisis para evaluar las tendencias de los tres estamentos mayoritarios de una muestra intencionada, en relación con las posibilidades de extensión o proyección del constructo y sus particulares prácticas, mediante la técnica POSAC, tuvo una significativa utilidad en términos de establecer una línea base respecto a las percepciones iniciales o de partida. También se implicaron elementos de diagnóstico en la construcción colectiva de laboratorios triádicos o tri-componente para una universidad del futuro. *Por tanto, conocemos, en alguna medida, los imaginarios.*

Es justo afirmar que la técnica POSAC sirvió más con respecto a establecer patrones de respuesta de orden cuantitativo, en comparación al orden cualitativo; los coeficientes y los mapas o escalogramas así lo demuestran. *Ahora, se vislumbran algunas tendencias.*

Sobre el constructo laboratorio de química y las tendencias de respuesta, frente a cinco categorías de análisis iniciales y cuatro definitivas

Con base en los resultados derivados del análisis de percepciones mediante la técnica SSA para cuatro categorías iniciales AMP, TRIC, DEB y DIF, se puede afirmar que los índices, coeficientes, matrices y escalogramas revelan valores y gráficos que dan cuenta de una estructura con tres categorías. Dos de ellas son deductivas, AMP y DEB, además de una supercategoría emergente DIF/TRIC, que vincula de manera contundente dos posturas: una, la necesidad y pertinencia de diferenciar los laboratorios de química de universidades que forman maestros respecto a otras que no lo hacen, con la relevancia de implementar la propuesta de laboratorios triádicos desde las perspectivas presencial, digital y bajo acceso remoto. Esto se debe hacer de una manera no mutuamente excluyente, como hasta

ahora, sino de manera articulada y sinérgica. Así, se proyecta hacia una universidad futura, *lo cual implica que asumir el reto nos dejará mejor posicionados para afrontar retos en el marco de la excelencia y la calidad*.

Al integrar la dimensión TRA, que generó puntajes aprobatorios, pero no muy marcados en los tres estamentos indagados, con otras dos categorías deductivas, AMP y DEB, además de la categoría emergente DIF/TRIC, se tiene la estructura definitiva del constructo laboratorio de química al interior del DQU de la UPN. Por tanto, *la concepción del laboratorio de química es plural y diversa*.

El análisis mediante POSAC reveló claras tendencias de identidad perceptual entre algunos reactivos de la dimensión AMP con otros de la dimensión DEB. Este hecho sugiere una interacción en la manera de vislumbrar el *deber ser de* los laboratorios de química, como una manera de extender su comprensión o sus prácticas desde las opciones digital o remota. Esto último coincide con la propuesta planteada de laboratorios triádicos.

Los mapas POSAC develaron que las dimensiones DEB y DIF son dominantes en su potencial para ordenar las respuestas relacionadas con las percepciones de los cinco estamentos estudiados, seguidas muy de cerca por la dimensión TRIC, pero muy distantes de la dimensión AMP. En tal sentido, una buena parte de las acciones tendientes a viabilizar una propuesta de laboratorios triádicos debería apuntar de manera intencionada a reforzar el imaginario relacionado con un *deber ser* del laboratorio, con la oportunidad y potencialidad que posee la UPN y su DQU como pioneras y vanguardistas. Poner en marcha esta propuesta le da sentido a su misión de formar maestros de Química.

Basados en el análisis POSAC se puede afirmar que las percepciones de docentes y estudiantes del DQU son en buena medida muy próximas en las tendencias relacionadas en sus dimensiones discriminantes DEB y DIF. Este hecho apuntaría a motivar a los dos estamentos en conjunto con la

intención de mejorar la favorabilidad de la propuesta de laboratorios triádicos respecto a estas dos dimensiones en ellos.

Sobre el proceso de pilotaje de laboratorios tri-componente al interior del DQU

Una vez finalizado el primer ejercicio de pilotaje sobre dos grupos consecutivos de últimos semestres del programa de Licenciatura en Química del DQU de la UPN, se puede dar cuenta de los elementos, procesos, percepciones favorables y productos académicos generados por los participantes. Dichos trabajos reflejan el éxito y la viabilidad de la propuesta de laboratorios triádicos o tri-componentes a partir de la implementación de miniproyectos.

Una maratón, más que una carrera de 100 metros planos sin obstáculos, es el camino hacia un profundo y real redireccionamiento del constructo laboratorio de química y de sus prácticas de enseñanza conexas. El recorrido es de largo aliento. No obstante, el estudio que presenta la investigación hacia los laboratorios triádicos o tri-componente se muestra como promisorio y viable hacia una universidad del futuro. *Así, se ha triunfado en apenas una parada del campeonato; es largo el camino hacia la victoria final.*

Sugerencias y recomendaciones

Es urgente la sensibilización de los estamentos implicados en la formación de usuarios académicos del campo de la química, con el fin de plantear un cambio de paradigma en lo referente al laboratorio de química más marcado en la inserción del componente digital y de acceso remoto. Todo ello en respuesta a lo que han mostrado las percepciones iniciales en el ejercicio de pilotaje.

Aunque el experimento didáctico adoptó algunos matices de particularidad, relacionados con el ámbito de la química instrumental, la modificación de infraestructura física necesaria a futuro y las restricciones

de tiempo, el éxito y favorabilidad de la propuesta desarrollada envía un mensaje de viabilidad al paso siguiente de prueba en otros espacios académicos de la licenciatura. Esto incluye la posibilidad de implementar y articular estrategias, como la de aula invertida o *flipped classroom,* en coherencia con Guzmán y Mancera (2021) y Montealegre (2022). Así mismo, puede incluirse el programa de Maestría en Docencia de la Química, aprobado en 2024 como un programa híbrido, en la modalidad *blended learning*.

Una revisión profunda a la infraestructura actual, miradas intencionadas a ensayos didácticos, locales y de otras latitudes, afinaciones y adecuaciones a la propuesta en su conjunto, además de la evaluación de posibles sinergias con instituciones hermanas, aunado a avances tangibles en las fases metodológicas formuladas, llevarán a escenarios más anchos y acordes con nuevas realidades y contextos. Q*uizás el tiempo nos dará la razón y veremos universidades futuristas, muy distintas a las actuales*.

Una universidad que forma maestros como la UPN en Colombia, más que ninguna otra, es la llamada a efectuar investigaciones con el fin de mejorar las prácticas de enseñanza en el escenario del laboratorio, con una mirada teleológica, vanguardista e innovadora. Esto debe efectuarse en vez de mantener dinámicas un tanto desgastadas, pero actuales y en curso, para responder a nuevos perfiles de estudiantes, docentes, sociedades e instituciones.

Para tener un abordaje sistémico y completo de las prácticas de enseñanza en el escenario del laboratorio, es obligatoria una mirada mixta: tanto cualitativa, desde interpretaciones, imaginarios, definición de perfiles de percepción en los estamentos involucrados, definición y evaluación de categorías deductivas o emergentes, evaluación de parámetros a considerar o de pasos a desarrollar, como cuantitativa, en términos de las tendencias, patrones, índices, correlaciones o ponderaciones. Todo ello hacia el empleo de los resultados en ambos planos, destinado a la toma de

decisiones de corte administrativo o académico. Las instituciones universitarias deben adoptar esas condiciones si buscan ofrecer a la comunidad académica ambientes más favorables, siempre en dirección a la promoción de mejores y más pertinentes procesos de enseñanza y aprendizaje.

Es pertinente efectuar una investigación con la intención de revisar la posible extrapolación de la propuesta de laboratorios triádicos a otros campos temáticos y otros escenarios y niveles educativos, particularmente al de educación media y secundaria. Conforme a las disposiciones gubernamentales, se debe retirar de manera gradual reactivos y espacios físicos específicos para trabajo experimental en química en escuelas y colegios colombianos. Dicha decisión se basa en antecedentes de accidentes, lesiones, costos y riesgos, relacionados con el empleo de reactivos químicos y equipos de laboratorio. *Un argumento más para los laboratorios tri-componente.*

Sobre los autores

Jaime Augusto Casas es un docente investigador de amplia trayectoria en el ámbito de la química y de las matemáticas, ha pasado por varias universidades en Bogotá y actualmente es profesor titular de planta del Departamento de Química de la Universidad Pedagógica Nacional (UPN). Es químico farmacéutico y licenciado en Matemáticas, especialista en Docencia Universitaria y en Análisis Químico Instrumental, magíster y doctor en Educación. Actualmente coordina la línea de investigación Interdisciplinariedad en Contexto, del grupo de investigación Didáctica y sus Ciencias, del Departamento de Química de la UPN; ha dirigido un buen número de trabajos de grado y de tesis de maestría y ha sido ponente y autor en diversos eventos académicos y publicaciones científicas; también ha participado como autor de algunos libros, además de un capítulo de libro de investigación. En suma, el profesor Casas es un académico universitario cristiano que ha dedicado más de la mitad de su vida a la docencia y a la investigación en el ámbito de la química y las matemáticas; ama a su Señor, a su esposa, lo que hace y a los estudiantes a quienes ha tenido bajo su cuidado.

Liliana Guerrero Villalobos es una docente investigadora con amplia experiencia en investigación en el área de la química orgánica y la

enseñanza de la química en educación superior. Actualmente, es profesora titular ocasional de tiempo completo del Departamento de Química de la Universidad Pedagógica Nacional, es licenciada en Química de la misma universidad y magíster en Ciencias Químicas de la Universidad Nacional de Colombia. Ha sido jurado de trabajos de grados de pregrado y maestría en los programas a los que ha estado vinculada. Es miembro del Grupo de Estudios en Síntesis y Aplicación de Compuestos Heterocíclicos (GESACH) de la Universidad Nacional y del Grupo de Investigación en Educación y Regionalización en Ciencia y Tecnología (GIER) en la UPN. Ha formulado, gestionado, coordinado y desarrollado proyectos de investigación internos y cofinanciados con el Centro de Investigaciones de la Universidad Pedagógica Nacional (CIUP) en alianza con MinCiencias. Tiene publicaciones en temas de química heterocíclica, enseñanza de la química y en educación sobre el fortalecimiento de habilidades en investigación en la escuela colombiana en revistas y libros nacionales e internacionales. En resumen, la profesora Liliana es una profesora apasionada por el ejercicio de la enseñanza y la investigación en química desde una perspectiva amplia, en la medida que considera que dichos campos de conocimiento pueden impactar múltiples vidas de manera profunda, positiva y solidaria.

Referencias

Alba, D. y Delgado, E. (2012). *Preferencias cognitivas y Niveles de Abertura: elementos diagnósticos en la enseñanza de la química* [Trabajo de grado, Licenciatura en Química, Universidad Pedagógica Nacional]. Base de datos. http://repositorio.pedagogica.edu.co/

Apodaca, P. y Grad, H. (2002). Análisis dimensional de las opiniones de los alumnos universitarios sobre sus profesores: comparación entre técnicas paramétricas y no-paramétricas. *Revista de Investigación educativa*, *20*(2), 385-409.

Argel, N., Carsi, P., Manassero, C. y Quiroga, A. (2020). El trabajo experimental en tiempos de pandemia, desafíos y alternativas virtuales. *3º Jornadas sobre las prácticas docentes en la Universidad Pública: El proyecto político académico de la Educación Superior en el contexto nacional y regional*. pp. 1-7.

Arrieta, X. y Marín, N. (2002). Del experimento al concepto. *Encuentro Educacional*, *9*(2), 125-146.

Barragán, D. y Díaz, R. (2013). *Niveles de Abertura y Situaciones Problemáticas Experimentables: Una propuesta didáctica en la Maestría en Docencia de la Química* [Trabajo de grado, Maestría en Docencia de la Química, Universidad Pedagógica Nacional]. Base de datos. http://repositorio.pedagogica.edu.co/

Casas, J. (2016). *Estilos cognitivos y estilos de enseñanza en docentes universitarios de química. Relaciones desde este marco comprensivo* [Trabajo de grado, Doctorado en Educación, Universidad Pedagógica Nacional]. Base de datos. http://repositorio.pedagogica.edu.co/

Casas, J. (2019). *Estilos cognitivos y de enseñanza: interacciones y estudio de variables intervinientes en profesores universitarios colombianos de química.* Editorial Universidad Pedagógica Nacional.

Casas, J. y Guerrero, L. (2023a). Laboratorios triádicos: una propuesta de investigación y docencia, hacia la reorientación de prácticas de enseñanza del laboratorio en química universitaria. En: José Santana, Gabriel Domínguez y Roberto Gelado (Eds.). *La transferencia del conocimiento y el impacto de la academia en la sociedad: perspectivas y desafíos*, (pp. 6-13). ESIC Editorial.

Casas, J. y Guerrero, L. (2023b). *Laboratorios Tri-componente: apuesta por resignificación de prácticas de enseñanza, en la dimensión experimental para química universitaria.* AMEC Ediciones.

Corrales, Y. (2023). Modificaciones implementadas a los laboratorios de química debido a la pandemia por COVID-19 a nivel internacional y nacional, el caso de la Universidad Nacional y la Universidad de Costa Rica en 2020-2021 y sus aciertos o deficiencias en cumplir con la finalidad de estos cursos. *Revista Ensayos Pedagógicos* (18), 49-64.

Domínguez, A. y Salas, I. (2009). Identificando patrones de apoyo social en población migrante mediante el Análisis de escalograma de Orden Parcial. *Interamerican Journal of Psychology,* 43 (1), 114-124.

Echeverri, L., Henao, F. y Ramírez, F. (2009). *Elaboración de nueve guías complementarias de laboratorio para la ejecución de prácticas de aplicación analítica en la asignatura Laboratorio de Análisis Instrumental I* [Tesis Tecnología Química, Universidad Tecnológica de Pereira]. Repositorio institucional UTP. https://repositorio.utp.edu.co/items/c9707809-d10e-47e4-803e-eb185cc1fbe9

Escobar, J. y Cuervo, A. (2008). Validez de contenido y juicio de expertos: una aproximación a su utilización. *Avances en Medición*, *6* (1), 27-36.

Espinoza, E. y Méndez, A. (2010). *TPL y Niveles de Abertura: una propuesta didáctica hacia la transformación de las prácticas de enseñanza* [Trabajo de grado,

Maestría en Docencia de la Química, Universidad Pedagógica Nacional]. Base de datos. http://repositorio.pedagogica.edu.co/

Estany, A. e Izquierdo, M. (2001). Didactología: una ciencia de diseño. *Éndoxa: Series Filosóficas* (14),13-33.

Galicia, L., Balderrama, J. y Edel, R. (2017). Validez de contenido por juicio de expertos: propuesta de una herramienta virtual. *Apertura*, *9* (2), 42-53.

García, C. y Ángel, F. (2010). *Una propuesta didáctica experimental sobre elementos de química ambiental, desde la enseñanza para la comprensión y los niveles de abertura en secundaria*. [Trabajo de grado, Maestría en Docencia de la Química, Universidad Pedagógica Nacional]. Base de datos. http://repositorio.pedagogica.edu.co/

George, D. y Mallery, P. (2003). *SPSS for Windows step by step: A simple guide and reference. 11.0 update*. Allyn & Bacon.

Guzmán, E. y Mancera, H, A. (2021). *Laboratorios virtuales en espectrofotometría UV/VIS. Aula invertida en escenarios de química forense*. [Trabajo de grado, Maestría en Docencia de la Química, Universidad Pedagógica Nacional]. Base de datos. http://repositorio.pedagogica.edu.co/

Hernández, P. y Cruz, F. (2020). Adaptación al cambio en tiempos de pandemia el caso de una Universidad Pública en México. *Revista Gestión y Estrategia*, (57), 55-68. https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w25645w/Juicio_de_expertos_u4.pdf.

Idoyaga, I., Vargas, L., Moya, C., Montero, E. y Garro, A. (2020). El Laboratorio Remoto: una alternativa para extender la actividad experimental. *Campo universitario*, *1*(2), 4-26.

Ley 1581 (octubre 17 de 2012). Congreso de la República. Diario Oficial No. 48.587. http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1581_2012.html

López, P. L. (2004). Población muestra y muestreo. *Punto Cero*, 09(08), 69-74. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-02762004000100012&lng=es&tlng=es.

Martí, M., Cifuentes, M., Rodríguez, A., Hernández, L. y Carrillo, J. (2022). Development of hybrid practice sessions in the chemistry lab reinforced by

teamwork activities and video-enhanced learning. *REDU. Revista de Docencia Universitaria, 20*(1), 51-67. https://doi.org/10.4995/redu.2022.16898

Martínez, J. (2018). *Situaciones Problemáticas Experimentables: Una alternativa didáctica hacia la promoción de conocimientos declarativo, procedimental y funcional en profesores en formación inicial*. [Trabajo de grado, Licenciatura en Química, Universidad Pedagógica Nacional]. Base de datos. http://repositorio.pedagogica.edu.co/

Mojica, G. (2021). *Laboratorios virtuales y duales en Química Analítica. Un experimento didáctico hacia la resignificación de las prácticas de laboratorio*. [Trabajo de grado, Licenciatura en Química, Universidad Pedagógica Nacional]. Base de datos. http://repositorio.pedagogica.edu.co/

Montealegre, J. (2022). *Química relevante en contexto. Una apuesta a la enseñanza bajo la modalidad de aula invertida, para educación media*. [Trabajo de grado, Maestría en Docencia de la Química, Universidad Pedagógica Nacional]. Base de datos. http://repositorio.pedagogica.edu.co/

Navarrete, L. (2012*). Niveles de Abertura y química en contexto, una posibilidad de aproximación del estudiante al laboratorio de química a nivel de educación secundaria*. [Trabajo de grado, Maestría en Docencia de la Química, Universidad Pedagógica Nacional]. Base de datos. http://repositorio.pedagogica.edu.co/

Nunnally, J. (1978). *Psychometric theory* (2nd ed.). McGraw Hill.

Nunnally, J. y Bernstein, I. (1994). *Psychometric theory* (3rd ed.). McGraw Hill.

Orlik, Y. (2002). *Química: métodos activos de enseñanza y aprendizaje*. Grupo Editorial Iberoamérica.

Ortiz, E., Andújar, M., Ureña, M. y Socias, M. (2019). Aula invertida en las prácticas de Química de los Grados de Química y Ciencias Ambientales. En Rosabel Roig-Vila (Ed.). *Investigación e innovación en la Enseñanza Superior. Nuevos contextos, nuevas ideas* (pp. 1009-1020). Editorial octaedro.

Osorio, P., Ángel, M. y Franco, A. (2012). El uso de simuladores educativos para el desarrollo de competencias en la formación universitaria de pregrado. (Artículo de reflexión derivado de investigación o de tesis de grado). *Revista Q, 7* (13). https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/6775

Páramo, P y Burbano, A. (2012). Sociolugares: en el límite entre lo público y lo privado. *Avances en sicología latinoamericana, 30*(2), 272-286.

Páramo, P. (2013). Comportamiento urbano responsable: las reglas de convivencia en el espacio público. *Revista Latinoamericana de Psicología*, *45* (3), 473-485.

Pelayo, D., Mondragón, J. y Correal, P. (2011). *Trabajos Prácticos de laboratorio desde los Niveles de Abertura: una propuesta didáctica hacia la transformación de las prácticas en Química Analítica.* [Trabajo de grado, Licenciatura en Química, Universidad Pedagógica Nacional].

Piscitelli, A. (2008). Nativos digitales. *Contratexto*, (16), 43-56.

Rodríguez, L. y Salazar, J. (2023). *ABP desde Flipped Classroom: Formulación de un ambiente virtual de aprendizaje para RMN ^{1}H*. [Trabajo de grado, Licenciatura en Química, Universidad Pedagógica Nacional]. Base de datos. http://repositorio.pedagogica.edu.co/

Salinas, V. y Pérez, J. (2023). Desafíos de la enseñanza de Química en pandemia Covid-19: ventajas y limitaciones. *Revista Innova Educación*, *5*(4), 65-82.

Sierra, J. (2013). *SPE: Escenarios de intervención y transposición didáctica en química universitaria*. [Trabajo de grado, Licenciatura en Química, Universidad Pedagógica Nacional]. Base de datos. http://repositorio.pedagogica.edu.co/

Soubirón, E. (2005). *La aplicación de las Situaciones Problemáticas Experimentables (SPE) como estrategia didáctica en el aprendizaje de la Química. Guía para el docente*. Montevideo, Uruguay. https://uruguayeduca.anep.edu.uy/sites/default/files/2017-05/quimicalibro.pdf

Valverde, G., Jiménez, R. y Viza, A. (2005). Los niveles de abertura en las prácticas cooperativas de química. *Revista electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, *4*(3). http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen04/ART2_Vol4_N3.pdf

Vergara, D., Fernández, P., Extremera, J., Dávila, L. y Rubio, M. (2022). Educational trends post COVID-19 in engineering: Virtual laboratories. *Materials Today: Proceedings*, (49), 155-160.

Redireccionamientos al laboratorio de química:
una aventura investigativa y docente hacia la universidad del futuro,
editado por la Universidad Pedagógica Nacional,
fue compuesto en caracteres de la fuente y familia Minion pro.

Bogotá, D. C., Colombia, 2024

Imagina los laboratorios de química del futuro con esta obra visionaria. En ella se propone una reflexión sobre el futuro de la enseñanza universitaria de la química, destacando especialmente el ámbito experimental y la formación tanto inicial como continua de docentes. Desde una perspectiva innovadora, propone transformar de manera sustantiva los escenarios de laboratorio, integrando nuevas posibilidades de resignificación y acción pedagógica.

Este libro es una guía para quienes buscan reimaginar el laboratorio de química como un espacio clave en una universidad visionaria, capaz de responder a los desafíos de nuevos contextos, actores y realidades. Un punto de partida para construir una educación pionera, propositiva y alineada con las demandas del siglo XXI.

Colección Perspectivas Didácticas

ISBN: 978-628-7760-25-7