

P | P | D | Q

Boletín

REVISTA DEL SISTEMA DE PRÁCTICA PEDAGÓGICA Y DIDÁCTICA

Año 2026
Número 73

Departamento
de **Química**

ISSN: 0122-7866 Bogotá D.C.



UNIVERSIDAD
PEDAGÓGICA
NACIONAL

PPDQ

Número 73/ISSN: 0122-7866

Año 2026-I/Bogotá, D.C., Colombia

Facultad de Ciencia y Tecnología

Helberth Augusto Choachí González

Rector

Víctor Espinosa Galán

Vicerrector Académico

Yaneth Romero Coca

Vicerrectora Administrativa y Financiera

Paola Helena Acosta Sierra

Vicerrectora de Investigación, Extensión
y Proyección Social

Luis Alberto Castro Pineda

Director del Departamento de Química

Ricardo Andrés Franco Moreno

Editor

Grupo Interno de Trabajo Editorial

Preparación Editorial

Alba Lucía Bernal Cerquera

Coordinadora

Mariel Loaiza Villalba

Isabella Rendón Barros

Editoras de revistas

Martha Méndez

Corrección de estilo

Paula Andrea Cubillos Gómez

Diseño editorial y diagramación

Correspondencia

Calle 72 # 12-77

Universidad Pedagógica Nacional

Bogotá, Colombia

Número 72, 2025

Editorial 04

La tarea que queda: para Royman

Leonardo Avendaño Rondón

Revisión bibliográfica 08

Abordaje de cuestiones sociocientíficas y ambientales
en la práctica docente.

Pedro Nel Zapata Castañeda

Artículos de Práctica Pedagógica y Didáctica

Caracterización del discurso químico de un grupo de profesores en formación al modelar los equilibrios para la formación de complejos 10

Mayerly Rodríguez Hernández, Yolanda Ladino

Ospina, Diego Alexander Blanco Martínez

¿Es importante el enfoque STEAM en el trabajo práctico de laboratorio? 28

Valentina Sánchez Morales

Desarrollo de la habilidad de solución de problemas de profesores de Química en formación mediante diagramas redox 43

José Miguel Melo Molina, Yolanda Ladino Ospina,

Diego Alexander Blanco Martínez

Los alimentos orgánicos y transgénicos desde la bioquímica 56

Laura Catalina Pineda Hernández

Actualidades científicas, pedagógicas y didácticas

Química y neurotransmisores: la metacognición para el aprendizaje en estudiantes de grado 11° 67

Laura Alejandra Pinzón Hernández, Allison Dayan

Puerta Oyola, Sara Nicolle Silva Castillo

Editorial

La tarea que queda: para Royman

Leonardo Avendaño Rondón¹

Royman me lo dijo sin rodeos. Me miró, sonrió un poco y soltó esa frase que en ese momento me hizo reír, pero que después se quedó dando vueltas: yo estaba afectado. Tenía razón. Tal vez no lo entendí del todo en ese instante, porque uno suele defenderse con la risa cuando algo toca una fibra demasiado íntima. Hoy puedo decirlo con más claridad: sí, estaba afectado. Y lo sigo estando. Pero no se trata únicamente de tristeza. Hay también una gratitud profunda, de esas que no siempre encuentran una forma ordenada para decirse.

Hay maestros cuya importancia uno no alcanza a medir mientras los tiene cerca. Aparecen en medio de una conversación, de una pregunta, de una observación hecha casi al pasar. Uno continúa con sus clases, sus proyectos, sus escrituras, sus estudiantes, sus afanes cotidianos, y solo después comprende que muchas decisiones no nacieron en soledad. Fueron acompañadas. Fueron provocadas. Alguien vio algo en uno antes de que uno mismo pudiera nombrarlo.

Royman fue, para mí, una de esas presencias.

No quisiera llamarlo simplemente *mentor*, aunque quizá la palabra sirva. Lo que ocurre es que *mentor* a veces suena demasiado limpio, demasiado institucional, como si la relación pudiera encerrarse en una categoría académica.

¹ Profesor componentes de Pedagogía y Didáctica. Departamento de Química, Universidad Pedagógica Nacional. Investigador del Semillero Club de Investigación *EduQversa*. Profesor del Departamento de Química de la Universidad Pedagógica Nacional. Licenciado en Ciencias Sociales, Magíster en Docencia y Candidato a Doctor en Educación y Sociedad. Lavedanor@pedagogica.edu.co

Con Royman había otra cosa. Había conversación, escucha, humor, una forma de preguntar que no presionaba, pero sí obligaba a pensar. Su acompañamiento no estaba hecho de grandes discursos, sino de gestos constantes. A veces bastaba verlo en la oficina, frente al computador, con el café cerca, dispuesto a conversar como si siempre quedara algo importante por pensar.

Esa imagen me vuelve con frecuencia. Royman sentado allí, activo, atento, con una sonrisa que no parecía de cortesía sino de permanencia. Había entregado 52 años de su vida a la Universidad Pedagógica Nacional y, sin embargo, no daba la impresión de estar cerrando nada. Al contrario, parecía seguir en obra, como si la universidad todavía le hiciera preguntas y él todavía tuviera la paciencia, la inteligencia y la ternura suficientes para responderlas.

Con él fui comprendiendo una idea que después se volvió decisiva en mi trabajo: la escuela no tiene que pedir permiso para producir conocimiento.

Durante mucho tiempo, la escuela ha sido tratada como un lugar secundario. La universidad piensa y la escuela aplica. La universidad investiga y la escuela recibe. La universidad teoriza y la escuela ejecuta. Esa división, repetida tantas veces, termina pareciendo natural. Royman ayudaba a desconfiar de esa jerarquía. No lo hacía con una consigna vacía, sino con preguntas concretas, con interés real por lo que pasaba en las aulas, por los estudiantes,

por los profesores, por las experiencias que nacen lejos de los lugares donde tradicionalmente se decide qué cuenta como saber.

En el Colegio Japón, con el semillero Club de Investigación *EduQversa*, esa intuición empezó a tomar cuerpo. Trabajar con estudiantes, escuchar sus preguntas, mirar el territorio, pensar la ciencia desde la experiencia escolar y defender la investigación como una práctica posible dentro de la escuela me permitió entender que la ciencia escolar no es una ciencia menor. Es una forma situada de conocimiento. Exigente, imperfecta, viva. Una ciencia que se pregunta por el agua, por el ambiente, por el barrio, por los cuerpos, por las formas concretas en que la vida aparece en el aula.

Royman estaba presente en esa comprensión. A veces de manera directa, cuando preguntaba por los niños del Colegio Japón o por los avances de la Revista *Discimus*. Otras veces, aparecía después, como aparecen los maestros verdaderos: no necesariamente en la frase literal, sino en la forma como uno toma decisiones. En la insistencia por escribir. En la defensa de los profesores como sujetos intelectuales. En la necesidad de no separar la ciencia de la pedagogía ni la investigación de la vida escolar.

Cada vez que hablábamos, de una u otra manera, aparecía esa preocupación. Me preguntaba por la revista, por los estudiantes, por lo que estábamos haciendo, por las preguntas que iban surgiendo. Quería saber cuándo volverían los

niños a la universidad, cuándo volverían a ocupar esos espacios que tantas veces parecen reservados para otros. No lo decía como una formalidad. Había en sus preguntas una convicción: cuando un estudiante de escuela entra a la universidad con una pregunta propia, algo se altera. Se altera la idea de quién puede investigar. Se altera la frontera entre la escuela y la academia. Se altera, incluso, la manera como la universidad se mira a sí misma.

Por eso, cuando pienso en la Revista *Discimus*, también pienso en él. Pienso en lo que ha significado sostener una apuesta editorial que cree en la ciencia abierta, en la escritura de los profesores y en la circulación pública del conocimiento. *Discimus* no nació para reproducir los circuitos cerrados de la academia ni para convertir la publicación en un privilegio de pocos. Nació, en buena medida, de esa necesidad de abrir la palabra, de reconocer que los profesores también producen pensamiento, que la escuela también escribe, que la experiencia pedagógica también puede convertirse en conocimiento riguroso.

Allí está Royman. No como una presencia decorativa, sino como una fuerza que sigue empujando. Está en esa idea de que los profesores no se limitan a enseñar contenidos, sino que interpretan el mundo, discuten con él, lo transforman desde los lugares concretos donde trabajan. Está en la defensa de la escritura como una responsabilidad intelectual. Está en la convicción de que la universidad no puede mirar a la

escuela desde arriba, sino caminar con ella, aprender de ella y reconocer su potencia.

Recuerdo también nuestra última intervención compartida en el diálogo Brasil-Colombia. Estaban profesores de Brasil, profesores rurales de Colombia, la Universidad de Brasilia y la Corporación *Discimus*. En ese espacio, Royman volvió sobre una idea que todavía me acompaña: los profesores no podemos quedarnos quietos.

La frase parece sencilla, pero no lo es. Quedarse quieto no es únicamente dejar de moverse. Es aceptar que otros hablen por la escuela. Es renunciar a escribir. Es dejar que la rutina venza la pregunta. Es permitir que la experiencia se vuelva muda. Royman nos pedía otra cosa. Nos pedía movimiento. Investigar, conversar, viajar, volver al aula, escuchar a los estudiantes, mirar el territorio, escribir aunque cueste, insistir aunque parezca que nadie escucha. Su llamado no era heroico ni grandilocuente. Era profundamente pedagógico.

Y tal vez por eso los almuerzos con él podían convertirse, sin que uno se diera cuenta, en una clase de historia de la educación colombiana. Uno iba a almorzar y terminaba escuchando relatos sobre el Instituto Pedagógico Nacional, la normal, la Licenciatura en Química, la formación de maestros, la universidad, los colegas, los estudiantes, los debates de otros tiempos. A veces uno comía más lento solo para no interrumpirlo. No hablaba desde la nostalgia fácil. Hablaba desde una memoria

viva, tejida con nombres, lugares, afectos y discusiones.

Lo que más recuerdo de esos momentos no es solo lo que decía, sino la forma como lo decía. Había brillo en sus ojos. Había alegría. Había análisis, por supuesto, porque Royman pensaba con rigor. Pero también había simpatía, respeto por las personas, una manera generosa de volver sobre la propia historia sin convertirla en monumento. Podía hablar de educación con profundidad, pero nunca perdía esa calidez que hacía posible quedarse escuchando. Tenía una enorme capacidad reflexiva, una inteligencia precisa, una memoria admirable. Pero lo que permanecía, por encima de todo, era su humanidad.

En virtud de su legado, no pienso únicamente en una lista de cargos, títulos o reconocimientos. Pienso en escenas. En su café junto al computador. En sus preguntas por la revista. En su interés por los niños del Colegio Japón. En los almuerzos que terminaban siendo clase. En su manera de escuchar. En su paciencia. En el argumento dicho con firmeza, pero sin humillar. En esa autoridad que no necesitaba imponerse porque venía de la coherencia.

Y esa coherencia no es poca cosa. En el mundo académico se habla mucho de formación, pero se acompaña poco. Se invoca la comunidad, pero se compite demasiado. Se celebra el pensamiento crítico, pero muchas veces se castiga la voz propia. Royman, en cambio, hacía sentir que pensar era posible. Que escribir

era necesario. Que la escuela merecía ser defendida. Que un profesor podía hacerse preguntas grandes sin abandonar su aula, sus estudiantes ni su lugar de trabajo.

Quizá por eso hablar de él me afecta tanto. Porque no se trata únicamente de recordar a un maestro querido. Se trata de reconocer una deuda. Una deuda con su palabra, con su confianza, con su forma de estar, con esa manera suya de empujarnos a no quedarnos quietos. Hay personas que no solo enseñan algo. También dejan una forma de mirar. Royman dejó eso: una manera de mirar la escuela, la universidad, la ciencia, la escritura y la vida pedagógica.

No quisiera recordarlo desde una nostalgia inmóvil. Sería injusto con él. Prefiero nombrarlo desde la tarea que queda. Desde los semilleros que continúan. Desde los estudiantes que preguntan. Desde los profesores que escriben. Desde las revistas que se sostienen a pesar de las dificultades. Desde las escuelas que siguen intentando reconocerse como lugares legítimos de pensamiento.

Royman sigue caminando allí. En la didáctica de las ciencias experimentales. En la educación ambiental. En la formación de maestros. Por eso, sí: Royman tenía razón. Estoy afectado. Pero esa afectación no me paraliza. También me mueve. Es tristeza, claro. Pero es, sobre todo, gratitud. Y mientras sigamos moviéndonos, mientras sigamos escribiendo, enseñando, preguntando y creyendo en la escuela, su memoria no será simplemente recuerdo. Será tarea. Será palabra.

Referencia bibliográfica

Martínez Pérez, L. F. (2026). *Abordaje de cuestiones sociocientíficas y ambientales en la práctica docente*. Universidad Pedagógica Nacional.

La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza no son procesos que puedan afrontarse desde una sola estrategia. Dada la diversidad de estilos de enseñanza y características de personalidad de los profesores, así como los estilos y ritmos de aprendizaje de los estudiantes, lo que resulta evidente es la necesidad de diversificar las estrategias de enseñanza en el aula. No existe, pues, una sola estrategia que pueda resolver todos los problemas que plantea la labor educativa.

En este contexto, la obra que aquí se referencia se constituye en un aporte más a la construcción de una didáctica de las ciencias científicamente fundamentada que posibilite, si bien no resolver todos los problemas que demanda la labor educativa, por lo menos favorecer aprendizajes más significativos y duraderos de los estudiantes en los diversos niveles y modalidades del sistema educativo.

El abordaje de cuestiones sociocientíficas (CSC) para la enseñanza de las ciencias es una línea de investigación a nivel nacional y mundial que surge en la década de 1980, la cual, paulatinamente, vino incorporando también las cuestiones socioambientales (CSCA) a partir de la formulación de las políticas por parte de la Unesco sobre la educación ambiental en los años setenta y la educación para el desarrollo sostenible (EDS) en los ochenta.

La obra se halla dividida en cinco capítulos, además de los preliminares y consideraciones finales, en los que se abordan las controversias científicas en la constitución del campo científico; disputas, luchas o pleitos por la legitimidad científica en la emergencia de la química como ciencia; polémicas sociocientíficas y ambientales; enseñanza de asuntos sociocientíficos y ambientales (CSCA) en Iberoamérica y problemáticas sociocientíficas y ambientales en la práctica docente.

Invitamos a nuestros lectores a realizar una lectura detallada de la obra aquí referenciada con el fin de promover un cambio en la didáctica de las ciencias que incorpore las CSCA como una oportunidad, no solo para enseñar y a aprender los contenidos propios de las disciplinas científicas, sino como una oportunidad para favore-

cer la formación de ciudadanos críticos y participativos, que comprendan cómo la ciencia impacta sus vidas cotidianas y puedan tomar decisiones informadas sobre el mundo real.

Pedro Nel Zapata Castañeda 

Profesor, Departamento de Química
Universidad Pedagógica Nacional

Caracterización del discurso químico de un grupo de profesores en formación al modelar los equilibrios para la formación de complejos

Characterizing the Chemical Discourse of a Group of Preservice Teachers while Modeling Complex Formation Equilibria

Mayerly Rodríguez Hernández¹ 

Yolanda Ladino Ospina² 

Diego Alexander Blanco Martínez³ 

Cómo citar este artículo:

Rodríguez Hernández, M., Ladino Ospina, Y. y Blanco Martínez, D. A. (2026). Caracterización del discurso químico de un grupo de profesores en formación al modelar los equilibrios para la formación de complejos. *Boletín P.P.D.Q.*, (73), 10-27.

Resumen

Este trabajo tuvo como objetivo caracterizar el discurso químico de profesores en formación de la Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional, en torno al estudio del equilibrio de complejos, mediante una

1 Licenciada en Química, profesora en formación. mrodriguezh@upn.edu.co

2 Doctora en Educación. Docente, Universidad Pedagógica Nacional. ladino@pedagogica.edu.co

3 Magíster en Ciencias-Química. Docente, Universidad Pedagógica Nacional. dablanca@pedagogica.edu.co

secuencia didáctica que integró teoría, modelación y práctica experimental. El proyecto se llevó a cabo con estudiantes de quinto y sexto semestre, en los espacios académicos de Sistemas Inorgánicos II y Métodos de Análisis Químico I. Se abordó desde los niveles molar y molecular del conocimiento químico y las dimensiones estructura/composición y energía, de acuerdo con el modelo propuesto y adaptado por Jensen (1998). La metodología incluyó la construcción de una rúbrica para orientar el diseño de una prueba diagnóstica, una sesión sobre los equilibrios simultáneos aplicados a la solubilidad de sales en medios amortiguados y la modelación con Excel, y una práctica de laboratorio en la que se observaron fenómenos de formación y de disociación de complejos. En conjunto, se evidenció que el discurso químico de los estudiantes evoluciona desde un enfoque descriptivo hacia una comprensión más integrada, que combina niveles de representación y dimensiones conceptuales. De esta manera, el desarrollo del discurso químico no ocurre de forma espontánea, sino que debe ser promovido mediante experiencias didácticas estructuradas, que incluyan herramientas de modelación, análisis de datos y actividades experimentales. La integración de estos elementos permitió fortalecer las habilidades de explicación, argumentación y predicción, fundamentales para la enseñanza y comprensión de los equilibrios simultáneos en los complejos de coordinación.

Palabras clave

discurso químico; formación de profesores en química; equilibrio de complejos; representaciones molar y molecular; dimensiones estructura y energía

Abstract

This work aimed to characterize the chemical discourse of pre-service teachers in the Chemistry Degree program at the Universidad Pedagógica Nacional, focusing on the study of complex equilibrium through a didactic sequence that integrated theory, modeling, and experimental practice. The project was carried out with fifth- and sixth-semester students enrolled in the courses Inorganic Systems II and Methods of Chemical Analysis I. It was approached from the molar and molecular levels of chemical knowledge and the structure/composition and energy dimensions, according to the model proposed and adapted by Jensen (1998). The methodology included the construction of a reference table to guide the design of a diagnostic test, a session on simultaneous equilibria applied to the solubility of salts in buffe-

red media and modeling with Excel, and a laboratory practice where phenomena of complex formation and dissociation were observed. Overall, it was evident that students' chemical discourse evolved from a descriptive approach to a more integrated understanding that combines levels of representation and conceptual dimensions. Thus, the development of chemical discourse does not occur spontaneously, but must be promoted through structured didactic experiences that include modeling tools, data analysis, and experimental activities. The integration of these elements helped strengthen explanation, argumentation, and prediction skills, which are fundamental for teaching and understanding simultaneous equilibria in coordination complexes.

Keywords

chemical discourse; preservice chemistry teachers; complex equilibrium; molar and molecular representations; structural and energetic dimensions

Introducción

Los complejos de coordinación son especies químicas que se forman por la interacción entre un ion metálico central y uno o varios ligandos. Sus características y estabilidad dependen de factores cinéticos y termodinámicos. El estudio de los complejos de coordinación y su equilibrio es un punto clave en la formación de los presentes y futuros profesores de química, ya que permite comprender la interacción entre iones metálicos y diferentes ligandos, así como la estabilidad de estos sistemas en disolución acuosa. Desde 1893, cuando Alfred Werner formuló la teoría de coordinación, que explica la geometría y forma de estos compuestos (Housecroft y Sharpe, 2018), los complejos han sido objeto de estudio por su relevancia en áreas como la catálisis, la bioquímica y la química

ambiental. En el contexto educativo, su enseñanza debe trascender la memorización para promover una comprensión profunda de los fenómenos químicos que intervienen.

Este proyecto se enmarca en el modelo lógico del conocimiento químico propuesto por Jensen (1998), que organiza el saber en niveles de representación (molar, molecular y eléctrico) y en dimensiones (composición/estructura, energía y tiempo). En particular, se hace énfasis en los niveles molar y molecular, así como en las dimensiones estructura/composición y energía para vincular el lenguaje simbólico y visual con lo que ocurre a nivel microscópico y submicroscópico. Desde esta perspectiva, el discurso químico se convierte en una herramienta fundamental para el aprendizaje, ya que permite argumentar científicamente,

organizar el conocimiento y conectar lo observable con lo teórico mediante símbolos, modelos y representaciones.

En este sentido, la enseñanza de los equilibrios de formación de complejos requiere integrar conceptos fundamentales de la química de coordinación con herramientas didácticas que faciliten su comprensión. Factores cinéticos y termodinámicos determinan la formación y estabilidad de los complejos, por lo que resulta esencial que los presentes y futuros docentes comprendan las redes conceptuales implicadas. Uno de los retos centrales es articular el conocimiento químico con modelos químico-matemáticos que describan los equilibrios simultáneos que ocurren, considerando además parámetros como el efecto del pH sobre la solubilidad.

Por consiguiente, se construyó una secuencia de actividades que se implementó en los espacios académicos de Métodos de Análisis Químico y Sistemas Inorgánicos II del programa de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional. Esta propuesta contribuyó en el discurso químico de los participantes mediante el análisis teórico, la interpretación de datos y el desarrollo de modelos que describen el comportamiento de los equilibrios para la formación de complejos de coordinación. Además, se incorporó el uso de las TIC como Excel, herramienta que permite codificar, organizar y visualizar los efectos de distintos parámetros sobre la estabilidad de los complejos (Masterton

y Hurley, 2020). Este enfoque responde también al alineamiento constructivo (Biggs, 2003), que promueve la coherencia entre los objetivos de aprendizaje, las actividades de aula y los criterios de evaluación, lo que asegura una formación integral de los futuros docentes de química.

El proyecto buscó dar respuesta a la pregunta ¿Qué caracteriza el discurso químico de un grupo de profesores de Química en formación de la Licenciatura en Química en los niveles molar y molecular, y en las dimensiones estructura/composición y energía, al abordar situaciones teórico-prácticas relacionadas con la descripción de modelos químico-matemáticos relacionados con el efecto de la formación de complejos y el pH en la solubilidad? Para ello se propuso como objetivo general caracterizar el discurso químico de un grupo de profesores en formación cuando formulan modelos químico-matemáticos al describir los equilibrios simultáneos implicados en el efecto de la formación de complejos y el pH en la solubilidad, integrando los niveles molar y molecular desde las dimensiones estructura/composición y energía, mediante una secuencia didáctica apoyada en el uso de herramientas digitales.

Metodología

Este proyecto se desarrolló en la Universidad Pedagógica Nacional, en el marco de la práctica educativa del programa de Licenciatura en Química. Se implementó

con un grupo de veinticuatro profesores en formación de Sistemas Inorgánicos II, SI-II y veinticuatro profesores en formación de Métodos de Análisis Químico I, MAQ-I.

El desarrollo del proyecto se centró en la caracterización del discurso químico de los profesores de Química en Formación PF y se enfocó en los niveles molar y molecular y en las dimensiones de estruc-

tura/composición y energía. Con base en esto, se construyeron unas unidades de análisis de la estructura lógica de la Química según Jensen (1998), con el propósito de orientar tanto la organización conceptual del contenido como la construcción de los criterios de evaluación alineados con estos niveles y dimensiones del discurso químico (tabla 1).

Tabla 1. Unidades de análisis de los niveles y dimensiones del discurso químico

Nivel/ Dimensión	Dimensión estructura/composición	Dimensión energía
Nivel molar	Identificar cómo la naturaleza del ligando y del catión determinan las propiedades de los complejos de coordinación, en particular las tonalidades que se dan en disoluciones acuosas.	Interpretar los cambios observables (como la coloración o tonalidades en disolución acuosa) como resultado de variaciones de la energía de estabilización del campo cristalino.
Nivel molecular	Explicar y predecir la estructura y propiedades de los complejos de coordinación teniendo en cuenta la serie espectroquímica para los ligandos y la geometría de acuerdo con el número de coordinación.	Describir y modelar sistemáticamente los equilibrios simultáneos implicados teniendo en cuenta el efecto del pH y la formación de complejos en la solubilidad.

Fuente: adaptado de Jensen (1998).

El proceso metodológico inició con la estructuración de una prueba diagnóstica orientada desde esas unidades de análisis. Cada pregunta de la prueba fue diseñada para evaluar un nivel y una dimensión alineada con la tabla 1 y con los indicadores de desempeño definidos, se estructuró por tres relaciones conceptuales asociadas a los niveles y dimensiones objeto de caracterización: color y campo cristalino, geometría y número de coordinación, y estabilidad mediante sus constantes de

formación. Esta prueba fue aplicada a los profesores de Química en formación con el fin de identificar su comprensión inicial de los equilibrios de complejos de coordinación. Posteriormente, se desarrolló una intervención educativa sobre los equilibrios simultáneos de complejos, destacando cómo el pH influye en su solubilidad y estabilidad. Como material complementario, se les compartió una guía paso a paso que consolidaba los contenidos trabajados e incluía un manual para la incorporación

del modelo químico-matemático construido en una hoja de cálculo de Excel, con un sistema asignado a cada estudiante o grupo como actividad de profundización.

Como parte de la secuencia didáctica diseñada, los estudiantes trabajaron sobre sistemas reales de equilibrio de complejos, considerando: la solubilidad de una sal metálica, la especiación ácido-base del ligando, y la formación de uno o más complejos metálicos. Esta actividad buscó evaluar la capacidad de los futuros licenciados para modelar sistemas químico-matemáticos en función del pH, integrando niveles de representación, algoritmos matemáticos y conceptos termodinámicos.

Se implementó una práctica de laboratorio enfocada en la observación experimental de equilibrios de complejos, en la que se observaron fenómenos como los cambios de color asociados a las transiciones electrónicas tipo d-d en particular. A partir de esta experiencia, se diseñaron preguntas orientadoras para la elaboración de un informe final que permitió valorar la apropiación del discurso químico en los niveles y dimensiones establecidos.

Para analizar la información recolectada de las tres actividades implementadas se construyó la rúbrica de evaluación que se presenta en la tabla 2.

Tabla 2. Indicadores de desempeño para caracterizar el discurso químico

Nivel/ Dimensión	Indicador de Desempeño	Escala de valoración		
		Bajo	Básico	Alto
Molar/ Energía	Interpreta experimentalmente los cambios de coloración como una manifestación del equilibrio de formación de complejos.	No relaciona los cambios observables con el equilibrio químico.	Reconoce que los cambios de color se relacionan con la manifestación del equilibrio de formación de complejos, pero presenta dificultades para explicar cómo la interacción con la radiación electromagnética genera transiciones electrónicas y su vinculación con el campo cristalino.	Explica de forma clara y fundamentada cómo los cambios de color hacen evidente el equilibrio químico de formación de complejos, relacionando las transiciones electrónicas con la energía del campo cristalino y su interacción con la radiación electromagnética.

Nivel/ Dimensión	Indicador de Desempeño	Escala de valoración		
		Bajo	Básico	Alto
Molecular/ Estructura	Representa y explica las estructuras y propiedades de los complejos de coordinación con base en la serie espectroquímica.	Representa los complejos sin precisión estructural y sin conexión con la teoría del campo cristalino ni la serie espectroquímica.	Utiliza representaciones básicas, pero con dificultad para vincularlas con la teoría del campo cristalino en relación con la serie espectroquímica.	Emplea representaciones correctas y las relaciona con la teoría del campo cristalino y la serie espectroquímica.
Molar/ Estructura	Identifica la naturaleza de las distintas especies químicas presentes en el sistema, tales como el ion metálico, ligando, ligandos auxiliares y el efecto del pH.	Describe de forma superficial o incorrecta la función del ligando.	Reconoce el papel del ligando, pero tiene dificultades para explicar su influencia en la estabilidad.	Explica detalladamente cómo las propiedades del ligando afectan la formación y estabilidad de los complejos.
Molecular/ Energía	Describe de manera secuencial los equilibrios presentes en el sistema con sus respectivas constantes de formación y formula los diferentes factores de formación o protonación, tales como protonación del ligando (FHA o FHM) formación del complejo metal-ligando (FLM)	No identifica los equilibrios ni los factores que intervienen en la formación de complejos.	Reconoce algunos equilibrios del sistema, pero presenta errores en el uso de las constantes y la relación entre los factores de formación.	Describe correctamente los equilibrios secuenciales y explica con claridad el efecto del pH y la protonación en la formación de complejos.

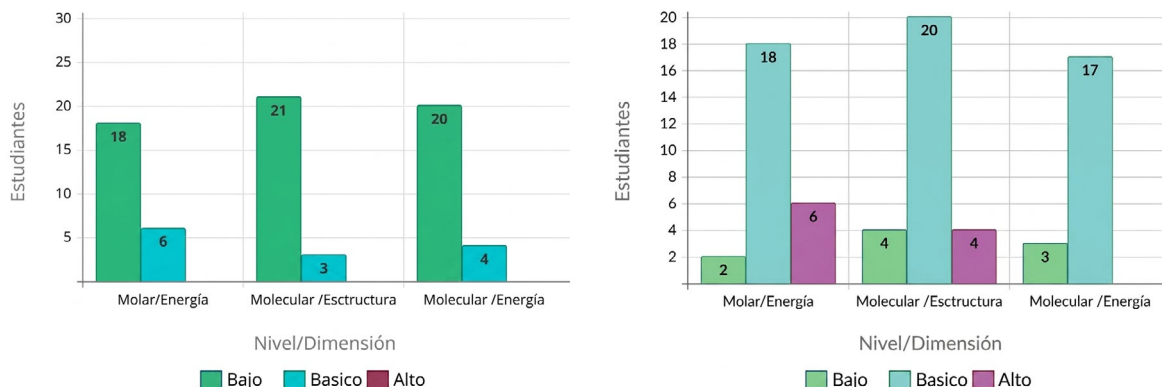
Fuente: elaboración propia.

Resultados y discusión

Los resultados de la prueba diagnóstica permitieron explorar cómo los profesores de Química en formación representan y explican aspectos relacionados con la formación de complejos de coordinación,

específicamente en los niveles molar en la dimensión energía y en el nivel molecular en las dimensiones de estructura/composición y energía.

En la gráfica 1 se presenta el análisis de los resultados obtenidos.



Gráfica 1. Desempeños en las relaciones entre los niveles y dimensiones en la prueba diagnóstica a) para el grupo de SI-II y b) para el grupo de MAQ-II

En el grupo de SI-II, como se observa en la gráfica 1a, entre 18 y 21 profesores en formación mostraron un nivel básico de desempeño en todas las relaciones entre los niveles y dimensiones del discurso, aunque con diferencias conceptuales marcadas. Por ejemplo, en el nivel molar en la dimensión Energía para la relación sobre color de los complejos, basado en la teoría del campo cristalino, 18 estudiantes identificaron que el color observado se relaciona con el ligando, pero sin explicar la relación entre la intensidad del campo generado por el ligando y la magnitud de la transición energética (Δ_0). Una respuesta recurrente fue: “el color depende del ligando, porque algunos tienden a generar colores más intensos que otros”, lo cual refleja una observación sin una articulación con la idea de absorción de luz visible como resultado de transiciones electrónicas d-d inducidas por el campo del ligando, por lo que se infiere que hay confusión entre la longitud de onda absor-

bida y el color percibido, así como dificultades para explicar por qué los ligandos de campo fuerte generan colores diferentes a los de campo débil. Este tipo de respuesta revela una comprensión parcial desde el punto de vista teórico. La serie espectroquímica y la teoría del campo cristalino, que fundamentan esta pregunta, no aparecen como marcos explicativos en la mayoría de las respuestas del grupo (Cotton y Wilkinson, 1999).

Una situación similar se presentó en las preguntas sobre geometría y número de coordinación. En este caso, para el nivel molecular en la dimensión energía, 21 estudiantes del mismo grupo describieron estructuras como “tetraédrica” u “octaédrica”, pero sin justificar su elección a partir de factores estructurales como el tamaño del ligando, la densidad electrónica, o el número de coordinación más estable para el ion metálico. Una respuesta ilustrativa afirma: “es octaédrica con el ligando

amoníaco porque se va a dejar rodear por seis ligandos, ya que la mayoría de los complejos tienden a una coordinación octaédrica". Si bien hay un reconocimiento del patrón geométrico, falta una argumentación que integre teoría del campo cristalino o el impedimento estérico del ligando para explicar qué tipo de geometría adoptaba el complejo. Esto indica que el discurso químico en el nivel molecular aún no se ha consolidado como un lenguaje de explicación causal. En este caso, el uso del lenguaje químico no es incorrecto, pero su valor explicativo es superficial. Como plantean Mortimer y Scott (2003), para que un estudiante construya significados profundos necesita articular múltiples niveles de representación mediante el lenguaje disciplinar, lo cual aún no se observó plenamente en este nivel.

Por otra parte, para la relación de estabilidad, el patrón de respuestas confirmó la tendencia hacia un discurso aún limitado en el nivel molecular, en la dimensión de energía. Aquí, 20 estudiantes mantuvieron un nivel bajo y solo 4 lograron un nivel básico. Las respuestas suelen ser directas, con afirmaciones como: *"el complejo más estable es el que tiene el ligando cianuro, porque este es un ligando de campo fuerte, spin bajo y por eso sus betas son mayores"*. Esta idea no es del todo errónea, pero si bien se identificaron correctamente los complejos más estables (mayor $\log \beta$), no justificaron esta estabilidad desde factores como la carga y el tamaño del ion

metálico, la carga del ligando o la naturaleza de la interacción metal-ligando. Según los indicadores definidos, un desempeño alto en esta dimensión implicaría explicar cómo y por qué el complejo con el ion CN^- y el ion Cd^{2+} presenta mayor estabilidad en comparación con el complejo con el NH_3 y el ion Zn^{2+} , incorporando conceptos como tamaño iónico, densidad electrónica y formación de enlaces coordinados más fuertes. La ausencia de estos elementos teóricos sugiere una comprensión parcial del equilibrio químico aplicado a sistemas de coordinación (Housecroft y Sharpe, 2018).

En contraste, el grupo de MAQ-I, como se observa en la gráfica 1b, mostró un mayor dominio del discurso químico. En la relación sobre color y naturaleza del ligando, 16 profesores en formación se ubicaron en nivel básico y seis en nivel alto. Una respuesta expresa: *"el color depende del campo que crean los ligandos; ligandos de campo débil aumentan la longitud de onda de máxima absorbida y Δ_0 disminuye, mientras que con los ligandos de campo fuerte pasa lo contrario, hay una relación inversamente proporcional"*. Esta afirmación integra adecuadamente la teoría del campo cristalino, al relacionar la idea de que un mayor valor de Δ_0 implica absorción de luz de mayor energía y, por tanto, percepción de colores distintos. Aquí se observa una comprensión que vincula el fenómeno observable con una representación submicroscópica, cumpliendo con la lógica de

integración que propone Jensen (1998) para alcanzar niveles discursivos complejos.

Por otro lado, 20 profesores en formación permanecieron en el nivel básico en la justificación de la geometría de los complejos. Aunque muchos identificaron correctamente las estructuras octaédrica y tetraédrica, las explicaciones carecieron de sustento teórico. Una respuesta común fue: *"No tengo claridad como las propiedades de los ligandos influyen en la geometría, si pensaría que los ligandos de campo fuerte que causan menos repulsión estérica, permitiendo que el complejo sea más estable"*. Esta afirmación no explica por qué esa geometría es más favorable en términos energéticos, ni hace alusión al ion metálico o a la influencia estérica de los ligandos. Se confirma así que aunque los profesores en formación implementan una representación estructural correcta, su nivel de argumentación aún es limitado. De acuerdo con la dimensión molecular/estructura, las explicaciones deberían retomar conceptos como el tipo de campo generado por el tipo de ligando, orbitales disponibles, y repulsión electrónica entre pares de electrones de los ligantes y el ion metálico (Bodner y Domin, 2000).

En la relación de la estabilidad, 17 estudiantes alcanzaron el nivel básico y 4 lograron un nivel alto. Las respuestas de este grupo fueron más fundamentadas conceptualmente, como lo demuestra esta afirmación:

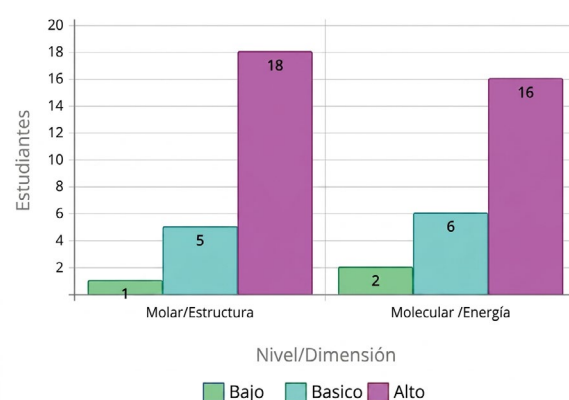
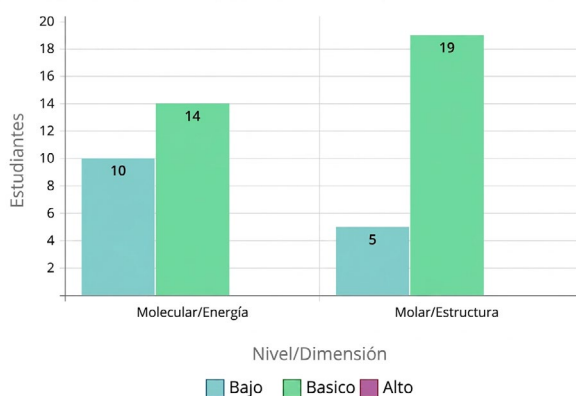
Aunque ambos ligandos son de campo fuerte (spin bajo), el complejo de cadmio II con el ligando cianuro tiene una β_4 mucho más alta. Esto se debe a la carga del ligando, ya que es un ligando aniónico, lo que favorece una interacción electrostática más fuerte con el catión Cd^{2+} que NH_3 (ligando neutro) con Zn^{2+} .

Esta explicación reconoce la constante formación global de un complejo como un parámetro termodinámico, pero no detalla los factores que podrían contribuir a ese valor, como el tamaño del ion metálico o la naturaleza del enlace metal-ligando; aunque hay avances en la dimensión energía, esta sigue siendo la que más presenta desafíos al momento de explicarla. Como argumenta Gilbert (2006), muchos estudiantes pueden usar términos científicos sin haber interiorizado su funcionamiento conceptual, lo que produce discursos técnicamente correctos pero frágiles desde el punto de vista explicativo.

En conjunto, este análisis confirma que el discurso químico de los profesores en formación presenta características distintas según el nivel de formación. El grupo SI-II semestre transita aún por etapas descriptivas con reducida articulación conceptual, mientras que el de MAQ-I comienza a construir explicaciones causales con apoyo en modelos teóricos, aunque persisten falencias en el nivel molecular en la dimensión

de energía. Estos resultados coinciden con lo planteado por Jensen (1998) y Bodner y Domin (2000), quienes señalan que el paso de la observación a la explicación

exige procesos de mediación didáctica sostenida, en los que los estudiantes aprendan no solo a describir lo que ven, sino a explicar por qué sucede.



Gráfica 2. Desempeños en las relaciones entre los niveles y dimensiones en el planteamiento de los equilibrios simultáneos a) para el grupo de SI-II y b) para el grupo de MAQ-II

En la gráfica 2a, se observa que el grupo de SI-II, en el nivel molar en la dimensión estructura 19 profesores en formación se ubican en un nivel básico y 5 en un nivel bajo; en el nivel molecular, en la dimensión energía 14 se encuentran en un nivel básico y 10 en un nivel bajo. Algunos de los sistemas abordados fueron CdS/HCN , $\text{ZnC}_2\text{O}_4/\text{NH}_3$ y $\text{Ag}_3\text{AsO}_4/\text{etilendiamina}$.

En el caso del sistema CdS/HCN , con un $\log \beta_4$ de 18,78 para el ion $[\text{Cd}(\text{CN})_4]^{2-}$, el análisis de los profesores en formación permitió reconocer cómo el incremento del pH favorece la disponibilidad del ligando CN^- a partir de su base conjugada. Se dedujeron correctamente los factores de

especiación (F_{HM}) del HCN y el factor de formación del complejo (F_{LM}), integrando la relación entre la constante de acidez y la estabilidad del complejo. En un documento se afirma que "cuando el pH es bajo hay más HCN, lo que limita la formación del complejo; a medida que sube el pH se genera más CN^- libre, y eso permite la formación progresiva de $[\text{Cd}(\text{CN})_4]^{2-}$ ". Aunque esta explicación articula de forma funcional el comportamiento del sistema, no se discute por qué el ion CN^- actúa como ligando de campo fuerte ni cómo estabiliza el ion metálico desde el modelo de campo cristalino, lo cual limita el alcance del análisis en la dimensión energética

(Housecroft y Sharpe, 2018). En términos de representación, las gráficas mostraban correctamente la transición del ion Cd^{2+} libre y la formación del complejo, pero la interpretación aún estaba centrada en la observación directa, sin una explicación teórica que referenciará las constantes de formación y el comportamiento estructural de los complejos.

El sistema $\text{Zn}_2\text{C}_2\text{O}_4/\text{NH}_3$, trabajado con $\log \beta_4 = 9,46$, implicaba representar la transición del ion libre Zn^{2+} a el ion $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$. Los profesores en formación lograron deducir y representar gráficamente cómo el NH_3 se encuentra protonado a pH ácido, lo cual impide la coordinación con el ion metálico. En la explicación se menciona: *"la base conjugada NH_3 solo está libre en pH básico, por eso en medio ácido no se forma complejo"*. Esta afirmación, aunque acertada, no profundiza en el análisis energético ni estructural: no se menciona por qué el ion Zn^{2+} adopta una geometría tetraédrica y no octaédrica. Así, el desempeño se mantuvo en nivel básico tanto en lo molar como en lo molecular. Según Jensen (1998), el desarrollo del discurso químico requiere que los estudiantes pasen de nombrar transformaciones a explicar causalmente sus implicaciones estructurales y energéticas, lo cual aún no se evidencia completamente en este grupo.

Otro de los sistemas fue el de $\text{Ag}_3\text{AsO}_4/\text{etilendiamina}$, que involucraba un ligando bidentado (en) con $\log \beta_2 = 7,70$. En la

deducción matemática se incluyeron todos los factores de especiación para la etilendiamina (FHM), la especiación del ácido arsénico (FHA) y el cálculo del FLM . En el análisis se afirma: *"la etilendiamina se protona a pH bajo, y por eso solo puede formar complejos en medio neutro o básico; la función puntera muestra que la concentración máxima del complejo se da entre pH 6.8 y 6.85"*. Esta interpretación muestra un avance notable en la representación del sistema, aunque no se discute la estructura del complejo ni su geometría preferencial. No obstante, el grupo en general no profundizó en el impacto estérico del ligando ni en la diferencia en estabilidad entre ligandos mono y bidentados, lo cual muestra un discurso químico aún en proceso de consolidación (Gilbert, 2006).

Por otro lado, en el grupo de MAQ-II , como se observa en la gráfica 2(b), 18 profesores en formación alcanzaron un desempeño alto en el nivel molar en la dimensión estructura y 16 en el nivel molecular en la dimensión energía, lo que indica un dominio avanzado tanto en la representación de los fenómenos observables como en la explicación de estos procesos desde principios termodinámicos y estructurales. Algunos de los sistemas abordados fueron: $\text{Cd}_3(\text{AsO}_4)_2 / \text{HCN}$, $\text{Ag}_2\text{C}_2\text{O}_4 / \text{etilendiamina}$.

En el sistema $\text{Cd}_3(\text{AsO}_4)_2 / \text{HCN}$, los profesores en formación construyeron correctamente el sistema de ecuaciones. En el análisis exponen que *"la concentración de*

CN⁻ libre depende directamente del pH, siendo mínima en condiciones ácidas, y por eso la formación de los complejos aumenta solo a partir de pH 9". Esta afirmación articula correctamente las condiciones necesarias para la aparición de especies complejas, y aunque no se profundiza en la geometría del ion Cd²⁺ ni en la teoría de campo cristalino, sí se establece una relación coherente entre acidez y estabilidad del complejo.

Por su parte, respecto del sistema Ag₂C₂O₄ / etilendiamina (en), plantearon correctamente los dos equilibrios de protonación del ligando bidentado y sus complejos con log β de 4,70 y 7,70 para los iones [Ag(en)]⁺ y [Ag(en)₂]⁺. La descripción mostró un manejo coherente de las constantes de acidez del ácido oxálico, el balance de material y el uso de los factores como el FLM y FHA. En el análisis se señala: *"la formación del complejo está determinada por el pH; solo en medio básico se dispone del ligando no protonado, por eso hay un punto crítico entre pH 7,8 y 8,1 donde aparece la máxima concentración de [Ag(en)₂]⁺"*. Este razonamiento hace evidente que los profesores en formación no solo comprendieron los equilibrios implicados, sino que deducen de forma cuantitativa cómo varían las especies en función del pH. Si bien no menciona explícitamente la coordinación lineal característica de los complejos de plata, la articulación matemática y conceptual respalda un discurso químico que va avanzando.

En el sistema ZnC₂O₄ / NH₃, el ion Zn²⁺ se deja coordinar con cuatro moléculas de amoníaco (log β₄ = 9,46) y la coexistencia con el oxalato implicaban integrar equilibrios de formación simultánea. En este caso, los estudiantes describieron correctamente el modelo que incluía la disolución del oxalato de zinc, la especiación del NH₃ (a partir de su equilibrio con el ion NH₄⁺) y la formación de los complejos [Zn(NH₃)₄]²⁺. En una de las observaciones más significativas, se lee: *"la base conjugada NH₃ predomina a pH básico, por eso en pH ácido hay poco complejo, y la función puntero muestra cómo crece la fracción de [Zn(NH₃)₄]²⁺ entre pH 8 y 10"*. Este tipo de razonamiento, basado en la interpretación de gráficas, la deducción matemática y la aplicación de principios de equilibrio, demuestra una capacidad de predicción y análisis consolidada, aunque aún no se profundice en la geometría tetraédrica de los complejos del ion Zn²⁺ ni en su justificación desde la repulsión estérica o la densidad electrónica del ligando.

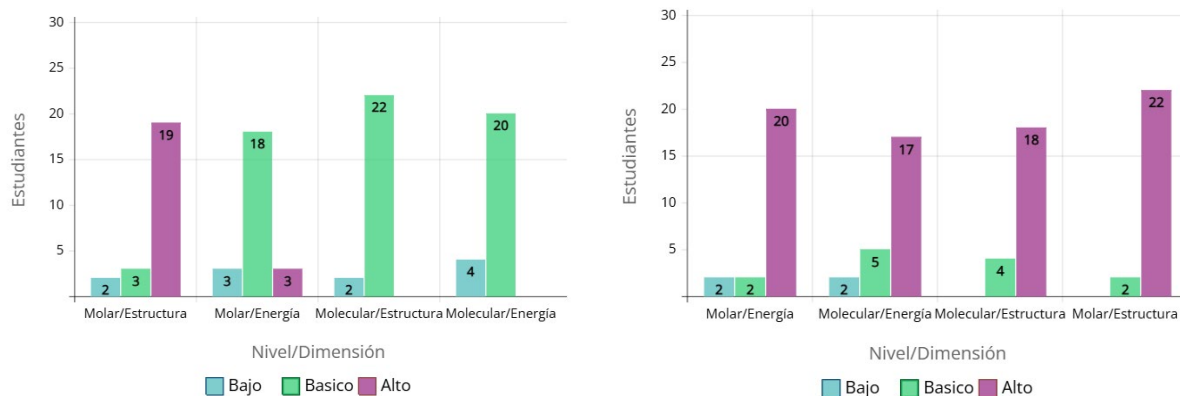
En conjunto, la comparación entre ambos grupos muestra que, si bien todos los profesores en formación lograron desarrollar modelos matemáticos funcionales que representaban con precisión la evolución de las especies químicas en función del pH, las diferencias radicaron en la profundidad del análisis y en el grado de articulación entre las representaciones matemáticas, gráficas y teóricas. El grupo de SI-II mostró un dominio intermedio del

discurso químico: se reconocieron patrones gráficos y relaciones básicas entre el pH y la formación de complejos, pero sin una integración de conceptos estructurales o energéticos. En cambio, el grupo de MAQ-I alcanzó explicaciones más detalladas, apoyadas en la especiación ácido-base y la estabilidad relativa de los complejos. Esto reafirma que el desarrollo del discurso químico no solo depende de la ejecución de herramientas como Excel, sino de la mediación conceptual que permita movilizar modelos explicativos desde lo observable hasta lo teóricamente inferido (Gilbert, 2006; Jensen, 1998). La modelación, entonces, se consolidó como un recurso didáctico eficaz para visualizar y explicar los sistemas de equilibrio complejos, favo-

reciendo una transición del pensamiento descriptivo al argumentativo, en especial cuando se acompañó de análisis estructurado, fundamentación teórica y lectura crítica de los resultados.

Informes de laboratorio

El informe de laboratorio permitió conocer cómo los estudiantes movilizan el discurso químico en situaciones experimentales. Por medio de la observación de reacciones de formación y disociación de complejos con los iones Cu^{2+} , Zn^{2+} y Ag^{+} , así como la influencia del pH y ligandos, los profesores en formación debían describir, explicar y justificar fenómenos observados a partir de conceptos y relaciones químicas.



Gráfica 3. Desempeños en las relaciones entre los niveles y dimensiones en los informes de laboratorio a) para el grupo de SI-II y b) para el grupo de MAQ-II

En la gráfica 3a, se observa que en el grupo de SI-II, en el nivel molar en la dimensión energía se ubicaron 18 profesores en formación en el nivel básico; en

el nivel molecular en la dimensión estructura, 22; en el nivel molecular en la dimensión energía 20 y en el nivel molar en la dimensión estructura 19 profesores en

formación se ubican en un nivel alto. En contraste, como se observa en la gráfica 3b, el grupo de MAQ-I presentó una tendencia según la cual 22 profesores en formación alcanzaron el nivel alto en molar/estructura, 17 en molecular/energía, 20 lo hicieron en molar/energía y 20 en molecular/estructura.

En cuanto al nivel molar y a la dimensión estructura, ambos grupos lograron identificar correctamente los cambios observables en color, precipitación o solubilidad durante la formación de complejos. Sin embargo, las respuestas del grupo MAQ-I se caracterizaron por explicaciones más argumentativas y fundamentadas. En un informe se explica que *"al añadir HCl concentrado a una solución de CuSO_4 , el color azul característico del ion $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ cambia a verde intenso por la formación del complejo $[\text{CuCl}_4]^{2-}$ "*. Esta explicación no solo describe el fenómeno, sino que reconoce la sustitución de ligandos y su relación con la alteración del entorno electrónico del ion metálico. En cambio, en el grupo de SI-II, aunque se reporta el cambio de color al adicionar NH_3 , las explicaciones tienden a ser más descriptivas: *"se forma un complejo con amoníaco y cambia el color"*, sin especificar la geometría o los ligandos involucrados, lo que sugiere un nivel menos desarrollado del discurso químico.

Respecto al nivel molar y a la dimensión energía, las diferencias entre los grupos se acentúan. En el grupo de MAQ-I, los profesores en formación demostraron que com-

prenden que la adición de ácido o base altera la disponibilidad del ligando y por tanto desplaza el equilibrio químico. Una afirmación destacada fue: *"la adición de HNO_3 genera la protonación del ligando amoníaco, rompiendo el complejo y desplazando el equilibrio hacia la izquierda"*. Esta explicación moviliza el principio de Le Châtelier y articula con claridad el vínculo entre el entorno ácido-base y la estabilidad de los complejos. Por su parte, en el grupo de SI-II, si bien se identificaron cambios en el sistema, las explicaciones no siempre abordaron los mecanismos energéticos involucrados. En varios informes, se observó que las reacciones se reportan como hechos observados *"el precipitado se disolvió con NH_3 "* sin un análisis de por qué ocurre dicho cambio ni qué implicaciones tiene en términos de energía de estabilidad.

En el nivel molecular y la dimensión estructura, el grupo de MAQ-I mostró una mejor capacidad para formular las reacciones de formación de complejos y discutir la estructura de los productos. En varios informes se presentan correctamente ecuaciones tales como $\text{Cu}^{2+} + 4\text{NH}_3 \rightarrow [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$, y se sustenta esta representación con afirmaciones como *"la formación del complejo cambia la geometría alrededor del Cu^{2+} , estabilizando el sistema"*. Aunque no siempre se menciona explícitamente la geometría tetraédrica u octaédrica, sí se observa coherencia al indicar que el tipo de ligando y su número de coordinación afectan la configuración del

complejo. En cambio, en el grupo de SI-II, aunque algunos informes incluyen ecuaciones químicas, estas no van acompañadas de una discusión sobre geometría, lo que sugiere una comprensión más superficial.

Finalmente, en el nivel molecular en la dimensión energía, los informes del grupo de MAQ-I presentan un discurso más elaborado, con vínculos entre constantes de formación, condiciones del medio y estabilidad del complejo. En un caso se indica que *“el valor obtenido de K_{diss} confirma la estabilidad relativa del complejo y su sensibilidad frente a la concentración de ligando libre y la presencia de Cl^- ”*. Esta afirmación no solo interpreta un valor numérico, sino que lo contextualiza en función de los principios termodinámicos y de competencia entre ligandos. Este tipo de argumentación es indicativa de un discurso químico más desarrollado. En el grupo de SI-II, aunque se realizaron algunos cálculos de constantes, las respuestas se limitaron a reportar el valor numérico sin reflexionar sobre su significado ni sobre los factores estructurales o energéticos que lo afectan.

En síntesis, el análisis de los informes de laboratorio revela que el grupo de MAQ-I ha desarrollado un discurso químico más argumentativo, integrado y explicativo, mientras que el grupo de SI-II se mantiene en un nivel descriptivo con limitadas conexiones teóricas. Esta diferencia puede atribuirse tanto al grado de formación como a la acumulación de experiencias didácticas que permiten reconocer patrones, aplicar principios y

construir explicaciones químicas. Tal como lo señala Gilbert (2006), el desarrollo del discurso químico requiere entornos en los cuales los profesores en formación puedan conectar lo que observan, lo que simbolizan y lo que explican desde modelos científicos. La práctica experimental, cuando se acompaña de reflexión estructurada, se convierte entonces en un espacio privilegiado para esa construcción.

Conclusiones

A partir del análisis de los resultados obtenidos, fue posible establecer una caracterización del discurso químico de los profesores de Química en formación frente al abordaje del equilibrio de formación de complejos en relación con el efecto del pH y la solubilidad. Las conclusiones que se presentan a continuación buscan responder a la pregunta de investigación planteada, en coherencia con los hallazgos expuestos y reconociendo los límites del estudio en función de su enfoque cualitativo y formativo. De esta manera, se puede afirmar que el discurso químico de los profesores en formación se caracteriza por:

- » Un mayor dominio en el nivel molar: los profesores en formación describen con precisión los fenómenos observables (cambios de color, formación de complejos y solubilizar los precipitados), identifican correctamente las especies químicas implicadas y reconocen patrones experimentales básicos.

» Una comprensión parcial del nivel molecular: aunque se reconocen algunas estructuras de coordinación, el uso de modelos submicroscópicos para explicar la estabilidad de complejos y su comportamiento frente al pH es limitado, especialmente en los participantes de SI-II. En cambio, los MAQ-I logran establecer con mayor claridad relaciones entre la naturaleza del ligando, la geometría del complejo y su estabilidad.

» En la dimensión estructural, se observaron avances en el uso correcto del lenguaje químico y en la representación de reacciones, aunque la justificación del tipo de complejo y su geometría aún requiere desarrollo para representar la organización tridimensional de los complejos y relacionarla con sus propiedades fisicoquímicas.

» En la dimensión energía los estudiantes lograron explicar el efecto del pH sobre la formación de complejos y la solubilidad de compuestos poco solubles, especialmente mediante el principio de Le Châtelier. Sin embargo, solo el grupo de MAQ-I logró articular con profundidad conceptos como constantes de formación, acidez del medio y fortaleza de los ligandos. Esta dimensión es la menos desarrollada en ambos grupos.

» Se encontró un uso progresivo del discurso: los estudiantes pasaron de una descripción observacional a un discurso más argumentativo y explicativo. La integración de teoría, modelación

y laboratorio permitió construir conexiones entre niveles de representación y mejorar la comprensión de sistemas complejos, tal como lo plantean Gilbert (2006) y Biggs (2003).

En este sentido, se concluye que el discurso químico de los profesores en formación se encuentra en transición, va desde un enfoque centrado en la descripción de lo observable hacia una comprensión integrada que combina niveles y dimensiones del conocimiento químico. Su desarrollo no es espontáneo, sino que requiere ser guiado a través de experiencias didácticas articuladas, explícitas y progresivas. Como señalan Mortimer y Scott (2003), es en la interacción entre lenguaje, experiencia y modelación donde el conocimiento científico se transforma en comprensión. Esto reafirma la propuesta de Jensen (1998) sobre la lógica estructural de la química y su enseñanza: comprender un fenómeno químico implica movilizar simultáneamente lo que se ve, lo que se representa y lo que se infiere. Solo así el discurso químico se convierte en una herramienta de explicación, argumentación y enseñanza.

Referencias

- Biggs, J. (2003). *Teaching for quality learning at university* (2.a ed.). Society for Research into Higher Education (SRHE) y Open University Press.
- Bodner, G. M. y Domin, D. S. (2000). Modelos mentales: el papel de las repre-

- sentaciones en la resolución de problemas en química. *University Chemistry Education*, 4(1), 24–30.
- Cotton, F. A., y Wilkinson, G. (1999). *Química inorgánica avanzada* (6.ª ed.). John Wiley & Sons.
- Gilbert, J. K. (2006). *Educación científica: enseñanza y aprendizaje basados en modelos*. Routledge.
- Housecroft, C. E., y Sharpe, A. G. (2018). *Química inorgánica* (5.ª ed.). Pearson Education.
- Jensen, W. (1998). Does Chemistry have a logical structure? *Journal of Chemical Education*, 75(6), 680.
- Masterton, W. L. y Hurley, C. N. (2020). *Química: principios y reacciones* (8.ª ed.). Cengage Lea.
- Mortimer, E. F. y Scott, P. H. (2003). *La construcción de significados en las aulas de ciencias de secundaria*. McGraw-Hill.

¿Es importante el enfoque STEAM el en trabajo práctico de laboratorio?

Is the STEAM Approach Important in Practical Laboratory Work?

Valentina Sánchez Morales¹ 

Cómo citar este artículo:

Sánchez Morales, V. (2026). ¿Es importante el enfoque STEAM el en trabajo práctico de laboratorio?. *Boletín P.P.D.Q.*, (73), 28-43.

Resumen

El modelo educativo STEAM articula competencias interdisciplinarias entre la ciencia, la tecnología, la ingeniería, el arte y las matemáticas al integrar perspectivas científicas y humanísticas que fortalecen el aprendizaje de las estudiantes en escenarios escolares. Este proyecto, desarrollado en el marco de la Práctica Pedagógica y Didáctica I y II, analiza cómo este enfoque se relaciona con el trabajo práctico de laboratorio (TPL) realizado con estudiantes de grado décimo del Colegio Liceo Femenino Mercedes Nariño. El estudio identifica tres aspectos centrales: la capacidad para integrar un equipo, la habilidad para resolver problemas y la presencia de relaciones interdisciplinarias en el desarrollo del laboratorio. Los hallazgos permiten reconocer avances, tensiones y posibles limitaciones en la incorporación del modelo STEAM en ambientes experimentales de la escuela, lo que aporta una mirada preliminar sobre su impacto en la enseñanza de la química y en la formación científica de las estudiantes.

¹ Especialista en Gerencia Educativa, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Miembro del grupo de investigación Historia de la Práctica Pedagógica en Colombia (UPN). vsanchezm@upn.edu.co.

Palabras clave

modelo educativo STEAM; trabajo práctico de laboratorio; práctica pedagógica; mujeres STEM

Abstract

The STEAM educational model integrates interdisciplinary competencies across Science, Technology, Engineering, Art, and Mathematics as it combines scientific and humanistic perspectives that strengthen students' learning within school settings. This project, developed as part of the Pedagogical and Didactic Practice I and II courses, analyzes how this approach relates to the practical laboratory work (PLW) conducted with tenth-grade students at Colegio Liceo Femenino Mercedes Nariño. The study identifies three central aspects: the ability to work as part of a team, the skill to solve problems, and the presence of interdisciplinary relationships in the laboratory's development. The findings reveal progress, tensions, and possible limitations in the implementation of the STEAM model within experimental school environments what offers a preliminary perspective on its impact on chemistry teaching and students' scientific education.

Keywords

STEAM educational model; practical laboratory work; pedagogical practice; STEM women

Introducción

La igualdad de género en campos de STEM debe ser vista, no únicamente como una cuestión, en principio, de derechos humanos básicos, sino como un medio fundamental para promover la excelencia científica y tecnológica en la región. Sin duda alguna, el desarrollo en Latinoamérica no puede seguir privándose del potencial que puede aportar la mujer, de ahí la importancia de promover y mantener su vinculación con las áreas de STEM en el sistema educativo básico, universitario y en el terreno laboral. (Arredondo Trapero *et al.*, 2019, p.154).

En la educación actual, el desafío es preparar a la próxima generación para un mundo en constante cambio, donde la tecnología y la innovación son fundamentales. El enfoque educativo que articula la ciencia, la tecnología, la ingeniería, el arte y las matemáticas ha evidenciado su importancia en este campo como una estrategia que fomenta el aprendizaje interdisciplinar y el desarrollo de habilidades fundamentales para abordar problemas del contexto. Su implementación en

entornos educativos busca no solo mejorar la enseñanza de las ciencias, sino también fomentar el pensamiento crítico, la creatividad y el trabajo en equipo.

Este documento es producto de un análisis reflexivo frente a la práctica de laboratorio que se llevó a cabo en el colegio Liceo Femenino Mercedes Nariño con las estudiantes de grado décimo desde el enfoque educativo STEAM, el cual se ha convertido en eje principal de la innovación educativa. La investigación tiene como objetivo identificar de manera preliminar los vínculos, alcances y posibles limitaciones que se desarrollan entre el modelo educativo y el trabajo práctico de laboratorio.

En consecuencia, el análisis reflexivo parte de las siguientes preguntas orientadoras:

- » ¿Cómo transforma el enfoque educativo STEAM las experiencias de laboratorio en la enseñanza de la química en las estudiantes del Liceo Femenino Mercedes Nariño, y qué vínculos, alcances y posibles limitaciones emergen en este proceso innovador?
- » ¿Se logra establecer esa interdisciplinariedad entre las áreas STEAM y el trabajo práctico de laboratorio en escenarios propios del colegio?

Marco teórico

Trabajos prácticos de laboratorio (TPL)

A lo largo de la historia, las concepciones que se tienen con respecto a los TPL surgen

de una adquisición de habilidades explicadas en dos momentos: la habilidad que se genera, como lo indica Hodson (1994), libre de contenido y perspectiva de laboratorio, como escenarios creados desde el contexto de cada persona y vivencia; y como segunda habilidad, el autor parte de técnicas de investigación descritas en términos de educación científica avanzada, ya desde un grupo población específico. En términos de la implementación de los trabajos prácticos de laboratorio en la educación en ciencias, es necesario partir de una enseñanza basada en problemas, una de las características particulares del enfoque es (Marín Quintero, 2021):

Contextualizar el conocimiento científico a enseñar, incluye el acercamiento a eventos o situaciones de la vida cotidiana que resulten problemáticas y que representen el fenómeno vinculado con el concepto, esto es coherente con la proximidad que tiene quien investiga la naturaleza con los hechos reales en los que surgen las primeras preguntas o cuestiones. (p. 168)

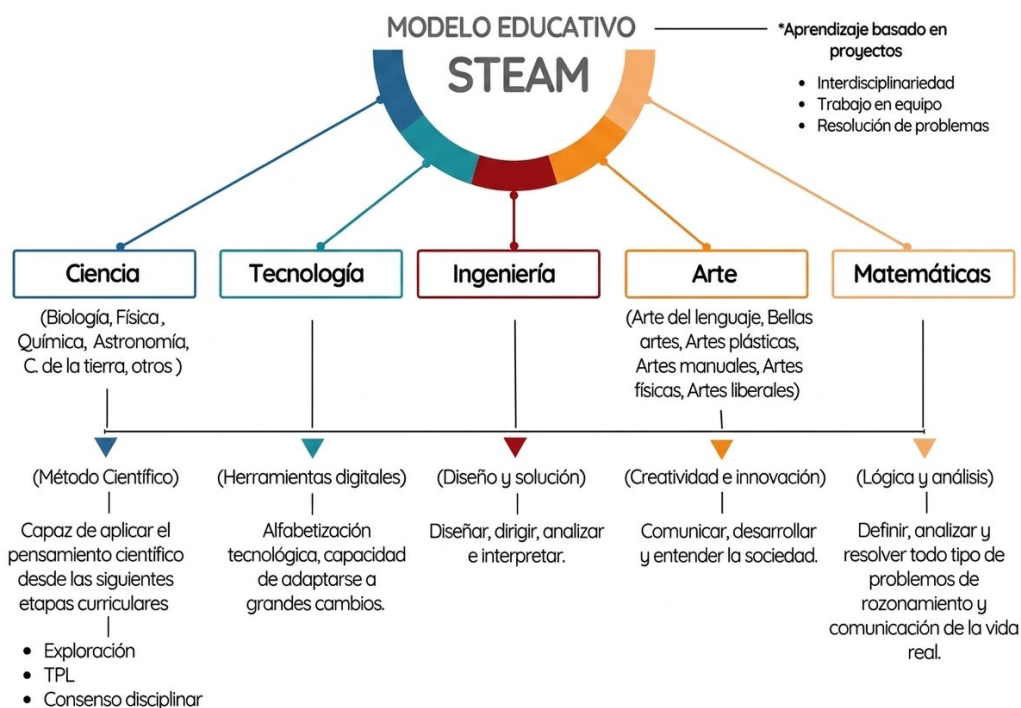
En el contexto escolar, los trabajos prácticos de laboratorio pueden ser la chispa que despierte la vocación científica o, si se abordan como recetas, el motivo de su disipación. No es un secreto que en muchos colegios aún prevalecen prácticas que, como advierten López Rúa y Tamayo Alzate (2012), “se caracterizan por ser tipo receta, en las que los estudiantes deben seguir

ciertos algoritmos o pasos para llegar a una conclusión predeterminada” (p. 145). Frente a esto, la invitación es a transformar esos espacios en escenarios de exploración auténtica, donde la experimentación dialogue con la vida cotidiana. Marín Quintero (2021) propone justamente un modelo basado en la “resolución de problemas”, que promueve la relación entre teoría y práctica en tres fases didácticas: pretrabajo, trabajo experimental y postrabajo (p. 168). Si el laboratorio escolar logra moverse en esa dirección, deja de ser un lugar de verificación y se convierte en uno de descubrimiento, donde los estudiantes pueden hacerse preguntas reales, equivocarse con sentido y mirar la ciencia no

como una verdad impuesta, sino como una aventura compartida.

Modelo educativo STEAM

Este modelo educativo, proveniente de las siglas en inglés Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics, parte de un enfoque interdisciplinario; es decir, de un conjunto de disciplinas vinculadas entre sí mediante relaciones definidas, con la intención de que sus actividades no se produzcan de forma aislada, dispersa y fraccionada. Como se observa en el siguiente diagrama, las disciplinas mencionadas establecen vínculos desde una particularidad puntual, lo que da lugar a una integración completa entre ellas.



Gráfica 1. Modelo educativo STEAM.

Fuente: elaboración propia basada en Yakman (2010).

Es importante destacar que la interdisciplinariedad establece el problema de investigación en diversos niveles de forma eficiente con el fin de diseñar un sistema que oriente y alcance un propósito común. Para diferenciar las relaciones desde una perspectiva interdisciplinaria, se examinan cuatro variables fundamentales: el entorno exterior a la institución (perspectiva macro), la realidad situacional correspondiente al entorno educativo, las disciplinas que se entrelazan (arte, ciencia y tecnología) y los elementos por resolver a fin de fortalecer la enseñanza de la química desde el mismo proceso pedagógico. En las aulas, esta integración se materializa cuando, por ejemplo, los estudiantes diseñan un experimento que une la química con el arte o construyen un prototipo que combina cálculo, diseño y sostenibilidad. Según Lema Altamirano y Rivadeneira Suárez (2025): “La interdisciplinariedad fomenta la integración de conocimientos y habilidades de diversas disciplinas (Biología, Geología, Física, Química, Historia), facilitando una visión holística y crítica sobre los temas abordados” (p. 54).

Las experiencias que entrelazan distintas disciplinas logran aprendizajes más duraderos y significativos. Por eso, el trabajo docente debe ser colaborativo: equipos de profesores que planifican juntos, combinan perspectivas y crean experiencias donde el conocimiento deja de estar dividido y se vuelve una historia común que los estu-

diantes pueden habitar. Sin embargo, hay dos aspectos adicionales que se trabajan en el marco de esta propuesta:

Capacidad de integrar un equipo

» La colaboración no es un complemento dentro del enfoque; es su punto de partida. La manera en que estudiantes y docentes aprenden, crean y se desarrollan profesionalmente está profundamente atravesada por el trabajo en equipo. Como lo expresan García *et al.* (2017), este modelo educativo se sostiene sobre una idea sencilla, pero poderosa: nadie aprende solo. La integración de equipos y el aprendizaje colaborativo son principios pedagógicos esenciales que dan vida a la metodología STEAM porque permiten que las ideas se mezclen, se cuestionen y crezcan en comunidad.

» Para los estudiantes, el trabajo en equipo es más que una estrategia didáctica: es un espacio donde se aprende a escuchar, a negociar y a construir juntos. Como explican Escalona Zamorano *et al.* (2018), la colaboración se convierte en un pilar del aprendizaje, no solo por los resultados académicos, sino porque enseña a convivir con la diversidad de pensamientos. En el aula STEAM, el estudiante deja de ser un receptor pasivo y se convierte en un agente activo, capaz de crear, debatir y proponer soluciones junto a sus compañeros. Esa interacción

constante enriquece la comprensión de los temas y da forma a competencias propias del siglo XXI.

Habilidad para resolver problemas

» La habilidad para resolver problemas se contempla, según Santillán Aguirre *et al.* (2019), como “las actitudes y conocimientos necesarios para resolver, recopilar y analizar evidencias, integrados a los esfuerzos compartidos con el equipo en la planificación y ejecución de los proyectos”, de tal manera que se convierta en un aprendizaje práctico, donde ese carácter investigativo del estudiante predomine como consecuencia de seguir una hoja de ruta que no solo le indique qué es lo que tiene que realizar, sino que a su vez la estudiante cuestione desde su conocimiento previo si ese problema se aplica a su entorno o realidad social y cómo logra incorporar estrategias para su resolución. Al respecto, Marín Quintero (2021) señala que “Asimismo, en dicha resolución se acuerda la interacción entre lo natural (fenómeno) y lo social (el experimentador y pares), ligada a un espacio o sitio determinado, comúnmente conocido como laboratorio” (p. 167).

Metodología

Para llevar a cabo el análisis del trabajo práctico de laboratorio sobre la electrólisis del agua, se trabajó con las estudiantes de grado décimo del Colegio Liceo

Femenino Mercedes Nariño, ubicado en la localidad Rafael Uribe Uribe en Bogotá. La práctica de laboratorio se diseñó para ajustarse a distintos contextos y estilos de aprendizaje. Esta práctica se trabajó en cinco clases en la jornada de la mañana; las sesiones de laboratorio se llevaron a cabo en varias modalidades: trabajo grupal, individual y laboratorio desde casa. Esta práctica permitió entender los diferentes mecanismos de reacción química (oxidación-reducción, descomposición, neutralización y precipitación) en coherencia con los Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA) para décimo grado en el área de Ciencias Naturales, asegurando que los contenidos trabajados respondan a los lineamientos curriculares vigentes y contribuyan al pensamiento científico de las estudiantes.

Etapas del trabajo

Como desarrollo del trabajo práctico de laboratorio, el docente titular propuso una guía didáctica enfocada en la electrólisis del agua; esta guía se estructuró en cuatro fases. La primera abarcó las generalidades del laboratorio, es decir, encontramos los ítems de objetivo, materiales requeridos y los conceptos clave que orientaron y fundamentaron la práctica de laboratorio. En la segunda fase, se llevó a cabo la construcción del sistema experimental. Esta fase se dividió en dos momentos, uno en el cual las estudiantes de grado décimo desarrollaron cinco ejercicios en la práctica de

laboratorio y otro en el cual se abordó el sexto ejercicio, a cargo del profesor titular y la profesora en ejercicio. En la tercera fase, las estudiantes elaboraron una hoja de observación con la finalidad de registrar y analizar los resultados obtenidos en cada una de las experiencias previas. Finalmente, en la cuarta fase se realizó una evaluación, estructurada para reflexionar sobre los fenómenos observados y el aprendizaje adquirido.

En el análisis de la propuesta de investigación, se establecieron tres categorías puntuales adaptadas del estudio sobre la educación STEAM en la sociedad del conocimiento (Santillán Aguirre *et al.*, 2019): capacidad de integrar un equipo, habilidad para resolver problemas e interdisciplinariedad. Las categorías elegidas son esenciales en el desarrollo de competencias científicas y su vínculo con la dinámica de los trabajos prácticos de laboratorio.

Tabla 1. Categorías del modelo educativo STEAM y su desarrollo en los TPL

Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3
Capacidad de integrar un equipo	Habilidad para resolver problemas	Interdisciplinariedad
En los TPL el trabajo colaborativo permite a las estudiantes compartir conocimientos, distribuir responsabilidades y fortalecer habilidades comunicativas.	En los TPL, la resolución de problemas implica identificar desafíos, tomar decisiones y aplicar el pensamiento crítico para interpretar los resultados.	Se promueve una comprensión más integral del fenómeno desarrollado en el TPL.

Fuente: elaboración propia.

Análisis y resultados

En primer lugar, el modelo educativo se basa en la integración de la ciencia, la tecnología, la ingeniería, el arte y la matemática, lo que le permite adaptarse a la dinámica y necesidades de cada institución educativa. Como resultado, muchos docentes en formación enfrentan el desafío de implementar proyectos y actividades que les permitan enlazar estas áreas para que refuercen las competencias STEAM en sus estudiantes de manera relevante. Por lo tanto, la investigación en esta práctica pedagógica constituye un análisis inicial

sobre los vínculos, el alcance y las posibles limitaciones de incorporar el modelo STEAM en escenarios de experimentación. Para tal fin, la valoración del trabajo práctico de laboratorio (TPL) sobre electrólisis del agua, implementado con estudiantes de grado décimo del Colegio Liceo Femenino Mercedes Nariño, se organiza en tres categorías centrales, que se exponen a continuación.

Primera categoría: Capacidad de integrar un equipo

Esta categoría reconoce el trabajo en equipo como un componente esencial del

modelo STEAM, dado que fomenta la colaboración, el intercambio de perspectivas y la construcción conjunta del conocimiento. En el contexto del TPL, esta competencia adquiere especial relevancia, pues posibilita la distribución clara de responsabilidades y el fortalecimiento de habilidades comunicativas necesarias para abordar situaciones propias del trabajo científico.

Durante la práctica, la integración de las estudiantes se hizo evidente en la organización de roles específicos, mediante los cuales cada integrante asumió una función definida dentro del procedimiento experimental. Esta estructura favoreció el desarrollo adecuado de la actividad y permitió que las estudiantes ejercieran autonomía en la toma de decisiones relacionadas

con su participación dentro del laboratorio. Por ejemplo, algunas se encargaban del montaje experimental, mientras que otras registraban los datos y analizaban los resultados; es decir, se reforzó el intercambio de conocimientos por medio del diálogo constante. Considerando que el cierre de esta categoría se propuso a partir de la elaboración de reportes individuales y grupales, se puede identificar que el ejercicio colaborativo en el laboratorio se constituye en un espacio que no solo facilita la experimentación, sino que fortalece el desarrollo de competencias indispensables para el trabajo interdisciplinario y la resolución de problemas en la vida real, habilidad clave dentro del modelo educativo STEAM.



Gráfica 2. Articulación de la primera categoría del modelo educativo STEAM en el desarrollo de la práctica de laboratorio.

Fuente: elaboración propia.

El vínculo entre el modelo STEAM y el trabajo práctico de laboratorio fortalece significativamente la enseñanza de la química al propiciar escenarios donde las estudian-

tes no solo adquieren conocimientos, sino que también desarrollan competencias clave para el trabajo en equipo, como se muestra en el análisis de la tabla 2.

Tabla 2. Evaluación del TPL desde la categoría trabajo en equipo del modelo educativo STEAM

Perfil	Rol	Conclusión
Estudiantes de grado décimo que trabajaron en equipo en el laboratorio	Durante la práctica, cada estudiante tomó un rol distinto, lo que hizo que el trabajo se sintiera más organizado y menos pesado. Entre los roles estuvieron: - Quien revisó la guía y ayudó a orientar la actividad. - Quien mantuvo el orden y animó el trabajo colaborativo. - Quien explicó los fenómenos observados desde principios científicos. - Quien hizo la versión final del informe reuniendo lo que cada una aportó.	- La distribución de roles ayudó a que el trabajo fuera más llevadero y a que las ideas circularan entre todas. - Al tener libertad para organizarse, las estudiantes construyeron conocimiento como un verdadero equipo: conversando, proponiendo y corrigiendo juntas. - El informe final mostró cómo las ideas individuales pueden encajar y dar lugar a conclusiones compartidas que tienen más fuerza.
Estudiantes que trabajaron de manera individual en el laboratorio	Al trabajar solas, tuvieron que asumir todos los roles del experimento. Esto implicó: - Leer y comprender la guía para planear la práctica. - Organizar cada paso del procedimiento y manejar los materiales. - Observar, registrar y relacionar lo ocurrido con conceptos científicos. - Redactar un informe con las conclusiones obtenidas. - Sintetizar los resultados y elaborar un informe técnico con las conclusiones obtenidas.	- El trabajo individual obligó a cada estudiante a tomar decisiones sin apoyo inmediato, lo que impulsa la autonomía, aunque puede sentirse retador. - Al no contar con compañeras con quienes intercambiar ideas, se pierde la riqueza de la conversación científica y la oportunidad de escuchar otras interpretaciones. - El informe final se construyó con todas, pero queda claro que el aprendizaje se potencia cuando pueden dialogar durante la práctica.
Estudiantes que realizaron el laboratorio desde casa	En un entorno casero, la experiencia cambia por completo. La estudiante tuvo que resolver todo: desde conseguir los materiales hasta adaptar el espacio para el experimento. Planificó, ejecutó y analizó la práctica por su cuenta. La única evidencia disponible es el informe final.	- La ausencia de supervisión directa y la falta de un equipo limitan el desarrollo de habilidades colaborativas y la oportunidad de discutir lo observado. - Aunque esto exige mucha organización personal, se pierde el intercambio de ideas, que suele aclarar dudas y enriquecer la explicación científica.

Fuente: elaboración propia.

*Segunda categoría: habilidad
para resolver problemas*

En esta categoría se establece que las estudiantes se enfrentan a una situación nueva y poco estructurada, lo que les permite asumir un papel central dentro de la práctica de laboratorio. Este escenario favorece la identificación del problema y la búsqueda razonada de una posible solución. Tal como se observa en la gráfica 2, el desarrollo de esta habilidad se organiza en una secuencia de fases que se articulan entre sí. A medida que las estudiantes avanzan por cada una de ellas, incorporan herramientas esenciales para tomar decisiones fundamentadas, experimentar con criterio y aplicar soluciones pertinentes dentro de contextos como los TPL.

En la presentación de la guía de laboratorio, las estudiantes evalúan si han comprendido correctamente la finalidad del TPL sobre la electrólisis del agua y reflexionan sobre algunas preguntas iniciales, por ejemplo: ¿Ha quedado clara la explicación del fenómeno? ¿Se han identificado correctamente los reactivos y los produc-

tos? ¿Qué es la electrólisis del agua? Si hay dudas, se revisan los conceptos clave previamente trabajados. A partir de esas cuestiones tanto grupales como individuales, las estudiantes determinaron qué sabían sobre el problema planteado y qué es lo que deben precisar para lograr su desarrollo exitoso. Es así como se abordan las dos primeras fases.

Con respecto a la fase tres y cuatro, las estudiantes son capaces de identificar su desempeño durante la práctica, cuestionándose sobre aspectos como: ¿Se montó correctamente el circuito eléctrico? ¿Se usaron los materiales adecuados? ¿Se registraron correctamente las observaciones? Y es así como, implícitamente, cada una encuentra un rol específico. En las siguientes fases se comparan los datos obtenidos con la teoría esperada. Analizan el proceso, los resultados, las observaciones y las conclusiones del ejercicio experimental; con base en los errores detectados, se plantean estrategias para la resolución de cada práctica, logrando finalmente el desarrollo del informe individual que permitió a cada estudiante cuestionar lo aprendido.



Gráfica 3. Segunda categoría: habilidad para resolver problemas en los TPL

Fuente: elaboración propia con base en Ruiz (2017).

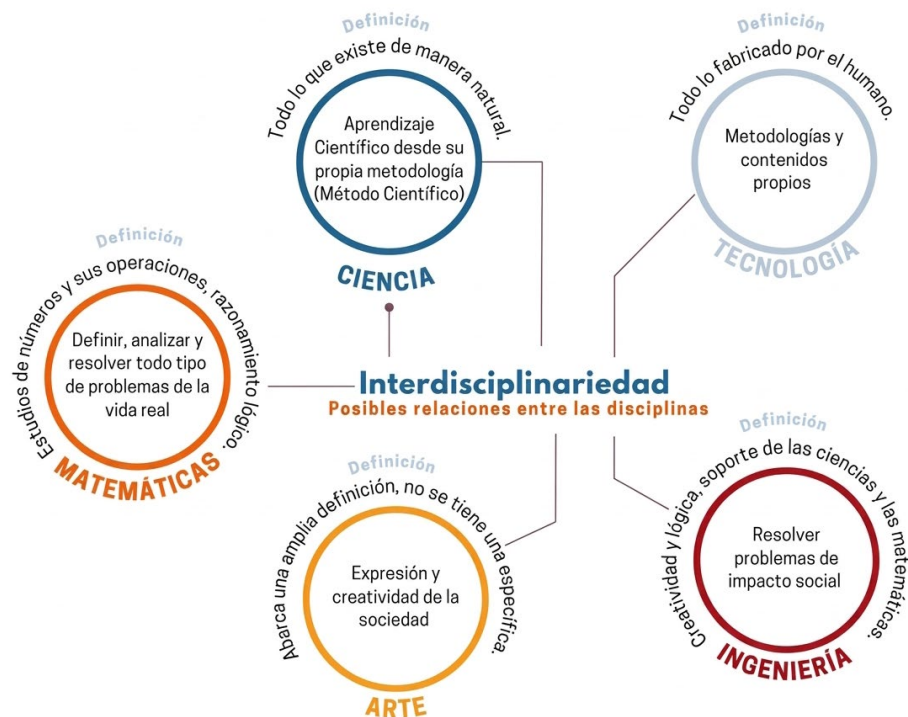


Figura 1. Código QR donde se encuentra guía de laboratorio "Electrólisis del agua"

Tercera categoría: interdisciplinariedad

Como elementos de la interdisciplinariedad, se busca lograr inferir esas posibles relaciones entre las disciplinas STEAM, en particular entre la Ciencia, Tecnología y el Arte, desde el desarrollo de la práctica de laboratorio como escenario mismo de la

investigación donde se observa el diseño de categorías. Como lo indica Tamayo (2001), la interdisciplinariedad funciona a través de unos "sistemas de niveles y objetivos múltiples desde la coordinación hacia una finalidad común de los sistemas".



Gráfica 4. Categoría Interdisciplinariedad

Fuente: elaboración propia basada en Ruiz (2017).

A manera de resultados, desde el primer objetivo que se plantea para caracterizar el modelo educativo STEAM en el trabajo práctico de laboratorio, se infiere que las prácticas de laboratorio proporcionan implícitamente diversos roles, que fortalecen en las estudiantes la capacidad para trabajar en equipo, cumpliendo con los objetivos establecidos en escenarios mismos de la escuela. Como segundo objetivo con respecto a la resolución de problemas, se determina que si bien la guía de laboratorio plantea una ruta donde se recopilan diversas experiencias para su resolución, no se hace evidente un escena-

rio contextualizado a la realidad escolar, dificultad que Marín Quintero (2021) identifica como una problemática desde el método transmisión-recepción.

A partir de la esquematización que se propone en la metodología frente a la interdisciplinariedad, se contempla la tecnología como un comunicador abierto; en tal sentido, nos brinda oportunidades y nos desafía en el ámbito digital a fortalecer la investigación dentro de la escuela. Ahora, como resultado del proyecto, se precisa que el recurso tecnológico únicamente se observa a la hora de realizar consultas referentes a términos, gráficas,

reacciones, fórmulas y demás acciones para lograr la entrega de un informe, pero no tiene un trasfondo para mejorar los procesos enseñanza-aprendizaje. Como señalan Izquierdo Valladares y Guizado Oscco (2023), es necesario proporcionarle al educador una formación sólida en relación con el manejo y uso de la tecnología para que sea un sujeto activo, creativo, reflexivo y facilitador en el uso de estas herramientas tecnológicas y así poder potenciar el aprendizaje significativo, que al momento de utilizarlas se sienta seguro y tenga habilidades para enseñar a las nuevas generaciones.

De hecho, se afirma que tanto la ciencia como la tecnología se vinculan desde esa capacidad de proporcionar herramientas que contextualicen actividades dentro de la escuela.

Continuando con las relaciones entre la ciencia y el arte, se asocia al arte como ese impulsor en el proceso de aprendizaje mediante el cual se promueve el pensar, mirar y sentir; en este caso particular se evalúa cómo elaboran las estudiantes el montaje de cada experiencia, la forma de comunicar la ciencia de manera efectiva por medio de las imágenes y la descripción de esta. Sin embargo, esa interdisciplinariedad no se muestra partiendo de la idea según la cual se pretende fomentar la integración desde problemas reales (realidad, realidad situacional, disciplinas y problema).



Figura 2. Código QR donde se encuentra el análisis de las categorías STEAM. Resultados obtenidos con respecto a los textos seleccionados

Conclusión

A manera de conclusión, el trabajo práctico de laboratorio sobre la electrólisis del agua nos demostró que el enfoque STEAM implementado con las estudiantes en la práctica pedagógica aporta transformaciones significativas a la experiencia de aprendizaje, específicamente en quienes trabajaron juntas las prácticas, ya que enfrentaban nuevos desafíos, como la organización de roles y la construcción colectiva de conclusiones con respecto a los resultados obtenidos, donde el conocimiento no se produce en solitario, sino a partir de conversaciones, acuerdos y decisiones compartidas. Este tipo de dinámica fortaleció el aprendizaje de la química y, simultáneamente, permitió que las estudiantes cultivaran y potencializaran habilidades sociales que no siempre aparecen en la enseñanza tradicional, como la escucha activa, la negociación y la responsabilidad colectiva. También emergió una relación más consciente con la resolución de problemas; las estudiantes debían interpretar la situación, reflexionar sobre su conocimiento y decidir cómo avanzar, lo que impulsó su autonomía y su capacidad de tomar decisiones dentro de la práctica.

Continuando, con la respuesta a la pregunta orientadora de este trabajo, se puede mencionar que aparecieron límites que muestran lo complejo que es implementar el enfoque educativo STEAM en un espacio escolar. A pesar de que la guía de laboratorio ofrecía un recorrido claro, no conseguía vincularse completamente con la realidad cotidiana de las estudiantes, lo que dirigió el experimento más a un procedimiento convencional que a una situación auténtica. La interdisciplinariedad, que es uno de los pilares de este enfoque, no logró consolidarse completamente, pues la tecnología se usó más como herramienta de consulta que como apoyo conceptual, y únicamente se recurrió al arte para transmitir el resultado, con las gráficas, sin integrarse plenamente con la experiencia científica. También se encontró que, cuando la práctica se realizaba de manera individual o desde casa, se perdía la riqueza del intercambio de ideas, ese momento en el que surgen nuevas interpretaciones o preguntas inesperadas que amplían la comprensión del fenómeno.

Es así como estos hallazgos muestran un camino con luces y sombras. El modelo educativo STEAM logra fortalecer el trabajo colaborativo y fomenta una actitud más activa frente a la resolución de problemas, pero aún enfrenta tensiones que dificultan una integración completa de las disciplinas. Para que el modelo pueda desplegar todo su potencial en el TPL, es necesario seguir construyendo escenarios donde ciencia,

tecnología, arte y matemáticas se encuentren de manera más profunda, y donde las experiencias se conecten con situaciones reales que interpelen tanto a docentes como a estudiantes. Solo así, el laboratorio podrá convertirse en un espacio donde el conocimiento no se repita, sino que se transforme.

Referencias

- Arredondo Trapero, F. G., Vázquez Parra, J. C. y Velázquez Sánchez, L. M. (2019). STEM y brecha de género en Latinoamérica. *Revista de El Colegio de San Luis*, 9(18), 137-158. <https://doi.org/10.21696/rcsl9182019947>
- Escalona Zamorano, T., García Cartagena, Y. y Reyes González, D. (2018). Educación para el sujeto del siglo XXI: principales características del enfoque STEAM desde la mirada educacional. *Contextos: Estudios de Humanidades y Ciencias Sociales*, (41), 8. <https://revistas.umce.cl/index.php/contextos/article/view/1395>
- García Cartagena, Y., Reyes González, D. y Burgos Oviedo, F. (2017). Actividades STEM en la formación inicial de profesores: nuevos enfoques didácticos para los desafíos del siglo XXI. *Revista Electrónica Diálogos Educativos. REDE*, 18(33), 35-46. <https://revistas.umce.cl/index.php/dialogoseducativos/article/view/1168>
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio.

- Enseñanza de las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 12(3), 299-313. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.4417>
- Izquierdo Valladares, J. P. y Guizado Osco, F. (2023). Recursos tecnológicos usados por los docentes en la didáctica pedagógica. *Horizontes. Revista de Investigación en Ciencias de la Educación*, 7(31), 2628-2643. <https://doi.org/10.33996/revistahorizontes.v7i31.690>
- Lema Altamirano, A. B., y Rivadeneira Suárez, J. M. (2025). La implementación del enfoque STEAM como herramienta para fomentar la creatividad y la innovación en la educación. *Revista de Investigación Educativa Niveles*, 2(2), 48-63. <https://doi.org/10.61347/rien.v2i2.78>
- López Rua, A. M., y Tamayo Alzate, Óscar E. (2012). Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las Ciencias Naturales. *Latinoamericana de Estudios Educativos*, 8(1), 145-166. <https://revistasoj.s.ucaldas.edu.co/index.php/latinoamericana/article/view/5036>
- Marín Quintero, M. (2021). El trabajo práctico de laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales: una experiencia con docentes en formación inicial. *Tecné Episteme y Didaxis (TED)*, (49), 163-182. <https://doi.org/10.17227/ted.num49-8221>
- Ruiz Vicente, F. A. (2017). *Diseño de proyectos steam a partir del currículum actual de educación primaria utilizando aprendizaje basado en problemas, aprendizaje cooperativo, flipper classroom y robótica educativa*. Universidad Cardenal Herrera-CEU.
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM Education, STEMmania. *The Technology Teacher*, (68), 20-26. <https://vtechworks.lib.vt.edu/server/api/core/bitstreams/b5f37b87-c914-4e5a-8abc-f9b491dc2e36/content>
- Santillán Aguirre, J. P., Cadena Vaca, V. del C. y Cadena Vaca, M. (2019). Educación STEAM: Entrada a la sociedad del conocimiento. *Ciencia Digital*, 3(3.4.), 212-227.
- Tamayo, M. (2001). *El proceso de la investigación científica*. Editorial Limusa. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i3.4.847>
- Yakman, G. (2010). *What Is the Point of STEAM? A Brief Overview of STEAM Education*. STEAM Education. <https://www.steamedu.com>

Desarrollo de la habilidad de solución de problemas de profesores de Química en formación mediante diagramas redox

Developing the Problem-Solving Skills of Preservice Chemistry Teachers Through Redox Diagrams

José Miguel Melo Molina¹ 

Yolanda Ladino Ospina² 

Diego Alexander Blanco Martínez³ 

Cómo citar este artículo:

Melo Molina, J. M., Ladino Ospina, Y. y Blanco Martínez, D. A. (2026). Desarrollo de la habilidad de solución de problemas de profesores de Química en formación mediante diagramas redox. *Boletín P.P.D.Q.*, (73), 44-56.

Resumen

El presente trabajo tuvo como propósito desarrollar la habilidad de pensamiento crítico y solución de problemas en un grupo de profesores en formación inicial mediante la construcción e interpretación de los diagramas de predominancia de Frost y Latimer, al abordar situaciones contextualizadas relacionadas con el fenómeno de la corrosión. El estudio se llevó a cabo en la Universi-

¹ Estudiante de Licenciatura en Química, Universidad Pedagógica Nacional. jmmelom@upn.edu.co

² Doctora en Educación. Docente, Universidad Pedagógica Nacional. ladino@pedagogica.edu.co

³ Magíster en Ciencias-Química. Docente, Universidad Pedagógica Nacional. dablancom@pedagogica.edu.co

dad Pedagógica Nacional en los espacios académicos de Sistemas Inorgánicos y Sistemas Fisicoquímicos I. Se utilizó un enfoque cualitativo de tipo interpretativo, estructurado en tres sesiones de trabajo con actividades teórico-prácticas. Se implementaron tres instrumentos: una prueba diagnóstica, una práctica de laboratorio y un taller. Los resultados muestran avances progresivos en ambos grupos, en particular en el espacio de Sistemas Fisicoquímicos I. En conjunto, los hallazgos permiten concluir que el uso de diagramas de Latimer y Frost, cuando se vincula con situaciones reales, no solo facilita la comprensión de los procesos termodinámicos y redox involucrados en la corrosión, sino que también promueve el desarrollo de habilidades cognitivas superiores como el análisis crítico, la toma de decisiones fundamentadas y la argumentación científica.

Palabras clave

pensamiento crítico; corrosión; diagramas de Frost; diagramas de Latimer; solución de problemas

Abstract

This study aimed to develop the skill of critical thinking and problem solving in a group of preservice teachers through the construction and interpretation of Frost and Latimer predominance diagrams by addressing contextualized situations related to the phenomenon of corrosion. The research was carried out at the Universidad Pedagógica Nacional with students from the courses Inorganic Systems I and Physicochemical Systems I. A qualitative interpretative approach was used, structured over three work sessions with theoretical-practical activities. Three instruments were used: a diagnostic test, a laboratory practice, and a final workshop. The results show progressive advances in both groups, in particular in the Physicochemical Systems I course. Overall, the findings allow us to conclude that the use of Latimer and Frost diagrams, when linked to real-life situations, not only facilitates the understanding of thermodynamic and redox processes involved in corrosion but also promotes the development of higher-order cognitive skills such as critical analysis, evidence-based decision-making, and scientific argumentation.

Keywords

critical thinking; corrosion; Frost diagrams; Latimer diagrams; problem solving

Introducción

El pensamiento crítico es una habilidad cognitiva compleja que le permite a un individuo analizar información, evaluar argumentos, tomar decisiones fundamentadas y resolver problemas de forma reflexiva. Para Halpern (2003), el pensamiento crítico es “el uso de habilidades cognitivas o estrategias que aumentan la probabilidad de un resultado deseado”, es decir, se trata de un tipo de pensamiento razonado y propositivo, que está estrechamente relacionado con la solución de problemas y la toma de decisiones (Bilbao, 2021), lo que se traduce en que pensar de esta forma no solo es razonar lógicamente, sino también hacerlo con sentido, pertenencia y en contextos específicos. La solución de problemas es una de las habilidades del pensamiento crítico que deben desarrollar los profesores en formación ya que les permite analizar situaciones reales, identificar variables relevantes, evaluar alternativas y tomar decisiones fundamentadas con base en la evidencia.

Ahora bien, en el contexto particular de la enseñanza de la química, desarrollar esta habilidad tiene una gran relevancia, ya que esta disciplina no solo requiere de dominio de conceptos y representaciones simbólicas, sino también de la capacidad de interpretar y explicar fenómenos del mundo real. Así, al interpretar los diagramas de Latimer y Frost y comprender la corrosión se promueve un aprendizaje

activo y reflexivo, y al contextualizarlo en situaciones cotidianas e industriales se fomenta un ambiente educativo propicio sobre su impacto en la sociedad y se promueve un aprendizaje significativo.

El fenómeno de la *corrosión* es el proceso de deterioro de los materiales metálicos, debido a reacciones químicas o electroquímicas con su entorno, un contexto relevante para abordar en la enseñanza de la química ya que afecta la resistencia e integridad estructural de materiales y dispositivos, lo que genera costos elevados en mantenimiento y reparación. La corrosión puede ser impulsada por factores como la humedad, la presencia de iones específicos, el pH del medio y la temperatura.

Este fenómeno se puede analizar mediante representaciones y modelos que permitan predecir y comprender la predominancia, estabilidad y reactividad de las especies metálicas involucradas. En este sentido, los diagramas de Latimer y Frost son representaciones gráficas que permiten apreciar el comportamiento redox de un conjunto de especies relacionadas de un elemento y asociarlo con el fenómeno de corrosión. Ambos diagramas permiten analizar, desde un enfoque termodinámico, la susceptibilidad de un metal a oxidarse en un entorno determinado, lo cual es esencial para predecir y mitigar procesos de corrosión.

Por consiguiente, en el marco de la Práctica Pedagógica y Didáctica II del programa de Licenciatura en Química de la Universi-

dad Pedagógica Nacional, se estructuró el proyecto de práctica educativa que buscó dar respuesta a la pregunta ¿Cómo la construcción e interpretación de los diagramas de Latimer y Frost, por parte de un grupo de profesores en formación, favorece el desarrollo de la habilidad de pensamiento crítico, solución de problemas, cuando se abordan situaciones contextualizadas al fenómeno de corrosión?

Metodología

Este proyecto se implementó con 31 profesores de Química en formación de la Licenciatura en Química de la Universidad

Pedagógica Nacional, que cursaban los espacios académicos de Sistemas Inorgánicos I, SI-I (14 estudiantes) y Sistemas Fisicoquímicos I, SF-I (17 estudiantes). Para caracterizar la habilidad de pensamiento crítico, solución de problemas de los profesores de Química en formación se implementó una metodología cualitativa de tipo interpretativo, que se estructuró en tres actividades teórico-prácticas relacionadas con situaciones contextualizadas al fenómeno de corrosión y a la interpretación y construcción de los diagramas de Latimer y Frost, en específico para elementos metálicos, durante tres sesiones de dos horas (véase la figura 1).

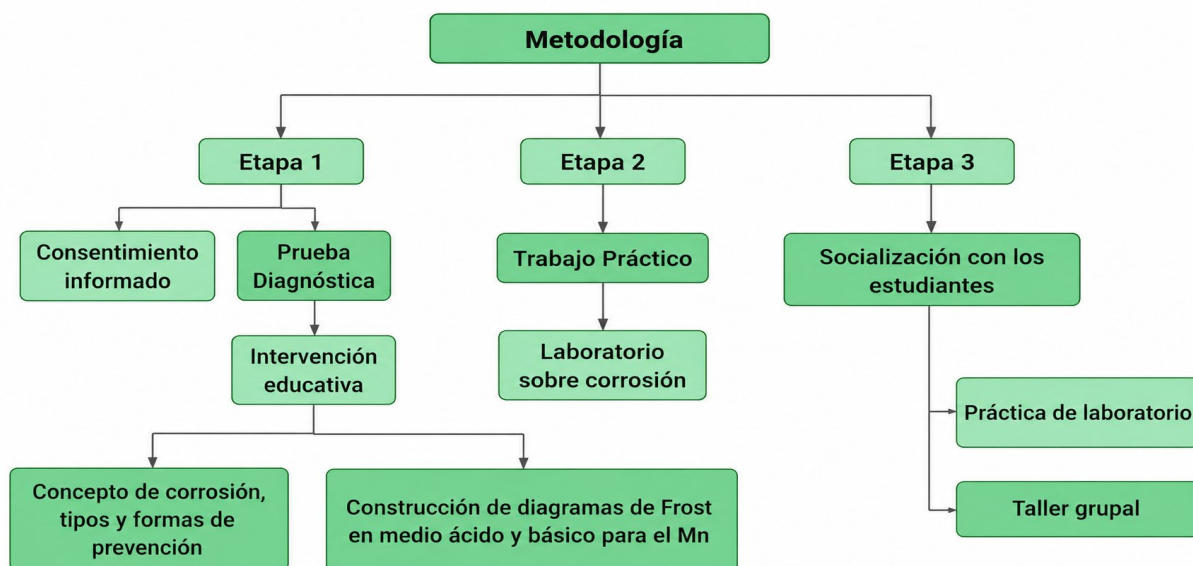


Figura 1. Etapas de la metodología de investigación

Fuente: elaboración propia.

Para analizar el desarrollo de la habilidad se definieron tres categorías con sus

respectivos indicadores, tal como se describe en la tabla 1.

Tabla 1. Categorías de análisis para la habilidad del pensamiento crítico, solución de problemas

Categorías	Indicadores
Analiza críticamente el fenómeno de la corrosión, sus causas, sus tipos y consecuencias en distintos contextos y relaciona estos conocimientos con situaciones reales.	- Reconoce el fenómeno de la corrosión y lo que sucede con las especies que se involucran en este proceso, en los contextos reales en que se presentan. - Identifica el tipo de corrosión, la identidad química del metal y el ambiente.
Interpreta y evalúa la información de los diagramas de Latimer y Frost sobre la estabilidad, predominancia y reactividad de especies de un elemento químico, tendencias redox, dismutación y coproporción.	- Comprende que el potencial de reducción y la variación de energía de Gibbs son parámetros termodinámicos que permiten predecir la estabilidad, predominancia y reactividad de una especie. - Identifica el comportamiento de las especies de un elemento a partir de la información que se representa en los diagramas, como su tendencia redox, de coproporción, dismutación y estabilidad.
Explica y predice el comportamiento de algunas especies en diferentes contextos de la corrosión, integrando los conceptos y las representaciones de los diagramas de predominancia. De esta manera propone estrategias de solución fundamentadas para mitigar la corrosión.	- Establece relaciones significativas del comportamiento de una especie al interpretar los diagramas y predice la corrosión en distintos ambientes. - Plantea alternativas de solución argumentadas con base en los datos representados en los diagramas. - Justifica sus decisiones científicas teniendo en cuenta variables como el potencial de reducción, el medio, la energía libre de Gibbs y el tipo de material.

Fuente: adaptado de Albertos (2015) y Bezanilla *et al.* (2015).

La información se recolectó mediante tres instrumentos tipo cuestionario: la prueba diagnóstica que se desarrolló de manera individual, el trabajo práctico de laboratorio y el taller que se implementó de manera grupal, que contenían únicamente preguntas abiertas con el fin de identificar el lenguaje y el discurso científico de los estudiantes al momento de abordar las situaciones problema planteadas.

La prueba diagnóstica y el taller se estructuraron a partir de situaciones problema contextualizadas al fenómeno de corrosión, las redes conceptuales asocia-

das a los equilibrios redox y a la interpretación de los diagramas Latimer y Frost, para determinar y predecir el comportamiento de las especies de un elemento por medio de los parámetros termodinámicos de energía de Gibbs y el potencial estándar de reducción (E°) y desde estos elementos comprender el problema y plantear una posible solución. Con relación al trabajo práctico de laboratorio se diseñó una guía, en la cual se propusieron cuatro celdas electroquímicas en donde se evidenciaba el proceso de corrosión, teniendo en cuenta la naturaleza de los electrodos y la

composición química de los electrolitos. Como parte del reporte de informe se les solicitó dar respuesta a cuatro preguntas.

Se estableció una escala de valoración de las respuestas de los estudiantes para cada una de las categorías objeto de análisis que

se definieron según los criterios mostrados en la tabla 2. En particular, se tuvo en cuenta el uso de términos y representaciones que le permitieron al profesor de Química en formación comprender el entramado conceptual en los contextos abordados.

Tabla 2. Criterios de evaluación

Escala de valoración		
Aceptable	Sobresaliente	Excelente
El profesor en formación reconoce los conceptos y procedimientos, pero tiene dificultades para aplicarlos de forma coherente a situaciones reales o justificar adecuadamente sus decisiones.	El profesor en formación aplica los conceptos en los diferentes contextos abordados, sin embargo, hay imprecisiones en el uso de términos o en la justificación, sin afectar la validez de su razonamiento.	El profesor en formación comprende y establece relaciones significativas entre los contextos abordados y la interpretación de los diagramas al proponer las soluciones planteadas y lo justifica con argumentos científicos fundamentados.

Fuente: elaboración propia.

Resultados y discusión

A continuación, se detalla y describe el desarrollo de la habilidad de pensamiento crítico de solución de problemas de los profesores de Química en formación al abordar las tres actividades.

Con relación a la prueba diagnóstica

Para efectos y a modo de ejemplo de la interpretación y el análisis de la información, a continuación se describen algunas de las respuestas relevantes de los profesores de Química en formación y los resultados consolidados para los dos grupos por categoría. Para el grupo de SI-I, se identifica que los profesores de Química en forma-

ción mencionan variables relevantes, como la "corrosión", la "humedad/salinidad" o el "PER". Por ejemplo, uno de los estudiantes mencionó

Considero que se podría cambiar el material "acero" por otro material derivado del hierro con mayor estabilidad para que independientemente de las constantes que se involucran y que hacen parte del ambiente (humedad, etc.), se minimice la corrosión en las construcciones metálicas de la ciudad.

De ahí, se infiere que reconoce que el acero en ambientes corrosivos puede ser susceptible a la corrosión, sin embargo, no integra conceptos del diagrama de

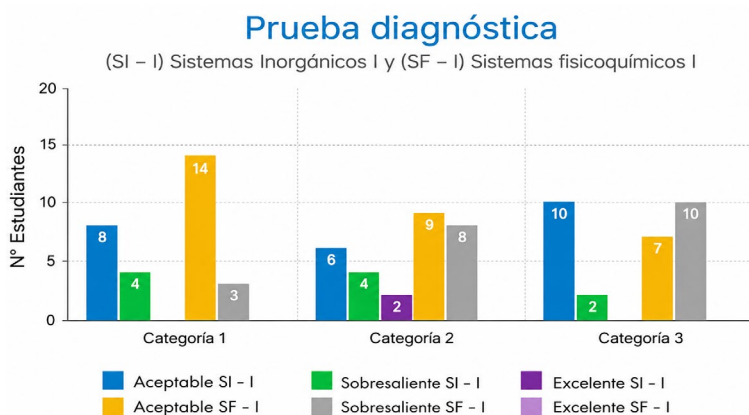
Frost y no menciona qué materiales podrían ser reemplazados del acero ni qué propiedades específicas lo hacen más estable, lo cual se alinea con el alto número de respuestas clasificadas en nivel Aceptable en la categoría 3, tal como se aprecia en la gráfica 1. Además, aunque algunos estudiantes reconocen el PER y pueden identificar cuál especie es más estable, no justifican sus respuestas adecuadamente, lo que refuerza la conclusión de que este grupo presenta dificultades para integrar datos científicos en contextos reales y formular razonamientos críticos.

En contraste, el grupo de SF-I revela que hay profesores de Química en formación que no logran justificar del todo sus afirmaciones, se observa una mayor proporción que reconoce correctamente el papel del PER y su relación con la corrosión. Por ejemplo, 5 de ellos logran justificar cuál es la especie más estable, y 4 plantean soluciones viables con justificación, tal como

se cita en el siguiente ejemplo, donde uno afirma que

Se puede realizar una galvanización donde el Zn actuará un ánodo donde buscará que este se oxide en vez del hierro, ya que el zinc tiene un potencial de reducción más bajo a diferencia del Fe, lo que lo hace más reactivo y evita la oxidación del acero.

Esto permite inferir que reconoce los tipos de prevención de la corrosión, como el ánodo de sacrificio y comprende la relación entre el PER y la estabilidad de las especies, resultados que se relacionan con el número de estudiantes clasificados en nivel Sobresaliente en la categoría 3, según la gráfica 1. Además, una parte del grupo logra diferenciar adecuadamente entre los diagramas de Latimer y Frost y relacionar la estabilidad con parámetros energéticos, lo que sugiere un manejo más profundo del lenguaje y los fundamentos termodinámicos involucrados en los fenómenos redox.



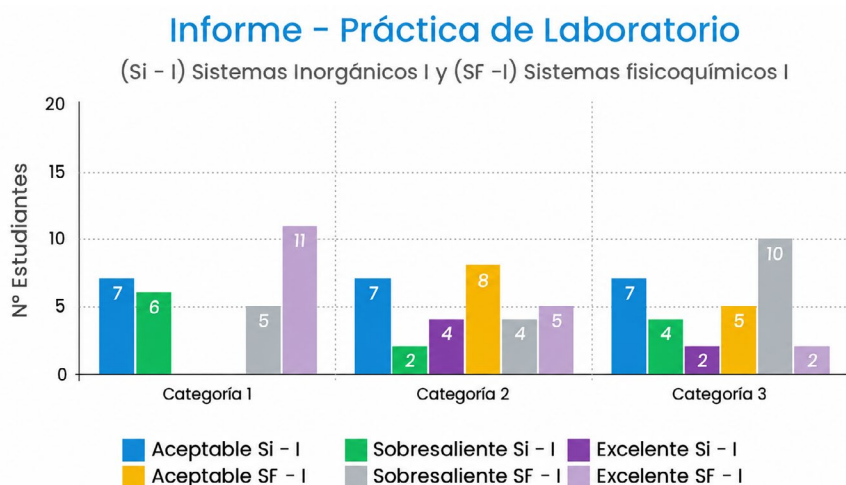
Gráfica 1. Resultados consolidados de la prueba diagnóstica por categoría

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la gráfica 1, la categoría 1, que evalúa la comprensión crítica del fenómeno de la corrosión y su contextualización, es la que se encuentra menos desarrollada, especialmente en el grupo de SF-I, donde 14 estudiantes se ubicaron en el nivel Aceptable y ninguno en Excelente, lo cual indica que la mayoría de los estudiantes aún no logra establecer conexiones significativas entre los conceptos de corrosión y las situaciones reales propuestas. Por otro lado, para la categoría 2, relacionada con la interpretación de los diagramas de Latimer y Frost, se observa una distribución heterogénea en ambos grupos, siendo SF-I el que muestra una distribución más homogénea para las valoraciones alcanzadas, incluyendo 8 estudiantes en Sobresaliente, lo cual sugiere que este grupo de estudiantes

tienen conocimientos previos o aproximaciones conceptuales con estos recursos gráficos, aunque posiblemente con un enfoque más técnico que crítico. Por último, para la categoría 3, que implica el uso de los diagramas para predecir comportamientos y proponer soluciones fundamentadas, el grupo de SF-I muestra un mayor dominio, al encontrarse que 10 profesores de Química en formación se ubicaron en Sobresaliente, a diferencia del grupo SI-I, en el cual solo dos estuvieron en ese nivel. Este contraste sugiere que los participantes de SF-I tienen una mayor capacidad para integrar la interpretación de datos con la solución del problema planteado en la prueba, lo cual es clave para el desarrollo de la habilidad de pensamiento crítico en situaciones complejas como la corrosión.

Con relación al trabajo práctico de laboratorio (TPL), corrosión



Gráfica 2. Resultados consolidados del informe del TPL, por categoría

Fuente: elaboración propia.

En la gráfica 2 se muestra un fortalecimiento en el desarrollo de la habilidad, tras la implementación del TPL. En comparación con los resultados de la prueba diagnóstica, se observa que para las tres categorías evaluadas, los profesores de Química en formación se encuentran ahora en la valoración Excelente, especialmente en el grupo de SF-I, donde se destaca que 11 se ubican en Excelente en la categoría 1, lo que se atribuye al trabajo en equipo, y 10 en Sobresaliente en la categoría 3. Un grupo de profesores en formación explica que

Desde el punto de vista termodinámico, se puede plantear que, de acuerdo con los valores de potencial de reducción estándar, la reacción es espontánea porque su energía de Gibbs es menor a cero ($\Delta G^\circ < 0$) teniendo en cuenta la relación entre ΔG y el potencial estándar de la celda ΔE , además, otra forma de predecir el comportamiento de los electrodos, es a través de los diagramas de Frost, ya que estos nos indican si una especie tiende a reducirse o a oxidarse dependiendo de la disposición de la pendiente entre especies.

Esta respuesta sugiere que la experiencia en el laboratorio permitió a los estudiantes de este grupo relacionar los conceptos teóricos con los fenómenos observados, interpretar con mayor profundidad los cambios redox y justificar la corrosión con base en los diagramas y las condiciones experimentales. Ahora bien, para el grupo

de SI-I, aunque 7 profesores en formación se mantuvieron en Aceptable, en las tres categorías, también se observa un avance, con 4 y 2 en Excelente en las categorías 2 y 3, respectivamente, lo que indica un proceso de apropiación progresiva de los conceptos.

Los informes revisados confirman estos avances: los profesores de Química en formación de ambos grupos, pero especialmente el de SF-I, reconocen variables relevantes como el PER, el tipo de metal y los efectos del ambiente, como por ejemplo cuando un grupo menciona

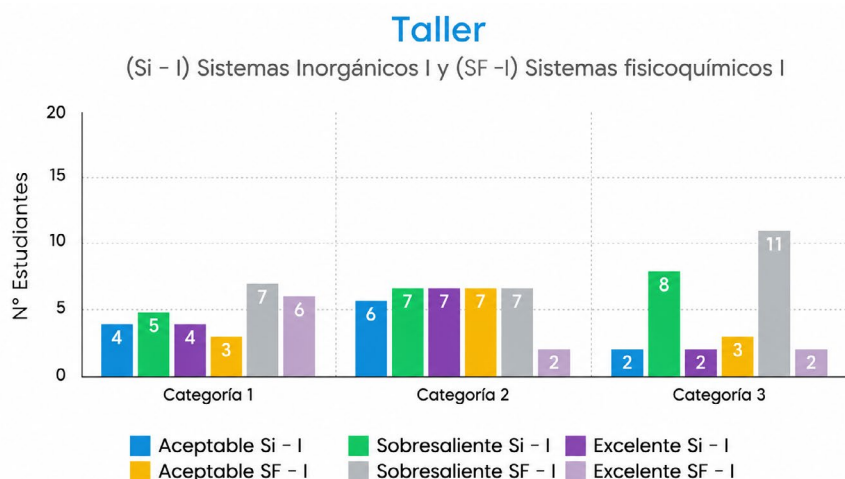
Cabe aclarar que el diagrama de Frost representa gráficamente la estabilidad relativa de diferentes estados de oxidación de una especie química, dependiendo del medio en el que se encuentre. De este modo, este diagrama ayuda a predecir la espontaneidad de las reacciones de tipo redox.

Esto muestra que logran relacionarlos con los cambios visuales observados durante la práctica. Ambos grupos comprenden qué especie se oxida o reduce y logran justificar los procesos con base en los diagramas de Latimer y Frost, lo que refleja un mejor uso del lenguaje científico, al plantear las ecuaciones químicas implicadas en las celdas de corrosión, identificar los electrodos y reconocer las propiedades químicas de los diferentes electrolitos. También se identifican explicaciones sobre el impacto de factores como la salinidad y el tipo de metal

en la velocidad de corrosión. Sin embargo, para el grupo de SI-I persisten dificultades para justificar completamente las propuestas o relacionarlas de forma coherente con las variables experimentales con los datos termodinámicos. En síntesis, los datos muestran que la actividad experimental facilitó la

comprensión de los procesos de corrosión desde una perspectiva científica aplicada, lo que permitió a los participantes progresar en su habilidad crítica y propositiva, especialmente al enfrentarse a situaciones contextualizadas y basadas en la observación directa.

Con relación al taller en donde se abordaron siete contextos asociados a la corrosión



Gráfica 3. Resultados consolidados del taller, por categoría

Fuente: elaboración propia.

Los resultados consolidados en la gráfica 3, a partir del taller aplicado permiten identificar diferencias relevantes entre los dos espacios en cuanto al desarrollo de la habilidad de pensamiento crítico, solución de problemas. Como se puede apreciar en la gráfica 3 para la categoría 1, relacionada con el análisis del fenómeno de corrosión en contextos reales, 6 profesores de Química en formación del grupo de SF-I se ubicaron en Excelente en comparación con los 4 estudiantes del grupo de SI-I.

Este hallazgo indica una mejor apropiación del fenómeno contextualizado y su explicación con términos químicos por parte de los estudiantes de SF-I. Con respecto al grupo de SI-I se evidencia que describen el fenómeno sin una comprensión fundamentada o sin integrar adecuadamente los conceptos involucrados; por ejemplo, uno de los grupos mencionó que

Es mejor disolverlo como ion dado que este presenta valores menores en

($\Delta G^\circ/F$) y teniendo en cuenta esto, es mejor buscar siempre las especies más estables en ese estado de oxidación; evaluando así mismo las condiciones ambientales para determinar qué tipo de ion usar reconociendo que el uso de vanadio metálico resultaría perjudicial si no se estudia antes el medio.

Esto permite interpretar que los estudiantes comprenden el concepto de la energía de Gibbs y de estabilidad, sin embargo, no logran relacionarlo con la información presentada en los diagramas de Latimer y Frost, mientras que en SF-I la mayoría logra interpretar el problema.

Para la categoría 2, centrada en la interpretación de los diagramas de Latimer y Frost, ambos grupos mostraron avances hacia valoraciones en Sobresaliente y Excelente. No obstante, aún se encuentran dificultades en 9 grupos para justificar plenamente las tendencias redox y distinguir entre dismutación y coproporción. A pesar de esto, es destacable que en ambos espacios los profesores de Química en formación son capaces de establecer interpretaciones razonables desde los diagramas, lo que indica un buen dominio de la representación y análisis de especies químicas en términos redox.

Finalmente, en la categoría 3, que evalúa la capacidad de proponer soluciones fundamentadas a partir de los datos interpretados, se observa que para los dos grupos la mayoría de los profesores en

formación alcanzan la valoración Sobresaliente, 12 y 8 para los grupos de SF-I y SI-I, respectivamente. Las respuestas muestran que, si bien los profesores de Química en formación de ambos grupos pueden interpretar los diagramas y comprender el comportamiento redox de las especies, en SF-I existe una mayor capacidad para relacionar estos conocimientos con la formulación de estrategias viables y bien justificadas para mitigar la corrosión. Prueba de ello es la respuesta de uno de los grupos de trabajo que respondió

A partir del diagrama de Frost y de la literatura se obtiene que es más favorable que el titanio se disuelva como ion a mantenerse como metal, ya que posee una (Montero, 2016) alta afinidad con el oxígeno gaseoso haciendo que reaccione elevadamente lo que hace que se contamine con otros materiales al contacto y por esta razón el titanio suele formar una capa superficial de óxido de forma rápida (forma una capa pasiva de TiO_2), que otorga al material de una característica impermeable y protectora, que evita el continuo deterioro a formas solubles.

Esto puede atribuirse a una mayor familiaridad con el enfoque termodinámico aplicado a problemas reales, así como a la interpretación de los diagramas de Latimer y Frost para comprender el proceso de la corrosión al que se enfrentan, lo cual refleja el desarrollo de un pensamiento crítico más consistente en este grupo.

Conclusiones

La construcción e interpretación de los diagramas de Latimer y Frost favoreció significativamente el desarrollo de la habilidad de pensamiento crítico, solución de problemas en los profesores de Química en formación, especialmente cuando se trabaja a partir de situaciones contextualizadas al fenómeno de la corrosión. A lo largo de las actividades propuestas, los profesores en formación mostraron progresos en su capacidad para analizar fenómenos reales, interpretar datos termodinámicos y formular respuestas argumentadas y coherentes con base en las representaciones gráficas de las tendencias redox de las especies. Este desarrollo se observó con mayor claridad en el grupo de SF-I, que alcanzó niveles de desempeño superiores en las tres categorías evaluadas, lo que refleja un dominio en la articulación entre teoría, representación gráfica y análisis contextual.

Por otro lado, aunque el grupo de SI-I mostró avances a lo largo de los tres instrumentos aplicados, sus respuestas revelaron una comprensión parcial del fenómeno, con dificultades persistentes para integrar de manera argumentada conceptos como potencial estándar de reducción, energía de Gibbs y estabilidad química en las condiciones reales planteadas. Sin embargo, ambos grupos lograron interpretar los diagramas y reconocer su utilidad para comprender las tendencias redox; esto demostró que la mediación con diagramas

de Latimer y Frost, al estar vinculada a contextos reales de corrosión, no solo permite una apropiación conceptual, sino que también estimula en los futuros docentes una actitud científica reflexiva y propositiva, fundamental para su ejercicio profesional.

Además, se identificó que las estrategias de solución de problemas que emplean los profesores en formación parten del reconocimiento del contexto de la corrosión, al caracterizar el agente y los ambientes corrosivos (salinidad, efecto del pH); al establecer relaciones significativas al interpretar y construir los diagramas para predecir el comportamiento redox, la estabilidad, reactividad y predominancia de un metal en un determinado ambiente y al proponer soluciones fundamentadas para la mitigación del fenómeno de la corrosión desde estas estrategias.

Referencias

- Albertos, D. (2015). Diseño, aplicación y evaluación de un programa educativo basado en la competencia científica para el desarrollo del pensamiento crítico en alumnos de educación secundaria [Tesis de doctorado, Universidad Autónoma de Madrid]. https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/668574/albertos_gomez_daniel.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Bezanilla, M. J., Poblete, M., Fernández, D., Arranz, S. y Campo, L. (2018). El pensamiento crítico desde la perspectiva

de los docentes universitarios. *Estudios Pedagógicos XLIV*, 44(1), 89-113. <https://www.scielo.cl/pdf/estped/v44n1/0718-0705-estped-44-01-00089.pdf>

Bilbao, A., González, X., Barandiaran, M., Barrenetxea, M., Cardona, A. y Mijangos, J. J. (2021). *Aprendizaje basado en retos: Menú sostenible*. *Conference Proceedings Civinedu*. 108-114. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8362919>

Halpern, D. (2006). Halpern critical thinking assessment using everyday situations: Background and scoring standards (2 Report). [manuscrito inédito]. Claremont McKenna College. <https://psycnet.apa.org/doiLanding?doi=10.1037%2F10940-000>

Los alimentos orgánicos y transgénicos desde la bioquímica

About Organic and Transgenic Foods from the Perspective of Biochemistry

Laura Catalina Pineda Hernández¹ 

Cómo citar este artículo:

Pineda Hernández, L. C. (2026). Los alimentos orgánicos y transgénicos desde la bioquímica. *Boletín P.P.D.Q.*, (73), 57-67.

Resumen

El presente proyecto tuvo como propósito y finalidad abordar el tema de los alimentos orgánicos y transgénicos como medio para comprender cómo han ido cambiando a nivel biológico y químico con respecto al tiempo, así mismo, conocer sus ventajas e importancia en el cuerpo humano. En este contexto se realizó una corta investigación para responder a la pregunta: ¿De qué manera la contextualización, teniendo en cuenta la bioquímica de los alimentos orgánicos y transgénicos, contribuye a la reducción de residuos alimentarios en el almuerzo y refrigerio de los estudiantes de grado noveno del Colegio Externado Nacional Camilo Torres?

El proyecto desarrollado contempla la aplicación de dos pruebas de conocimiento, una de entrada y una de salida, con el objetivo de identificar los conocimientos previos y las vivencias que tuvieron respecto a la temática. El desarrollo y la

¹ Profesora en formación, Departamento de Química, Universidad Pedagógica Nacional. lcppedah@upn.edu.co.

implementación del proyecto estuvieron orientados por un enfoque CTSA (Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente), y se llevó a cabo por medio de sesiones de clase en las que se abordaron los conceptos de alimentos orgánicos y transgénicos, así como la importancia de dichos alimentos y su relación con la extinción de alimentos. Por otra parte, se llevó a cabo un corto taller donde los estudiantes podían relacionar sus conocimientos con el problema de residuos en hora del almuerzo del colegio.

Palabras clave

alimentos orgánicos; transgénicos; genética; bioquímica

Abstract

The purpose and objective of this project was to address the topic of organic and genetically modified foods as a means of understanding how they have changed biologically and chemically over time, as well as their benefits and importance for the human body. In this context, a short study was conducted to answer the question: How does contextualizing organic and genetically modified foods, considering biochemistry, contribute to reducing food waste in the lunch and snack meals of eighth-grade students at Camilo Torres National Externado School?

The project involved administering two knowledge tests, an entry and exit one, with the aim of identifying students' prior knowledge and experiences regarding the topic. The project's development and implementation were oriented toward a CTSA (Science, Technology, Society, and Environment) approach and were carried out through class sessions in which the concepts of organic and genetically modified foods were addressed, as well as the importance of these foods and their relationship to food extinction. In addition, a short workshop was held where students could relate their knowledge to the problem of waste during school lunchtime.

Keywords

organic foods; genetically modified foods; genetics; biochemistry

Introducción

Desde la existencia de los seres vivos el alimento siempre ha sido fundamental para la supervivencia en el planeta tierra; asimismo, los seres humanos buscaban las formas de conseguir dicho alimento, ya fuera cazando o recolectando plantas, cereales, verduras u obteniendo los productos lácteos como la leche de las cabras, vacas u ovejas. Con el curso del tiempo, fue necesario sembrar más alimento a medida que la población mundial iba aumentando. Así se ha afirmado en un artículo publicado por Divulgación CIMMYT:

Dar de comer a 9700 millones de personas cuando las tierras cultivables disminuyen y el cambio climático afecta directamente a la agricultura no será sencillo. [...] se prevé que el nivel de urbanización será de casi un 70 % en 2050— con tierras desgastadas debido a décadas de prácticas agrícolas insostenibles y una población envejecida que supone un reto adicional para los sistemas sanitarios, económicos y agroalimentarios, pues también las dietas se transforman en función de la dinámica poblacional (2021).

Cabe mencionar que la industria alimentaria ha afrontado diferentes desafíos en torno a la seguridad alimentaria para una población creciente, como lo afirma la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura:

Para conseguir tales niveles de disponibilidad de alimentos, los países pueden bien aumentar la producción, bien aumentar las importaciones netas de alimentos, o una combinación de ambas opciones. De acuerdo con las proyecciones a largo plazo de la FAO hasta 2050, se prevé que el grupo actual de los países en desarrollo genere la mayor parte del incremento del consumo previsto mediante la expansión de su propia producción (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2009).

Dichos cambios y aumentos poblacionales dieron cabida a investigaciones en torno a la industria de alimentos, que generaron y propusieron ideas y proyectos que igualaran o complementaran las características, composiciones y estructuras de los alimentos que ya son orgánicos. Cabe mencionar que este cambio o el proceso que se ha venido evidenciando no solo responde a la necesidad productiva, sino que también ha implicado la transformación a nivel genético y químico de los alimentos. Asimismo, el impacto que ha tenido en la salud, el ambiente y la economía “la inclusión de alimentos genéticamente modificados con mejores propiedades funcionales y nutricionales en el menú popular proporcionarían una alta contribución para la salud y prevención de enfermedades” (Beraldo dos Santos Silva *et al.*, 2012).

Ahora bien, todos los alimentos orgánicos cuentan con beneficios para el cuerpo humano, debido a las proteínas, vitaminas y componentes. Siendo el alimento lo más importante para la vida y salud de las personas, es necesario indicar que los alimentos transgénicos también cuentan con beneficios o son seguros para los seres vivos, como lo afirma la FAO: “Los cultivos transgénicos actualmente disponibles y los alimentos de ellos derivados han sido considerados seguros para su consumo y los métodos utilizados para probar su inocuidad se han considerado apropiados” (2004).

El trabajo realizado consistió en analizar cómo la comprensión bioquímica y la apropiación sobre aquellos alimentos extintos pudo fomentar en estudiantes de grado noveno del Colegio Externado Nacional Camilo Torres, la concientización sobre aquella reducción de residuos alimentarios durante espacios como el refrigerio y almuerzo.

En el Colegio Externado Nacional Camilo Torres se hizo evidente una problemática de todos los estudiantes: el desperdicio de alimentos, en especial cuando se les entrega el refrigerio o almuerzo. Esto se ha relacionado con la falta de conocimientos sobre el origen, su valor nutricional, su importancia, así como la producción de los alimentos que consumen los estudiantes. Por ende, se explicó acerca de los aportes de la bioquímica para comprender dicha estructura, su

origen y modificación de los alimentos, así como la posible relación que hay en la extinción de ciertos alimentos. De igual manera, el enfoque del anteproyecto Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente (CTSA), que se centra en “el desarrollo de la cultura científica en los estudiantes, preparándolos para el ejercicio de una ciudadanía activa y consciente” (Fernandes *et al.*, 2014, p. 1).

Por otra parte, se han realizado diferentes investigaciones sobre los beneficios de los alimentos orgánicos y transgénicos, sobre el contenido de nutrientes que estos tienen, los riesgos y los beneficios que tienen en la salud de las personas, como la de Erazo-Morales y Esteves-Fajardo (2023), quienes abordaron el tema de “Alimentos transgénicos y su contenido nutricional”, o el de Triana Fernandez *et al.* (2024), sobre “Perspectivas de los cultivos transgénicos y su aporte en la agricultura” (p. 1).

Metodología

El presente proyecto se realizó con la población de grados noveno (cursos 901 y 902) del Colegio Externado Nacional Camilo Torres, ubicado en la localidad de Santa Fe, en el barrio La Merced, estrato 3, aunque la población estudiantil proviene de estratos 1, 2, 3 y 4. Se trata de un colegio público. Las edades de los participantes se encuentran entre los 14 y los 16 años aproximadamente. Ahora bien, la propuesta tuvo un enfoque constructivista de carácter cualitativo, estuvo orientado a

la concientización desde la teoría, como un corto taller de los estudiantes, frente al consumo de los alimentos que reciben en sus espacios escolares.

Se puso en marcha el proyecto teniendo en cuenta las siguientes fases con el cronograma que se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Fases para implementar la propuesta

	Fase	Descripción
1	Prueba de entrada	La prueba consta de 5 preguntas cerradas, que darán validez sobre los conocimientos iniciales de los estudiantes en torno al tema de los alimentos orgánicos y transgénicos.
2	Sesión 1. Sobre los alimentos orgánicos	En la primera sesión, se explicó la función de los alimentos orgánicos y transgénicos, su importancia para la salud y sus beneficios. Se habló sobre alimentos como la carne, los tomates, el arroz, el maíz, la leche, el café y las uvas. En ella se explicó la química de los alimentos y, cuando fue necesario, la extinción de algunas especies.
5	Sesión 2. Taller y exposición	Durante la segunda sesión, los estudiantes realizaron un taller para aplicar aquellos conocimientos y sustentarlos en la clase. Esta fue la manera de relacionar lo que ya conocían (experiencias) con lo que aprendieron.
6	Prueba de salida	Finalmente, se realizó una actividad de salida.

Fuente: elaboración propia.

La prueba de entrada tuvo como objetivo detallar los conocimientos, percepciones y experiencias de los estudiantes del curso del grado noveno respecto a los alimentos orgánicos y transgénicos, con el fin de reconocer aquellos saberes iniciales y así orientar las estrategias pedagógicas durante el desarrollo del proyecto de práctica. La prueba constó de preguntas sobre

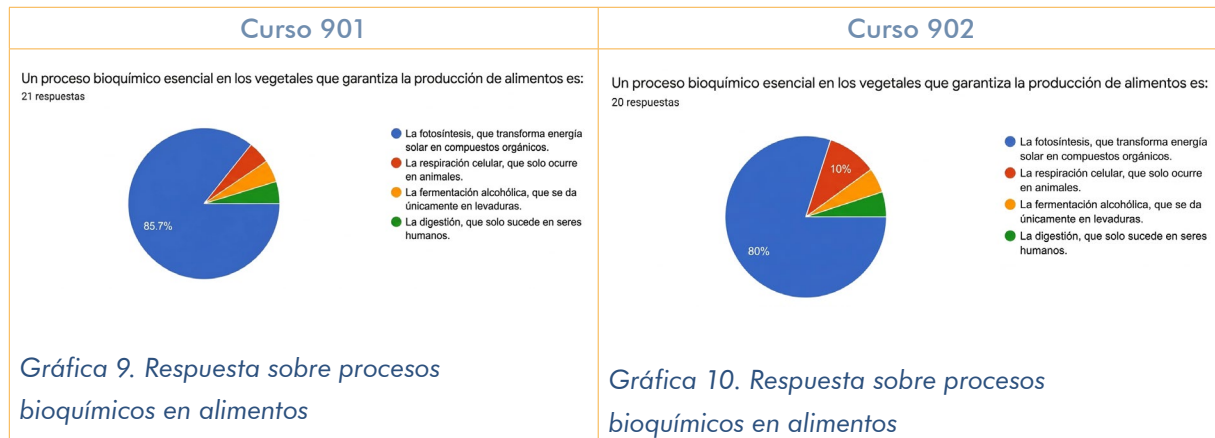
los alimentos orgánicos, transgénicos, procesos bioquímicos fundamentales y componentes nutricionales esenciales.

Resultados

Durante la prueba de entrada los estudiantes de grado noveno tuvieron los siguientes resultados comparativos entre los cursos 901 y 902.

Tabla 2. Resultados prueba de entrada

Curso 901	Curso 902
Los alimentos orgánicos se caracterizan principalmente por: 21 respuestas ● Se cultivan sin emplear pesticidas o fertilizantes químicos. ● Son modificados genéticamente para resistir plagas. ● Siempre tienen más vitaminas que los alimentos transgénicos. ● Solo se producen en países desarrollados. Gráfica 1. Respuesta pregunta sobre alimentos orgánicos	Los alimentos orgánicos se caracterizan principalmente por: 20 respuestas ● Se cultivan sin emplear pesticidas o fertilizantes químicos. ● Son modificados genéticamente para resistir plagas. ● Siempre tienen más vitaminas que los alimentos transgénicos. ● Solo se producen en países desarrollados. Gráfica 2. Respuesta pregunta sobre alimentos orgánicos
Un alimento transgénico es aquel que: 21 respuestas ● Se cultiva únicamente de manera artesanal. ● Contiene genes de otra especie para mejorar sus características. ● No puede ser consumido por seres vivos. ● Siempre provoca enfermedades. Gráfica 3. Respuesta pregunta sobre alimentos inorgánicos	Un alimento transgénico es aquel que: 21 respuestas ● Se cultiva únicamente de manera artesanal. ● Contiene genes de otra especie para mejorar sus características. ● No puede ser consumido por seres vivos. ● Siempre provoca enfermedades. Gráfica 4. Respuesta pregunta sobre alimentos inorgánicos
La extinción de especies de plantas cultivables puede afectar la alimentación humana por qué: 21 respuestas ● Disminuye la variedad genética y la posibilidad de obtener nutrientes diversos. ● No tiene ninguna relación con lo que comemos. ● Los alimentos orgánicos se vuelven transgénicos automáticamente. ● El cuerpo humano se adapta y no necesita variedad de alimentos. Gráfica 5. Respuesta sobre extinción de plantas cultivables	La extinción de especies de plantas cultivables puede afectar la alimentación humana por qué: 20 respuestas ● Disminuye la variedad genética y la posibilidad de obtener nutrientes diversos. ● No tiene ninguna relación con lo que comemos. ● Los alimentos orgánicos se vuelven transgénicos automáticamente. ● El cuerpo humano se adapta y no necesita variedad de alimentos. Gráfica 6. Respuesta sobre extinción de plantas cultivables
Las proteínas, carbohidratos y lípidos presentes en los alimentos son importantes porque: 21 respuestas ● Son las principales moléculas que aportan energía y estructuras al cuerpo. ● Solo sirven para darle sabor a los alimentos. ● No tienen relación con la salud humana. ● Existen únicamente en los alimentos transgénicos. Gráfica 7. Respuesta importancia de los carbohidratos, los lípidos y las proteínas	Las proteínas, carbohidratos y lípidos presentes en los alimentos son importantes porque: 20 respuestas ● Son las principales moléculas que aportan energía y estructuras al cuerpo. ● Solo sirven para darle sabor a los alimentos. ● No tienen relación con la salud humana. ● Existen únicamente en los alimentos transgénicos. Gráfica 8. Respuesta importancia de los carbohidratos, los lípidos y las proteínas



Fuente: elaboración propia.

Durante las implementaciones teóricas de los conceptos sobre alimentos orgánicos e inorgánicos, los estudiantes participaron activamente, indicando preguntas y comentarios sobre los aspectos biológico, químico y, sobre todo, social de los alimentos. Algunos aportes de los estudiantes fueron: “¿Los alimentos transgénicos no se cultivan con fertilizantes?” “Los alimentos transgénicos no aportan nutrientes o beneficios para el cuerpo porque solo tienen químicos”, “Estados Unidos es el país que más tiene cultivos transgénicos y por eso las personas se engordan más rápido”. Esto representa que los estudiantes han tenido experiencias o conocimientos previos sobre los alimentos orgánicos y transgénicos, pero en algunos casos sigue la confusión entre términos como *orgánico* y *natural*, o las ventajas y desventajas de los alimentos transgénicos.

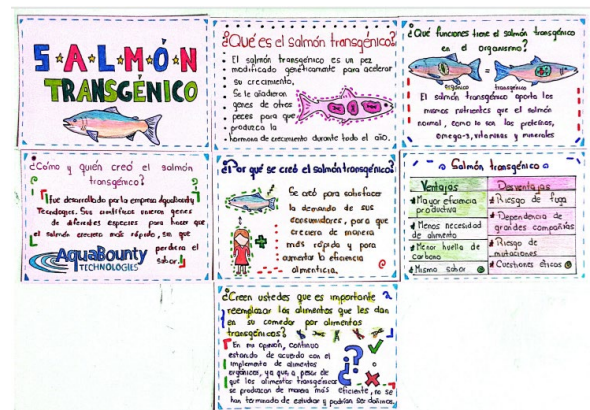


Figura 1. Animal transgénico: salmón

Fuente: elaboración propia.



Figura 2. Frizos animal transgénico

Fuente: elaboración propia.

Los estudiantes realizaron una actividad en la cual seleccionaban un animal, lo definían de acuerdo con el grupo de alimentos transgénicos, para finalmente dar una reflexión sobre si era pertinente incorporar este tipo de alimentos a la dieta que repartía el colegio en sus alimentaciones básicas, como refrigerio y almuerzo. Por otra parte, algunos estudiantes de los cursos 901 y 902 afirman que el desperdicio de los alimentos se concentra principalmente en los cursos de primaria, porque los niños están muy llenos y no les gusta el sabor. Una estrategia que ellos podrían implementar es realizar charlas para que haya una concientización sobre lo que se está ingiriendo.

Por otra parte, durante la sustentación del trabajo, se les preguntó a los estudiantes qué estrategia pondrían en marcha para reducir los residuos que se generan del almuerzo o del refrigerio? A lo que ellos respondieron:

“Primero, profe, hay que tener en cuenta que la razón por la cual todos llegamos a tirar la comida es porque la papa es cruda, [sic] el arroz no lo dejan cocinar bien, los alimentos son sin sal, y las presentaciones son muy feas y no nos dan ganas de comer.”

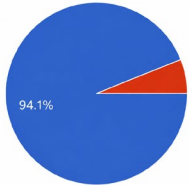
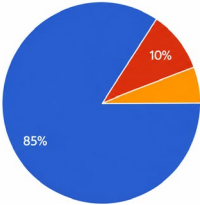
“Mi estrategia sería hablar con los estudiantes, realizar una reflexión sobre la importancia de la comida en todas sus presentaciones.”

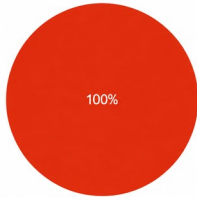
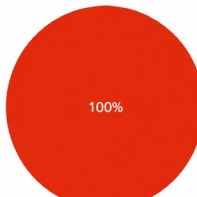
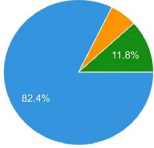
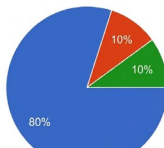
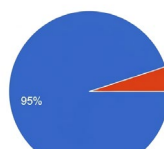
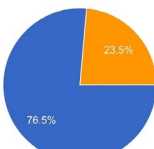
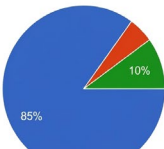
“Yo haría que los estudiantes se comieran todos los alimentos o les bajo puntos en la nota.”

“Profe es difícil tener una estrategia cuando los alimentos son crudos y el problema es de los cocineros.”

Este tipo de reflexiones de los dos cursos indica la razón principal del desperdicio de alimentos en el colegio.

Tabla 3. Resultados prueba de salida

Curso 901	Curso 902
Los alimentos orgánicos se caracterizan principalmente por: 17 respuestas  ● Se cultivan sin emplear pesticidas o fertilizantes químicos. ● Son modificados genéticamente para resistir plagas. ● Siempre tienen más vitaminas que los alimentos transgénicos. ● Solo se producen en países desarrollados. Gráfica 13. Respuesta sobre alimentos orgánicos	Los alimentos orgánicos se caracterizan principalmente por: 20 respuestas  ● Se cultivan sin emplear pesticidas o fertilizantes químicos. ● Son modificados genéticamente para resistir plagas. ● Siempre tienen más vitaminas que los alimentos transgénicos. ● Solo se producen en países desarrollados. Gráfica 14. Respuesta sobre alimentos orgánicos

Curso 901	Curso 902
Un alimento transgénico es aquel que: 17 respuestas  - Se cultiva únicamente de manera artesanal. - Contiene genes de otra especie para mejorar sus características. - No puede ser consumido por seres vivos. - Siempre provoca enfermedades.	Un alimento transgénico es aquel que: 20 respuestas  - Se cultiva únicamente de manera artesanal. - Contiene genes de otra especie para mejorar sus características. - No puede ser consumido por seres vivos. - Siempre provoca enfermedades.
Gráfica 15. Respuesta sobre alimentos transgénicos	Gráfica 16. Respuesta sobre alimentos transgénicos
La extinción de especies de plantas cultivables puede afectar la alimentación humana por qué: 17 respuestas  - Disminuye la variedad genética y la posibilidad de obtener nutrientes diversos. - No tiene ninguna relación con lo que comemos. - Los alimentos orgánicos se vuelven transgénicos automáticamente. - El cuerpo humano se adapta y no necesita variedad de alimentos.	La extinción de especies de plantas cultivables puede afectar la alimentación humana por qué: 20 respuestas  - Disminuye la variedad genética y la posibilidad de obtener nutrientes diversos. - No tiene ninguna relación con lo que comemos. - Los alimentos orgánicos se vuelven transgénicos automáticamente. - El cuerpo humano se adapta y no necesita variedad de alimentos.
Gráfica 17. Extinción de especies de plantas	Gráfica 18. Extinción de especies de plantas
Las proteínas, carbohidratos y lípidos presentes en los alimentos son importantes porque: 17 respuestas  - Son las principales moléculas que aportan energía y estructuras al cuerpo. - Solo sirven para darle sabor a los alimentos. - No tienen relación con la salud humana. - Existen únicamente en los alimentos transgénicos.	Las proteínas, carbohidratos y lípidos presentes en los alimentos son importantes porque: 20 respuestas  - Son las principales moléculas que aportan energía y estructuras al cuerpo. - Solo sirven para darle sabor a los alimentos. - No tienen relación con la salud humana. - Existen únicamente en los alimentos transgénicos.
Gráfica 19. Proteínas, carbohidratos y lípidos	Gráfica 20. Proteínas, carbohidratos y lípidos
Un proceso bioquímico esencial en los vegetales que garantiza la producción de alimentos es: 17 respuestas  - La fotosíntesis, que transforma energía solar en compuestos orgánicos. - La respiración celular, que solo ocurre en animales. - La fermentación alcohólica, que se da únicamente en levaduras. - La digestión, que solo sucede en seres humanos.	Un proceso bioquímico esencial en los vegetales que garantiza la producción de alimentos es: 20 respuestas  - La fotosíntesis, que transforma energía solar en compuestos orgánicos. - La respiración celular, que solo ocurre en animales. - La fermentación alcohólica, que se da únicamente en levaduras. - La digestión, que solo sucede en seres humanos.
Gráfica 21. Proceso bioquímico esencial en los vegetales	Gráfica 22. Proceso bioquímico esencial en los vegetales

Fuente: elaboración propia.

Discusión

Se observa un progreso significativo entre la prueba de entrada y la de salida, ya que inicialmente los estudiantes, pese a tener conocimientos o vivencias con dichos alimentos, estaban confundidos respecto a los significados de *orgánico* y *natural*, o *transgénico* y *químico*. De igual manera, se observó que había una percepción negativa sobre los alimentos transgénicos, que los asociaba erróneamente con “alimentos artificiales”, los “causales del cáncer”, entre otras apreciaciones que realizaron durante las sesiones.

Sin embargo, tras el desarrollo de las sesiones teóricas, los espacios de diálogo y reflexión, así como el taller realizado, entre el 80 % y 85 % de los estudiantes comprendieron la importancia, la base bioquímica que distingue a los alimentos orgánicos de los transgénicos, la incidencia o importancia de los alimentos, así como su extinción. De igual manera, la integración del enfoque CTSA permitió focalizar un espacio para realizar una reflexión sobre la razón y las metodologías mediante las cuales podrían reducir los residuos que salen durante el almuerzo.

El proyecto principalmente mostró que la contextualización de los temas bioquímicos a través de una situación real —como el consumo responsable y la reducción de los residuos durante el almuerzo o refrigerio— favorece el desarrollo del pensamiento crítico y científico, así como la implemen-

tación de recursos visuales, ejemplos; y el trabajo colaborativo fortaleció la participación y la comprensión significativa del contenido.

Conclusiones

Se observó un cambio favorable en las percepciones de los estudiantes, quienes pasaron de tener ideas basadas en creencias o mitos a una postura estructurada en conocimientos científicos, si bien la reflexión sobre el desperdicio de alimentos finalmente indicó que el principal problema era la deficiente cocción de los alimentos, así como la presentación de estos al servirlos. Por otra parte, las estrategias pedagógicas activas, como talleres, análisis de ejemplos y discusiones grupales, fortalecieron la comprensión teórica, la argumentación y el trabajo colectivo.

Finalmente, es necesario implementar estos proyectos en los niveles escolares de cualquier institución para fomentar aquella concientización sobre el manejo y consumo responsable de los alimentos. No obstante, se requiere más tiempo y un cronograma adecuado para implementar proyectos de este tipo con la misma comunidad educativa.

Referencias

Beraldo dos Santos Silva, D., Endres da Silva, L., do Amaral Crispim, B., Oliveira Vaini, J., Barufatti Grisolia, A. y Pires de Oliveira, K. M. (2012). Biotecnología

- aplicada a la alimentación y salud humana. *Revista Chilena de Nutrición*, 39(3), 94–98. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182012000300014>
- Divulgación-CIMMYT. (2021, 8 de noviembre). *cimmyt-Desarrollo estratégico*. <https://idp.cimmyt.org/la-produccion-de-alimentos-hacia-un-mundo-con-mas-de-9-mil-millones-de-habitantes/>
- Erazo-Morales, P. L. y Esteves-Fajardo, Z. I. (2023). Alimentos transgénicos y su contenido nutricional. *CIENCIAMATRIA: Revista Interdisciplinaria de Humanidades, Educación, Ciencia y Tecnología*, 9(1, Edición Especial), 915–927. <https://doi.org/10.35381/cm.v9i1.1108>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2004). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2003–2004: ¿Satisface la biotecnología agrícola las necesidades de los pobres?* FAO.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2009). *Cómo alimentar al mundo en 2050*. FAO. https://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/synthesis_papers/C%C3%B3mo_alimentar_al_mundo_en_2050.pdf
- Fernandes, I. M., Pires, D. M. y Villamañán, R. M. (2014). Educación científica con enfoque ciencia-tecnología-sociedad-ambiente: Construcción de un instrumento de análisis de las directrices curriculares. *Formación Universitaria*, 7(5), 23–32. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062014000500004>
- Triana Fernandez, S., Cobos Mora, F., Gómez Villalva, J. y Pérez Almeida, I. (2024). *Perspectivas de los cultivos transgénicos y su aporte en la agricultura*. *Journal of Science and Research*, 9(1), 65–79. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10463668>

Química y neurotransmisores: la metacognición para el aprendizaje en estudiantes de grado 11°

Chemistry and Neurotransmitters: Metacognition for Learning in Eleventh-Grade Students

Laura Alejandra Pinzón Hernández¹ 

Allison Dayan Puerta Oyola² 

Sara Nicolle Silva Castillo³ 

Cómo citar este artículo:

Pinzón Hernández, L. A., Puerta Oyola, A. D., Silva Castillo, S. N. (2026). Química y neurotransmisores: la metacognición para el aprendizaje en estudiantes de grado 11°. *Boletín P.P.D.Q.*, (73), 68-73.

Resumen

La transversalidad a la hora de la enseñanza en ciencias tiene un alto grado de importancia en la manera que un estudiante realiza una apropiación de conceptos. En esta línea, este artículo presenta la creación e implementación de un ambiente virtual de aprendizaje (AVA) que busca enlazar temáticas de neurociencia y química orgánica para ver los resultados de presentar herramientas de la metacognición y la metamotivación en la forma de apropiar los conceptos

1 Estudiante de Licenciatura en Química, integrante del semillero de investigación *EduQversa*. Universidad Pedagógica Nacional. lpinzh@upn.edu.co

2 Estudiante de Licenciatura en Química, integrante del semillero de investigación *EduQversa*. Universidad Pedagógica Nacional. adpuertao@upn.edu.co

3 Estudiante de Licenciatura en Química, integrante del semillero de investigación *EduQversa*. Universidad Pedagógica Nacional. snsilvac@upn.edu.co

y relacionarlos bajo la autonomía y la flexibilidad de esta modalidad de aprendizaje activo.

Palabras clave

ambiente virtual de aprendizaje; neurociencia; química orgánica; metacognición; metamotivación; aprendizaje activo

Abstract

Transversality in science education has a high degree of importance in the way a student achieves the appropriation of concepts. In this line, this article presents the creation and implementation of a virtual learning environment (VLE) that seeks to link topics of neuroscience and organic chemistry to observe the results of introducing metacognitive and metamotivational tools in how students appropriate concepts and relate them under the autonomy and flexibility of this active learning modality.

Keywords

virtual learning environment; neuroscience; organic chemistry; metacognition; metamotivation; active learning

Introducción

El aprendizaje de química orgánica presenta temáticas de difícil abordaje para los estudiantes de últimos grados de educación básica secundaria. Una de las razones principales es la falta de conexión con su entorno, la aplicación que desde la base de conocimientos de temprana construcción puede hacerse a una problemática de la vida real. Por otro lado, con el auge de la psicología cognitiva y la neurociencia han surgido aristas de gran importancia en los procesos de aprendizaje y sus diferentes estilos. Estudios científicos sobre la metacognición y la metamotivación han

permitido elaborar argumentos en relación con la importancia que tiene para los estudiantes, como responsables de sus propios procesos de aprendizaje, conocer el funcionamiento básico del cerebro y los agentes involucrados en ese proceso. Según Al-Hoorie (2024),

Los estudiantes necesitan monitorear la cantidad y calidad de sus estados motivacionales en relación con el objetivo específico que persiguen; también necesitan aprovechar los resultados de este proceso de monitoreo para seleccionar y ejecutar las estrategias que conduzcan al estado motivacional más

adecuado para una tarea determinada. Por lo tanto, el reto meta motivacional consiste en que los estudiantes comprendan que la cantidad y calidad de la motivación que mejor se adapta a una tarea futura puede ser muy diferente del estado motivacional que han aplicado previamente y que les ha resultado útil para otra tarea. (p. 51)

Al tener en cuenta el papel de la meta-motivación y la metacognición para el proceso de aprendizaje, es importante relacionar el tema de estudio, en este caso la química, con las herramientas; tratarlos como temas aislados antes que como un complemento para un proceso de aprendizaje satisfactorio, con un alto grado de autonomía y contextualizado.

La creación e implementación del ambiente virtual de aprendizaje (AVA) Polia-prendizaje tiene como objetivo dar las herramientas necesarias para que la metacognición y la metamotivación sean el impulso para integrar ambas ciencias (neurociencia y química) en la enseñanza, y que las implicaciones de una recaigan en la otra, de forma que el aprendizaje se torne como un ciclo dinámico y autónomo, al ritmo del estudiante.

Metodología

Se parte con la identificación de una problemática real en un salón de clase: los estudiantes de grados décimo y undécimo mostraban dificultades a la hora de

abordar contenidos complejos de química relacionados con los neurotransmisores. Esto hizo evidente la necesidad de crear un recurso educativo que conectara la teoría con la vida cotidiana y facilitara la comprensión de conceptos con la ayuda de herramientas tecnológicas.

Las autoras conformaron un grupo de trabajo en el que distribuyeron sus responsabilidades para tener mayor calidad en el diseño del AVA.

Se decidió enfocar el AVA en el tema de los neurotransmisores, estableciendo un recorrido de aprendizaje estructurado en tres niveles: la *temática general*, que aborda estructuras cerebrales y neuronales; la *temática específica*, centrada en la estructura, función e importancia de cada neurotransmisor; y los *temas secundarios*, que proporcionan el contexto necesario, donde se incluyen las partes del cerebro y de la neurona. La sección de contenidos se hizo considerando la progresión y la relación directa con la química, de manera que los estudiantes puedan conectar los conceptos con experiencias de su vida cotidiana. Esta metodología se abordó en estudiantes de grado undécimo, quienes ya contaban con conocimientos previos.

Para la creación del AVA se eligió la plataforma wix, por su flexibilidad y facilidad para organizar los contenidos, y se complementó con herramientas interactivas como Nearpod, Educaplay, Scratch, Blogger y X, que permiten la relación de aprendizaje, actividades interactivas, glo-

sario y un blog. Se diseñó un personaje guía, una rana llamada Capi, que acompañaba a los estudiantes durante su recorrido por el AVA, para hacer la experiencia más divertida y significativa. La estructura de contenidos tiene una progresión, desde la comprensión general del cerebro, hasta el conocimiento de neuronas y neurotransmisores y su relación con la química y la vida cotidiana.

El AVA incluyó estrategias de evaluación distribuidas en tres momentos: una *prueba diagnóstica* para identificar los conocimientos previos; actividades de *evaluación al final de cada tema* y por último una *prueba final*, que permitió establecer qué tanto aprendieron los estudiantes. Estas evaluaciones se implementaron principalmente con Educaplay y Nearpod, lo que permitió una retroalimentación y la cuantificación de los resultados.

La investigación se enmarca en la investigación aplicada, con el objetivo de brindar soluciones a la problemática identificada. La recolección de datos fue directa, mediante la observación de los estudiantes con el AVA, adoptando un enfoque explicativo para comprender los neurotransmisores. El estudio es cuantitativo, con datos primarios obtenidos directamente de los estudiantes, diacrónico para evaluar el progreso a lo largo del tiempo, experimental mediante la manipulación directa del AVA, y prospectivo, considerando los resultados posteriores a la implementación. De esta manera, el diseño transversal permitió

evaluar diferentes temáticas en el AVA, que están dentro del área educativa.

Finalmente, el AVA se diseñó a partir de la pedagogía activa mediante la *gamificación*, teniendo juegos y actividades interactivas que ayudaron a la participación y el aprendizaje. Esta combinación de diseño, contenidos y estrategias de evaluación permitió que los estudiantes comprendieran los neurotransmisores y su relación con la química, cercana a su realidad cotidiana, haciendo del AVA una herramienta efectiva para el aprendizaje.

Resultados

Se aplicaron dos evaluaciones a los estudiantes, una prueba diagnóstica antes de utilizar el AVA y una prueba final después de su implementación. El objetivo fue analizar si el uso del AVA mejoraba la comprensión de los temas relacionados con neurotransmisores y química.

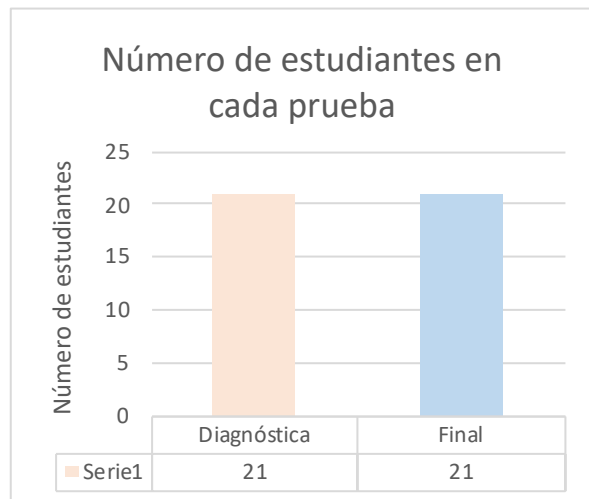
En la prueba diagnóstica participaron 21 estudiantes, y el promedio de aciertos fue del 74,29 %. En la prueba final, también con 21 estudiantes, el promedio de aciertos aumentó al 92,38 %. Esto presenta una mejora del 18,09 %, lo que indica un resultado positivo en el aprendizaje.

Tabla 1. Comparación de resultados

Prueba	No. de estudiantes	Promedio de aciertos (%)
Diagnóstica	21	74,29%
Final	21	92,38%

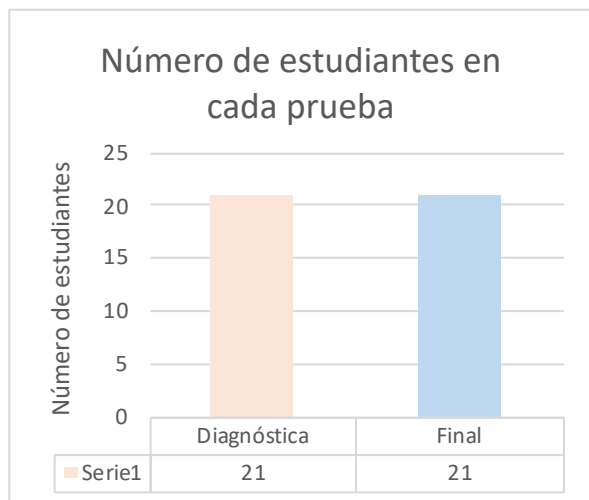
Fuente: elaboración propia.

Figura 1. Promedio de aciertos obtenidos por los estudiantes en las pruebas diagnóstica y final



Fuente: elaboración propia.

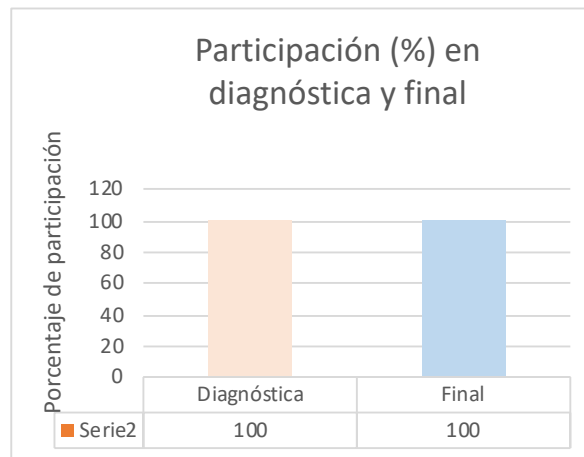
Figura 3. Número total de estudiantes participantes en cada prueba del AVA



Fuente: elaboración propia.

Los estudiantes mantuvieron una participación alta en ambas pruebas, lo cual refleja interés y compromiso.

Figura 2. Porcentaje de participación de los estudiantes en las evaluaciones aplicadas



Fuente: elaboración propia.

El incremento del promedio de aciertos demuestra que el AVA facilitó la comprensión de los contenidos, gracias a los recursos visuales, actividades dinámicas, la introducción del personaje guía y la retroalimentación inmediata.

Interpretación de los resultados

Los resultados obtenidos demuestran que el uso del AVA tuvo un impacto positivo en el aprendizaje de los estudiantes. El incremento del promedio de aciertos, que pasó de 74,29 % en la prueba diagnóstica a 92,38 % en la final, muestra que los estudiantes lograron comprender mejor los contenidos después de interactuar con el AVA.

Esta mejora puede explicarse por la manera en la que se presentaron los contenidos en el AVA. La combinación de recursos visuales, interactivos y de explicaciones pro-

gresivas facilitó la comprensión de temas que normalmente presentan un desafío para los estudiantes. Por otro lado, el uso del personaje “Capi” creó cercanía y motivación, lo cual ayudó a mantener la atención de los estudiantes durante el recorrido por las temáticas vistas. Las actividades realizadas en plataformas como Nearpod y Educaplay brindaron una retroalimentación inmediata a los estudiantes; de igual manera, se les explicaba con mayor detalle las preguntas que no entendían, esto favoreció reconocer los errores y corregirlos. Estos elementos están relacionados con la metacognición y la metamotivación, pues no solo se brindaba información, sino que también se reflexionaba frente a esta.

Es importante también reconocer que aunque los resultados finales fueron altos no todos los estudiantes alcanzaron el 100 %. Esto demuestra que aún hay diferencias en la comprensión y en la forma de aprender.

Los resultados permiten afirmar que el AVA contribuyó al aprendizaje de los estudiantes y facilitó la comprensión de contenidos relacionados con la química y los neurotransmisores. La integración de recursos digitales, gamificación y estrategias de metacognición favoreció la motivación, la participación y el rendimiento académico. Este tipo de herramientas puede seguirse aplicando y mejorando para fortalecer los procesos de enseñanza con otras áreas de conocimiento.

Conclusiones

La implementación del AVA permitió evidenciar una mejora significativa en la

comprensión de los temas relacionados con los neurotransmisores y su conexión con la química. Los resultados mostraron que al implementar herramientas tecnológicas con estrategias de metacognición y metamotivación, los estudiantes no solo aumentaron su nivel de aciertos en las evaluaciones, sino que también desarrollaron una actitud más activa y participativa frente al aprendizaje.

El diseño del AVA, apoyado con la gamificación y el acompañamiento del personaje guía “Capi”, favoreció la motivación y el interés, lo que contribuyó a que los contenidos fueran más comprensibles.

Se comprobó que la combinación entre neurociencia y química en un entorno virtual no solo favorece el aprendizaje conceptual, sino también el reconocimiento del proceso cognitivo. Aunque no todos alcanzaron un rendimiento perfecto, la mejora general demuestra que las ciencias y el uso de metodologías activas potencia el aprendizaje significativo.

Referencias

- Al-Hoorie, A. H. (2024). Metamotivation: Self-regulating task-motivation fit. *Porta Linguarum: Revista Interuniversitaria de Didáctica de las Lenguas Extranjeras*, [número extra] 9, 49-67. <https://doi.org/10.30827/portalin.vilX.29880>
- Pinzón, L., Puerta, A. y Silva, N. (2025). *Poliaprendizaje*. <https://alejandrapinzon333.wixsite.com/misitio>

<http://revistas.upn.edu.co>



UNIVERSIDAD
PEDAGÓGICA
NACIONAL