

Análisis de las estrategias de enseñanza utilizadas por docentes de educación secundaria costarricense en el tema configuración electrónica

Analysis of the teaching strategies used by middle school teachers in Costa Rica on the topic of electronic configuration

Análise das estratégias de ensino utilizadas por docentes de educação secundária costarriquenha no tema configuração eletrônica

Gilberto Piedra Marín
Universidad Nacional
Heredia, Costa Rica

gilberto.piedra.marin@una.ac.cr

 ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1332-236X>

José Pereira Chaves
Universidad Nacional
Heredia, Costa Rica

jose.pereira.chaves@una.ac.cr

 ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6056-3364>

Adrián Cervantes Altamirano
Universidad Estatal a Distancia
Pérez Zeledón, Costa Rica

acervantesa@uned.ac.cr

 ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-3026-9249>

Merilin López Rodríguez
Liceo Rural Islas del Chirripó
Sarapiquí, Costa Rica

merilin.lopez.rodriguez@mep.go.cr

 ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-5895-3535>

Recibido – Received – Recebido: 18/03/2024 Corregido – Revised – Revisado: 25/04/2024 Aceptado – Accepted – Aprovado: 29/09/2024

DOI: <https://doi.org/10.22458/ie.v27i42.5227>

URL: <https://revistas.uned.ac.cr/index.php/innovaciones/article/view/5227>

Resumen: En esta investigación se analizaron las estrategias didácticas utilizadas por las personas docentes de Química de educación secundaria en Costa Rica, al abordar el tema configuración electrónica. El estudio se desarrolló bajo un enfoque mixto con predominancia cualitativa utilizando un diseño de tipo incrustado concurrente (QUAL-cuan). La información se recolectó durante los meses de septiembre y octubre de 2021 utilizando un cuestionario dirigido a las personas docentes, una encuesta dirigida a las personas estudiantes y la técnica de grupo focal. La población estudiada incluyó a 10 personas docentes y 150 personas estudiantes de cuatro instituciones educativas públicas de Costa Rica (Liceo Fernando Volio, Liceo Laboratorio de Liberia, Liceo UNESCO y Liceo Diurno de Río Frío). Se encontró que, durante la mediación pedagógica, las personas estudiantes experimentaron estados de ánimo positivos (motivación, emoción, diversión) y negativos (tensión, confusión) que incidieron en el proceso enseñanza-aprendizaje y que un alto porcentaje de las personas estudiantes afirmó comprender el tema configuración electrónica, así como percibir el propósito de las estrategias utilizadas. Se concluyó que el dominio conceptual de las personas docentes para abordar el tema configuración electrónica fue el adecuado y que las estrategias didácticas más empleadas por las personas docentes carecían de componentes dinámicos. Adicionalmente, se concluyó que las estrategias didácticas dinámicas (uso de simuladores, aplicaciones y plataformas web, entre otros) se consideran apropiadas para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje, pero su implementación se ve limitada por la falta de capacitación y las restricciones de tiempo de las personas docentes.

Palabras claves: análisis, estrategias, enseñanza secundaria, estructura atómica

Abstract: This research analyzed the didactic strategies used by middle school education chemistry teachers in Costa Rica when addressing the topic of electronic configuration. The study was conducted under a mixed-methods approach, predominantly qualitative, using a concurrent embedded design (QUAL, quan). Information was collected during September and October 2021 using a questionnaire directed at teachers, a survey aimed at students, and the focus group technique. The studied population included 10 teachers and 150 students from four public educational institutions in Costa Rica (Liceo Fernando Volio, Liceo Laboratorio de Liberia, Liceo UNESCO, and Liceo Diurno de Río Frío). It was found that during the pedagogical mediation, students experienced positive emotional states (motivation, excitement, fun) and negative ones (tension, confusion), which affected the teaching-learning process. A high percentage of students reported understanding the topic of electronic configuration and perceived the purpose of the strategies used. It was concluded that the conceptual mastery of teachers when addressing the topic of electronic configuration was adequate and that the most commonly used didactic strategies lacked dynamic components. Additionally, it was concluded that dynamic didactic strategies (use of simulators, applications, and web platforms, among others) are considered appropriate for improving the teaching-learning process, but their implementation is limited by the lack of training and the time constraints faced by teachers.

Keywords: analysis, strategies, middle school education, atomic structure

Resumo: Nesta pesquisa, foram analisadas as estratégias didáticas utilizadas pelos professores de Química da educação secundária na Costa Rica ao abordar o tema da configuração eletrônica. O estudo foi desenvolvido sob uma abordagem mista, com predominância qualitativa, utilizando um design do tipo embutido concorrente (QUAL-cuan). As informações foram coletadas durante os meses de setembro e outubro de 2021, utilizando um questionário dirigido aos professores, uma pesquisa direcionada aos alunos e a técnica de grupo focal. A população estudada incluiu 10 professores e 150 alunos de quatro instituições públicas de ensino da Costa Rica (Liceu Fernando Volio, Liceu Laboratório de Liberia, Liceu UNESCO e Liceu Diurno de Río Frío). Constatou-se que, durante a mediação pedagógica, os alunos experimentaram estados de ânimo positivos (motivação, emoção, diversão) e negativos (tensão, confusão), que impactaram o processo de ensino-aprendizagem, e que uma alta porcentagem dos alunos afirmou compreender o tema da configuração eletrônica, além de perceber o propósito das estratégias utilizadas. Concluiu-se que o domínio conceitual dos professores para abordar o tema da configuração eletrônica foi adequado e que as estratégias didáticas mais empregadas pelos docentes careciam de componentes dinâmicos. Adicionalmente, concluiu-se que as estratégias didáticas dinâmicas (uso de simuladores, aplicativos e plataformas web, entre outros) são consideradas apropriadas para melhorar o processo de ensino-aprendizagem, mas sua implementação é limitada pela falta de capacitação e pelas restrições de tempo dos professores.

Palavras-chave: análise, estratégias, ensino secundário, estrutura atômica

INTRODUCCIÓN

Los últimos acontecimientos que han impactado a la humanidad evidencian la necesidad de promover la ciencia y la tecnología como alternativa para avanzar en el desarrollo sostenible al que se aspira (UNESCO, 2021). En esta línea de pensamiento, para promover eficazmente la educación científica a nivel nacional, se hace necesario que las personas docentes de Química, Física, Biología y Ciencias no solamente dominen los conocimientos disciplinares de cada disciplina, sino también que desarrollen las habilidades didácticas necesarias para tratar los diferentes temas de manera efectiva. Además, deben ser capaces de implementar estrategias didácticas adecuadas que orienten la educación hacia el cumplimiento de los objetivos establecidos por el Ministerio de Educación Pública (MEP) de Costa Rica, en línea con la política curricular *Educar para una Nueva Ciudadanía* (Ministerio de Educación Pública, 2017).

En el caso particular de Química, el desarrollo del contenido disciplinar se inicia a partir del conocimiento de la unidad básica fundamental de la materia: el átomo. En el periodo que va de 1890 a 1930, se desarrolló mucha investigación enfocada en elucidar el átomo y sus subpartículas. Durante este periodo, se expusieron diferentes propuestas de átomo hasta que, finalmente, la comunidad científica aceptó el modelo propuesto por el físico austriaco Erwin Rudolf Josef Alexander Schrödinger. Debido a lo anterior, el alto nivel conceptual requerido para comprender dicho modelo y la consecuente complejidad de trasladarlo a la educación secundaria hace que el tema *configuración electrónica*, derivado directamente del modelo actual del átomo, sea difícil de abordar en clase. Por lo tanto, es necesario que las personas docentes tengan un dominio disciplinario adecuado de los conceptos teóricos de la teoría atómica y que implementen estrategias didácticas efectivas para el desarrollo de este tema. En consecuencia, surgió la siguiente pregunta de investigación: ¿cómo afectan las estrategias didácticas utilizadas por las personas docentes de Química en el desarrollo de los conocimientos disciplinares de la configuración electrónica?

La más reciente actualización de los programas de estudio en las instituciones educativas bajo la jurisdicción del MEP pretende implementar una educación integral que incorpore prácticas innovadoras y dinámicas en las aulas. Para alcanzar este objetivo, las personas docentes deben planificar cuidadosamente las actividades de aula con el propósito de fomentar actitudes reflexivas y críticas en la comunidad estudiantil, abordando de manera holística los contenidos teóricos y prácticos de las asignaturas.

En este contexto, surgió la necesidad de analizar las estrategias didácticas que han venido utilizando las personas docentes de Química en el abordaje del tema configuración electrónica, con el fin de identificar aciertos y posibles oportunidades de mejora que permitan promover un aprendizaje efectivo en la población estudiantil. La elección de este tema se fundamenta en el desafío que representa la materia Química para las personas docentes y estudiantes (Programa Estado de la Nación, 2019). Además, los bajos índices de aprobación en la asignatura de Química en la educación secundaria se podrían asociar con la complejidad inherente de los aspectos conceptuales de la materia, con el uso de estrategias didácticas inadecuadas por parte de las personas docentes o con la combinación de los dos factores anteriores.

Cabe destacar que el dominio amplio y profundo de los conceptos fundamentales de la Química se hace esencial para su posterior aplicación en otros temas de la disciplina, así como en áreas afines, entre ellas, la industria alimentaria, la ingeniería, la medicina y la agricultura (Díaz et al., 2017, p. 1). Adicionalmente, se hace necesario que las personas docentes incorporen estrategias efectivas en la planificación de las actividades en el aula, con el objetivo de garantizar la adecuada comprensión de los contenidos disciplinares por parte de las personas estudiantes. De no ser así, la transmisión de nuevos lenguajes científicos y matemáticos, así como de concepciones abstractas de la asignatura, podría resultar confusa (Ordaz y Brit, 2018, p. 15).

Un ejemplo de la implementación de estrategias didácticas innovadoras es el trabajo realizado por Ruiz (2020), quien utilizó un prototipo didáctico basado en la ecuación de Schrödinger para sus cursos de química cuántica. Para recopilar la información, empleó una metodología mixta que incluyó grupos

focales y cuestionarios distribuidos a personas estudiantes de educación superior. Los resultados obtenidos mostraron que el uso de este dispositivo, diseñado e implementado con elementos de gamificación, motivó a la población estudiantil a aprender de sus errores y a buscar su propia superación, fomentando así su creatividad.

En Colombia, Quiroga (2020) desarrolló una estrategia didáctica para la enseñanza del concepto de átomo con personas estudiantes de educación primaria, utilizando la imaginación para fomentar el pensamiento abstracto. En este estudio, se aplicó un enfoque cualitativo, se registraron observaciones y diagnósticos, además, se implementó la propuesta en la población estudiantil de manera guiada. A partir de los hallazgos, se concluyó que el uso de la imaginación para construir una concepción del átomo y la materia es un recurso cognitivo significativo que involucra varios procesos, destacándose, entre ellos, la experiencia sensorial.

Por su parte, en India, Kumar (2019) propuso una estrategia didáctica que incorpora el uso del juego Young-tableaux®, similar al Tetris®, con el propósito de facilitar en las personas estudiantes la comprensión de los símbolos atómicos empleados en el desarrollo de la configuración electrónica. Los resultados mostraron que la asimilación del concepto "simetría" en el estado atómico facilitó la comprensión de otros contenidos derivados del mismo. Además, el estudio mostró que, a partir de la comprensión y aplicación de algunas reglas geométricas, la población estudiantil dedujo términos complejos como orbitales y números cuánticos.

Adhikary et al. (2015), también en India, desarrollaron un estudio sobre la configuración electrónica utilizando un enfoque basado en la memorización que consistió, primero, en agrupar la información en unidades individuales y, luego, en unidades más grandes para facilitar la retención de los contenidos disciplinares. Los resultados mostraron que esta estrategia permitió reducir en la población estudiantil la sobrecarga cognitiva asociada con el tema de la configuración electrónica.

A nivel nacional, se reportan pocas experiencias relacionadas con la enseñanza y el aprendizaje de temas químicos en la educación secundaria. Alfaro (2017) propuso una unidad didáctica para enseñar los elementos químicos que incorporaba juegos y actividades lúdicas basadas en inteligencias múltiples. Los resultados mostraron que la diversificación de estrategias y recursos didácticos en las actividades mejoró el desempeño de la población estudiantil.

En otro estudio, Leal-Aguilar et al. (2017) desarrollaron una metodología interdisciplinaria para la enseñanza de cambios físicos de la materia, reacciones químicas y otras temáticas incluidas en el programa del MEP para octavo año de Educación Diversificada. Los resultados de la investigación mostraron que el modelo tradicional es común entre las personas docentes, aunque ocasionalmente se emplea un enfoque interdisciplinario que mejora la mediación pedagógica.

Aunado a lo anterior, Navarro (2014) llevó a cabo una investigación centrada en estrategias metodológicas diseñadas para mejorar la enseñanza de los números cuánticos y la configuración electrónica en educación secundaria. Las principales conclusiones de este trabajo fueron: a) ambos temas resultan difíciles de asimilar para la población estudiantil y b) que la metodología utilizada para abordarlos no fue la más adecuada. Esto resalta la importancia de que las personas docentes se actualicen de forma permanente no solo en los contenidos disciplinares, sino también en el desarrollo de actividades didácticas dinámicas e innovadoras que faciliten el abordaje de contenidos de alta complejidad conceptual.

Seguidamente, para introducir los aspectos teóricos fundamentales, se aborda el modelo actual del átomo. La Química estudia la materia, sus propiedades y los cambios que experimenta. El concepto "materia" se refiere a todo aquello que posee masa y ocupa espacio; además, el átomo es la unidad básica fundamental de la materia y está compuesto por un núcleo (de carga positiva) y una envoltura o nube electrónica (de carga negativa). Las subpartículas protón y neutrón se encuentran en el núcleo, mientras que los electrones se distribuyen en la nube electrónica (Chang y Overby, 2019).

El físico británico Joseph John Thomson descubrió la primera subpartícula atómica que denominó *electrón* y le asignó carga de signo negativo; los electrones en el átomo se desplazan a altas velocidades y de manera aleatoria alrededor del núcleo del átomo dando origen a lo que se conoce como *nube electrónica* (Chang y Overby, 2019). Por su parte, el físico neozelandés Ernest Rutherford descubrió el *protón* al bombardear una lámina de oro con partículas alfa identificando una zona central muy densa en el átomo que denominó núcleo; el núcleo ocupa un espacio muy pequeño del átomo, pero contiene la mayor parte de su masa. Además, sugirió la existencia de otra subpartícula en el núcleo que aumentara la masa del átomo sin modificar su carga eléctrica; esta subpartícula fue finalmente descubierta en 1932 por el físico inglés James Chadwick, quien la denominó *neutrón* (Chang y Overby, 2019).

En los inicios del siglo XX, existía un consenso en la comunidad científica en lo referente a la existencia del núcleo y de la nube de electrones, pero surgieron importantes diferencias conceptuales sobre el comportamiento y la distribución de los electrones en la nube. En 1926, el físico y filósofo austriaco Erwin Rudolf Josef Alexander Schrödinger propuso un modelo que utiliza las propiedades ondulatorias de los electrones para describir su comportamiento. Los electrones son subpartículas extremadamente pequeñas que se desplazan a altísimas velocidades, por lo que no pueden ser descritos como partículas discretas con movimientos perfectamente definidos.

El modelo de Schrödinger sugiere la existencia de regiones del átomo, denominadas *orbitales*, donde existe la probabilidad (no certeza) de encontrar el electrón. De acuerdo con este modelo, cada electrón se describe mediante una función matemática llamada *ecuación de onda* que ilustra su comportamiento en un orbital (Piedra-Marín et al., 2016, p. 7). Las funciones permitidas son todas de la forma descrita mediante la igualdad 1, cuyas diferentes soluciones son identificadas con las etiquetas n, ℓ, m , que son llamadas *números cuánticos*, y que solamente adoptan números enteros.

$$\psi_{n\ell m}(r, \theta, \phi) = R_{n\ell}(r) Y_{\ell m}(\theta, \phi)$$

Tabla 1

Generación de orbitales atómicos a partir de la combinación de los números cuánticos principal (n) y momento angular (ℓ).

a) Par ordenado (n, ℓ)

	Número cuántico momento angular (ℓ)				
	0	1	2	3	4
1	(1,0)				
2	(2,0)	(2,1)			
3	(3,0)	(3,1)	(3,2)		
4	(4,0)	(4,1)	(4,2)	(4,3)	
5	(5,0)	(5,1)	(5,2)	(5,3)	(5,4)
6	(6,0)	(6,1)	(6,2)	(6,3)	(6,4)
7	(7,0)	(7,1)	(7,2)	(7,3)	(7,4)
8	(8,0)	(8,1)	(8,2)	(8,3)	(8,4)

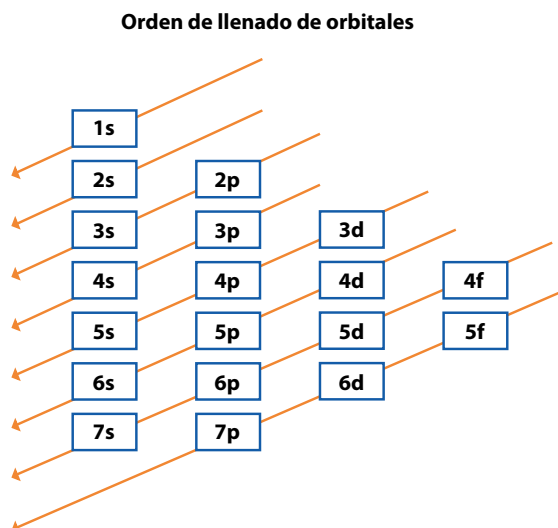
b) *Combinación número letra*

Número cuántico principal (n)	Número cuántico momento angular (ℓ)				
	s	p	d	f	g
1	1s				
2	2s	2p			
3	3s	3p	3d		
4	4s	4p	4d	4f	
5	5s	5p	5d	5f	5g
6	6s	6p	6d	6f	6g
7	7s	7p	7d	7f	7g
8	8s	8p	8d	8f	8g

Con respecto a la descripción de los orbitales atómicos, los números cuánticos n , ℓ y m son fundamentales para entender la distribución espacial de los electrones en los átomos y, en conjunto, definen un orbital atómico. El número cuántico del momento angular (ℓ) se representa mejor mediante una letra (s , p , d , f , g , h , ...) que describe el tipo de región en el que se encuentra el electrón. La tabla 1 ilustra cómo se generan los orbitales atómicos, ya sea como un par ordenado (a) o como una combinación número-letra (b).

Al profundizar en la distribución de los electrones en la nube electrónica, surge el concepto *configuración electrónica*, que básicamente se refiere a la distribución de los electrones en los diferentes orbitales atómicos. Esta distribución se basa en cuatro principios: el principio de Aufbau (construcción progresiva), el principio de exclusión de Pauli, el principio de máxima multiplicidad de Hund y la regla de Hund (Recio, 2008, p. 66). Además, en los niveles iniciales de la enseñanza de la Química, se utiliza un diagrama propuesto por el científico mexicano Jaime Keller Torres en su investigación titulada *Configuración electrónica de los átomos* (Amador, 2011, p. 3). En su trabajo, Keller Torres introdujo la *Regla de las Diagonales* para explicar la estructura electrónica de los átomos, estableciendo el orden de ocupación de electrones en un átomo como sigue: $1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 4s, 3d, 4p, 5s, 4d, 5p, 6s, 4f, 5d, 6p, 7s, 5f, \dots$, como se muestra en la figura 1.

Figura 1
Diagrama de llenado de los orbitales de conformidad con la Regla de las Diagonales.



Ahora bien, al abordar el tema configuración electrónica en el aula, no solo se requiere un conocimiento disciplinar adecuado del tema, sino que también se deben considerar las diferentes estrategias didácticas empleadas en la enseñanza de las ciencias. Como se mencionó previamente, el abordaje del modelo actual del átomo y la configuración electrónica se hace complejo a nivel de aula, ya que requiere un manejo disciplinario adecuado por parte de las personas docentes y la implementación de estrategias didácticas que tengan un impacto significativo en el aprendizaje y desarrollo de las personas estudiantes (Herrera y Villafuerte, 2023, p. 762).

Continuando con el tema de las estrategias didácticas, Ríos (2019, citado por Mendoza-Mendoza y Loo-Colamargo, 2022) las define como procedimientos mediante los cuales las personas docentes y estudiantes organizan acciones formativas para alcanzar metas en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Estas estrategias son recursos que las personas docentes pueden utilizar en el proceso de mediación pedagógica y que requieren de una planificación y organización exhaustiva para asegurarse su correcta ejecución (Cervantes-Altamirano y López-Rodríguez, 2021, p. 42), creando ambientes dinámicos y activos que fomenten el desarrollo del pensamiento científico (Mendoza-Mendoza y Loo-Colamargo, 2022, p. 871).

A través del tiempo se han desarrollado diversas estrategias útiles para el abordaje de temas científicos, entre las cuales se destacan la gamificación, la resolución de problemas, las analogías, la experimentación, los mapas conceptuales y las TIC (Cervantes-Altamirano y López-Rodríguez, 2021, p. 45). En la tabla 2, se incluye una descripción general de siete estrategias didácticas viables para el abordaje del tema de configuración electrónica.

Además, el MEP destaca la importancia de implementar estrategias didácticas en la mediación pedagógica; toda vez que estas que permiten orientar los contenidos temáticos hacia las necesidades de las personas estudiantes (Ministerio de Educación Pública, 2021). En particular, como resultado de la pandemia provocada por el virus responsable de la COVID-19, las estrategias didácticas se volvieron necesarias para cumplir con los objetivos propuestos por el MEP de manera remota, presencial o semi-presencial. Para afrontar tal situación, se requirió del máximo aprovechamiento de las TIC y los materiales didácticos, a fin de lograr los aprendizajes esperados y el desarrollo de competencias de la comunidad estudiantil (Ministerio de Educación Pública, 2021).

Otro factor importante para tomar en cuenta al abordar temas complejos en el aula es el estado emocional de las personas docentes y estudiantes. Eldar y Niv (2015, citados por Ochoa et al., 2018) señalan a partir de estudios neurofisiológicos que el estado emocional y el aprendizaje están recíprocamente condicionados, toda vez que el dominio afectivo configura al cognitivo y viceversa. Por su parte, Gu et al. (2013, citados por Ochoa et al., 2018) afirman que las emociones y los diferentes procesos cognitivos (como la memoria, la atención o la capacidad de resolver problemas) están integrados en el cerebro en áreas críticas para la regulación del flujo de información entre diferentes regiones. En ese sentido, los estados emocionales positivos, tanto de las personas docentes como de las estudiantes, pueden favorecer el aprendizaje de las ciencias y el compromiso del estudiantado en el proceso de enseñanza-aprendizaje (Mellado et al., 2014).

El aprender “ciencias” provoca sorpresa, curiosidad, gratificación, confianza y otras emociones positivas en las personas estudiantes; por otro lado, incrementa la capacidad de usar el lenguaje como instrumento para la abstracción, la comunicación y la argumentación (Mellado et al., 2014). Mega et al. (2014, citados por Ochoa et al., 2018) señalan que las emociones académicas pueden incidir sobre el aprendizaje a través del control de la atención, la motivación para aprender y la elección de las estrategias de aprendizaje, lo que refuerza la importancia de que las personas docentes elijan la estrategia didáctica óptima en función del concepto, tema o tópico por abordar en clase.

Tabla 2

Descripción de estrategias didácticas viables para el abordaje del tema configuración electrónica (Cervantes-Altamirano y López-Rodríguez, 2021, p. 45)

Estrategia didáctica	Descripción
Unidad didáctica	Es la programación y actuación docente ensamblada por un conjunto de actividades que se desarrollan en un tiempo determinado, para el alcance de objetivos (Osorio, 2005, citado por Cervantes-Altamirano y López-Rodríguez, 2021).
Resolución de problemas	Es una estrategia que brinda al estudiantado una contextualización de situaciones reales, sociales y culturales haciéndola una fuente relevante en la construcción de aprendizajes, propiciando el pensamiento científico y matemático en los estudiantes (Espinoza, 2017, citado por Cervantes-Altamirano y López-Rodríguez, 2021).
Mapa conceptual	Es una estrategia que permite fomentar la capacidad de organización y síntesis de los estudiantes. Las relaciones entre conceptos crean significados de importancia y jerarquía de los conceptos clave (Flores et al., 2017, citados por Cervantes-Altamirano y López-Rodríguez, 2021).
Gamificación	Es una estrategia de alto potencial didáctico, permite de manera dinámica y divertida, abordar conceptos de complejidad o nivel elevado de abstracción (Franco-Mariscal et al., 2018, citados por Cervantes-Altamirano y López-Rodríguez, 2021).
Analogías	Es una estrategia que vincula la cotidianidad con contenidos complejamente científicas, facilitando la comprensión de los temas creando significancia en los mismos, al intervenir en conocimientos previos de los estudiantes para relacionar situaciones cotidianas con situaciones científicas (Vásquez, 2019, citado por Cervantes-Altamirano y López-Rodríguez, 2021).
Experimentación	Es una estrategia que facilita la explicación y comprensión del mundo natural y conceptos científicos en los estudiantes mediante la acción de procesos experimentales, promueve, además, el interés científico con el uso de actividades interesantes y atractivas de carácter experimental que les permite a los estudiantes observar y analizar los fenómenos estudiados (Cázares-Méndez, 2014, citados por Cervantes-Altamirano y López-Rodríguez, 2021).
TIC	Es una estrategia que potencia la dinamización de las clases con el uso de recursos tecnológicos, la cual se puede combinar con otras estrategias generando mayor impacto en la enseñanza, además posibilita fortalecer las habilidades científicas fomentando habilidades científicas y disminuyendo la brecha digital (Gelves y Guillén, 2017, citados por Cervantes-Altamirano y López-Rodríguez, 2021).

Por lo tanto, las estrategias didácticas pueden influir tanto en los aspectos emocionales como cognitivos del proceso de enseñanza-aprendizaje. Así, el objetivo general de esta investigación es analizar cómo las estrategias didácticas utilizadas por las personas docentes de Química impactan en la generación de conocimientos disciplinarios durante la mediación pedagógica del tema de configuración electrónica. En esa línea de pensamiento, se plantearon los siguientes objetivos específicos: 1) analizar las estrategias didácticas empleadas por el personal docente de Química en el abordaje del tema de configuración electrónica y 2) relacionar dichas estrategias didácticas con los conocimientos disciplinares necesarios para la mediación pedagógica de este tema.

MATERIALES Y MÉTODOS

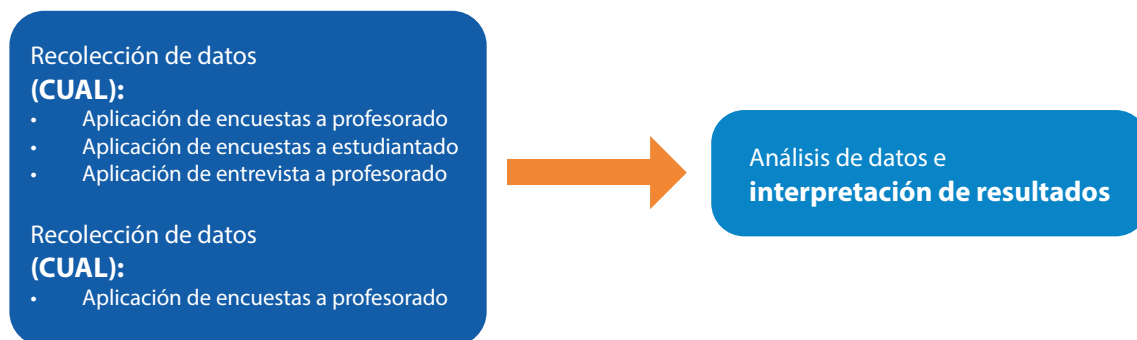
Esta investigación se enmarca en el paradigma interpretativo o naturalista, el cual se fundamenta en una teoría que reconoce la naturaleza de la realidad de manera holística, dinámica y contextualizada. Adicionalmente, el paradigma naturalista busca comprender y explicar la realidad de las personas, sus percepciones y sus acciones (Miranda y Ortiz, 2020, p. 20).

El enfoque metodológico utilizado fue mixto (CUAL-cuan) con predominancia cualitativa, que facilita el análisis investigativo al vincular ambos métodos (cualitativo y cuantitativo) generando distintas visiones o perspectivas del problema estudiado, así como ofreciendo una idea integral y holística de los resultados (Hernández-Sampieri y Mendoza-Torres, 2018, p. 614).

La investigación se desarrolló mediante un diseño anidado o incrustado concurrente de modelo dominante (DIAC) en el que se recopilan datos cualitativos y cuantitativos simultáneamente, con predominancia del método cualitativo (CUAL) y el método cuantitativo (cuan) anidado al central. El proceso de ejecución del diseño DIAC para la obtención y el análisis de datos de la investigación se describe en la figura 2.

Figura 2

Proceso de ejecución del diseño DIAC para obtención y análisis de datos de la investigación.



La población estudiada incluyó a 10 personas docentes de Química y 150 personas estudiantes de cuatro secciones de décimo año de los centros educativos Liceo Fernando Volio, Liceo Laboratorio de Liberia, Liceo UNESCO y Liceo Diurno de Río Frío (identificados como C1, C2, C3 y C4, respectivamente, en este trabajo). La muestra fue seleccionada de manera no probabilística por conveniencia considerando factores como la capacidad operativa, la disponibilidad de datos y las limitaciones derivadas de la pandemia provocada por el virus responsable de la COVID-19 (retrasos en el curso lectivo y restricciones para las visitas en las clases presenciales). Además, se eligió aleatoriamente un 10% de la población total para asegurar la representatividad, dentro de las limitaciones operativas y logísticas del estudio, lo que equivale a una muestra de 4 personas docentes de Química y 16 personas estudiantes de décimo año, distribuidas equitativamente en las cuatro instituciones. Finalmente, se determinó que el tamaño de muestra permitía obtener resultados representativos y generalizables, sin comprometer la validez del estudio.

La información fue recolectada durante los meses de septiembre y octubre del año 2021. Para la recopilación de los datos, se utilizaron tres instrumentos: a) un cuestionario dirigido a las personas docentes de Química, b) una encuesta dirigida a la población estudiantil y c) una entrevista semiestructurada diseñada para un grupo focal constituido por cuatro personas docentes. El cuestionario dirigido a las personas docentes se compartió a través de la herramienta Google Forms®, para lo cual se les hizo llegar el enlace correspondiente.

Este cuestionario constaba de tres secciones: la primera incluyó diez preguntas de respuesta única relacionadas con los conceptos básicos que se consideraban necesarios para abordar el tema configuración electrónica, así como las estrategias didácticas empleadas. La segunda sección consistió en una escala tipo Likert de cuatro ítems y cuatro preguntas específicas con las que se buscaba evaluar la frecuencia con que se introducen los principios de la mecánica ondulatoria al abordar el tema configuración electrónica y la forma con que se introducen tales principios. Finalmente, la tercera parte del cuestionario contuvo preguntas abiertas donde las personas docentes podían escribir conceptos disciplinares sobre la temática. Por su parte, en la entrevista diseñada para el grupo focal, se utilizaron preguntas predefinidas, tanto cerradas como abiertas, que facilitaban la recolección de datos y simultáneamente aportaban flexibilidad para la exploración de temas emergentes.

Los instrumentos utilizados para la recolección de datos fueron validados por personas especialistas de la Universidad Estatal a Distancia (UNED) de Costa Rica y de la Universidad Nacional (UNA) de Costa Rica. Esta validación se basó en diferentes criterios como la pertinencia del contenido de los enunciados, la contextualización de las preguntas para la población objetivo, la claridad de las preguntas, así como su coherencia con los objetivos de investigación y las categorías de análisis, entre otros.

Para el análisis de la información obtenida a partir de la encuesta dirigida a las personas docentes, se empleó estadística descriptiva y se crearon figuras e infografías ilustrativas que facilitaron la interpretación de los datos. Por su parte, a fin de analizar la información proveniente de la encuesta dirigida a la población estudiantil, se utilizaron infografías y gráficos; adicionalmente, los datos obtenidos se emplearon en una triangulación con los resultados de la consulta al personal docente. La información obtenida a partir de la entrevista diseñada para el grupo focal fue codificada mediante un sistema de códigos alfanuméricos asignados a cada participante, garantizando así una organización y categorización efectiva de los datos.

En una primera etapa, se sintetizó la información en cuadros sinópticos que resumían los resultados de las estrategias didácticas empleadas por las personas docentes, la experiencia de las personas docentes con su uso, los contenidos disciplinares abordados, la percepción de las personas estudiantes y la metodología utilizada. Posteriormente, se realizó un análisis integral de la información combinándola con los resultados de los otros dos instrumentos, con el objetivo de evaluar de manera exhaustiva la aplicación de las estrategias didácticas en la enseñanza del tema de configuración electrónica.

Por otra parte, para garantizar la confidencialidad de la población participante, se emplearon seudónimos y se eliminaron identificadores personales durante el proceso de transcripción y análisis. Además, se tomaron medidas adicionales como el almacenamiento seguro de los datos y la realización de acuerdos verbales para garantizar el anonimato. La población participante fue informada con respecto a los objetivos de la investigación, sus derechos y deberes como fuentes de información y la voluntariedad de su participación, por lo que se obtuvo su consentimiento informado.

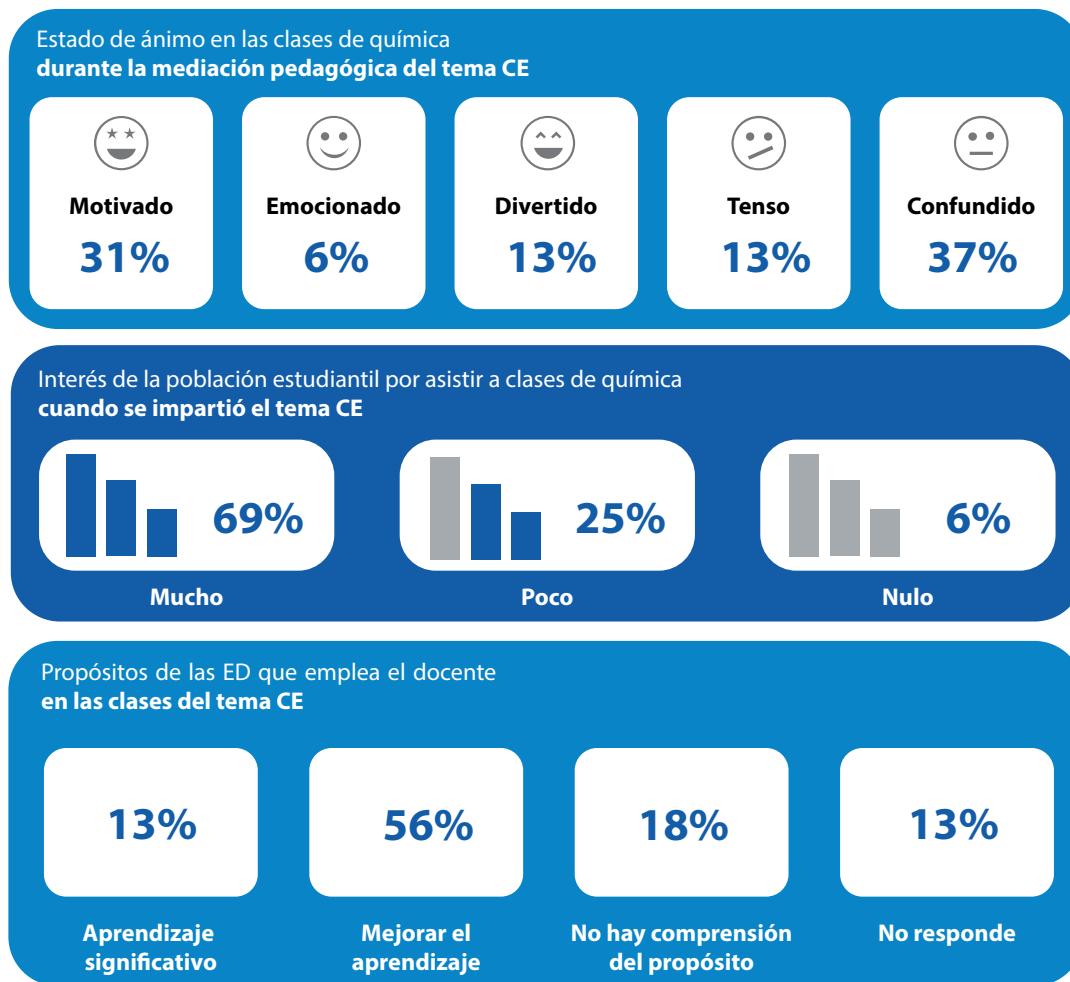
DISCUSIÓN DE RESULTADOS

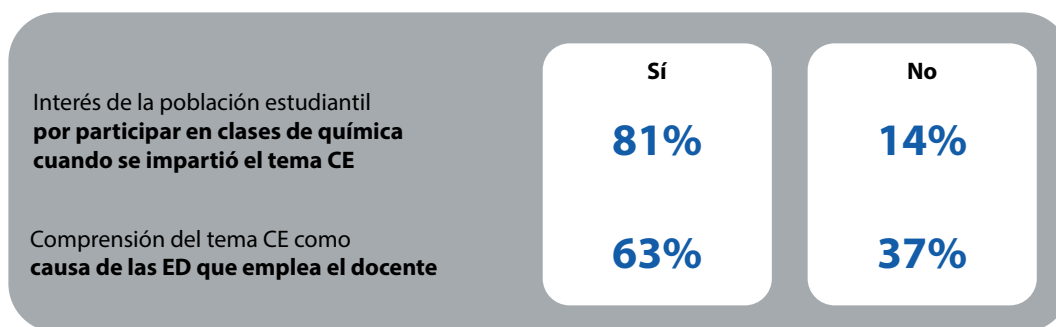
Los resultados de este estudio muestran que el mayor porcentaje de la población estudiantil afirma comprender el tema configuración electrónica; adicionalmente, dicha población aseveró que las estrategias didácticas utilizadas por las personas docentes les permitieron adquirir los diferentes aspectos conceptuales del modelo del átomo y de la configuración electrónica. No obstante, una fracción menor de la población estudiantil aseveró que las intenciones de las actividades didácticas propuestas por las personas docentes no estaban claras y que no lograron facilitar los diferentes conocimientos disciplinares del tema. A continuación, se presentan los principales resultados de la investigación en función de las categorías de estudio.

En la figura 3, se muestran los resultados de la percepción estudiantil con respecto a las estrategias didácticas utilizadas por las personas docentes. Primeramente, se muestra que, durante la mediación pedagógica del tema configuración electrónica, se presentaron estados de ánimo positivos (motivación (31%), emoción (6%) y diversión (13%)) y negativos (confusión (37%) y tensión (13%)) en la comunidad estudiantil. Al respecto, Zapata (2016, p. 112) afirma que algunos contenidos de Química por su complejidad se vuelven tediosos para quien los aprende, generando estados emocionales vagamente positivos.

Figura 3

Percepción estudiantil del tema configuración electrónica como resultado de las estrategias didácticas.





CE: Configuración Electrónica
ED: Estrategias Didácticas

n= 16 estudiantes

En concordancia con la figura 3, mencionan las personas informantes del grupo focal que:

"[...] Los estudiantes presentan frustración y desánimo porque les cuesta reconocer la practicidad del tema, no se emocionan ni le toman cariño a la configuración electrónica, se lleva mucho tiempo en hacer que la parte emocional vaya de la mano con el aprendizaje".

Adicionalmente, la pandemia provocada por el virus responsable de la COVID-19 provocó que las personas estudiantes experimentaran confusión, tensión e incluso miedo debido a las dificultades y limitaciones de la educación a distancia (Fernández, 2021, p. 29). Durante este periodo, la comunidad educativa en general no se encontraba preparada para el cambio de educación presencial a remota (Programa Estado de la Nación, 2021) y cuando se alteró el ambiente normal de aprendizaje, la población estudiantil no contó con las mismas condiciones y oportunidades de acceso a los recursos tecnológicos requeridos para la educación remota.

En ese sentido, afirma el grupo focal que, durante el cambio del entorno (de presencial a virtual):

"[...] Es difícil implementar estrategias al trabajar en las nuevas modalidades, en la virtualidad por ejemplo, los estudiantes nada más ingresan, pero no hay participación, si se les pregunta no responden, se explica la materia y ellos se mantienen callados, no da tiempo de hacer ninguna actividad, si se les deja trabajo de clase, son muy pocos los que lo entregan".

La falta de interés puede provocar en las personas estudiantes la ausencia de compromiso, el desgano para participar activamente en clase y la pérdida de motivación para incursionar en nuevos temas; en consecuencia, las estrategias didácticas se convierten en agentes claves para lograr que el estudiantado mejore la eficacia de su aprendizaje (Pari, 2021, p. 43). En esta línea de pensamiento, los resultados de la figura 3 sugieren también que las estrategias de mediación pedagógica empleadas por las personas docentes fueron efectivas en el proceso enseñanza-aprendizaje, toda vez que la mayoría de la población estudiantil mostró interés en asistir (69%) y participar activamente (81%) en clase.

Ramos (2014) acota que la motivación de las personas estudiantes es un elemento clave en el aprendizaje, que repercute directa y positivamente en su aprendizaje, ya que se involucran activamente en las actividades académicas (p.25). Cuando las personas estudiantes aprenden y comprenden la materia con las estrategias que utilizan las personas docentes, también evidencian estados de ánimo positivos durante la mediación pedagógica que, a su vez, les generará rendimiento académico notable (Usán y Salavera, 2018, p. 104).

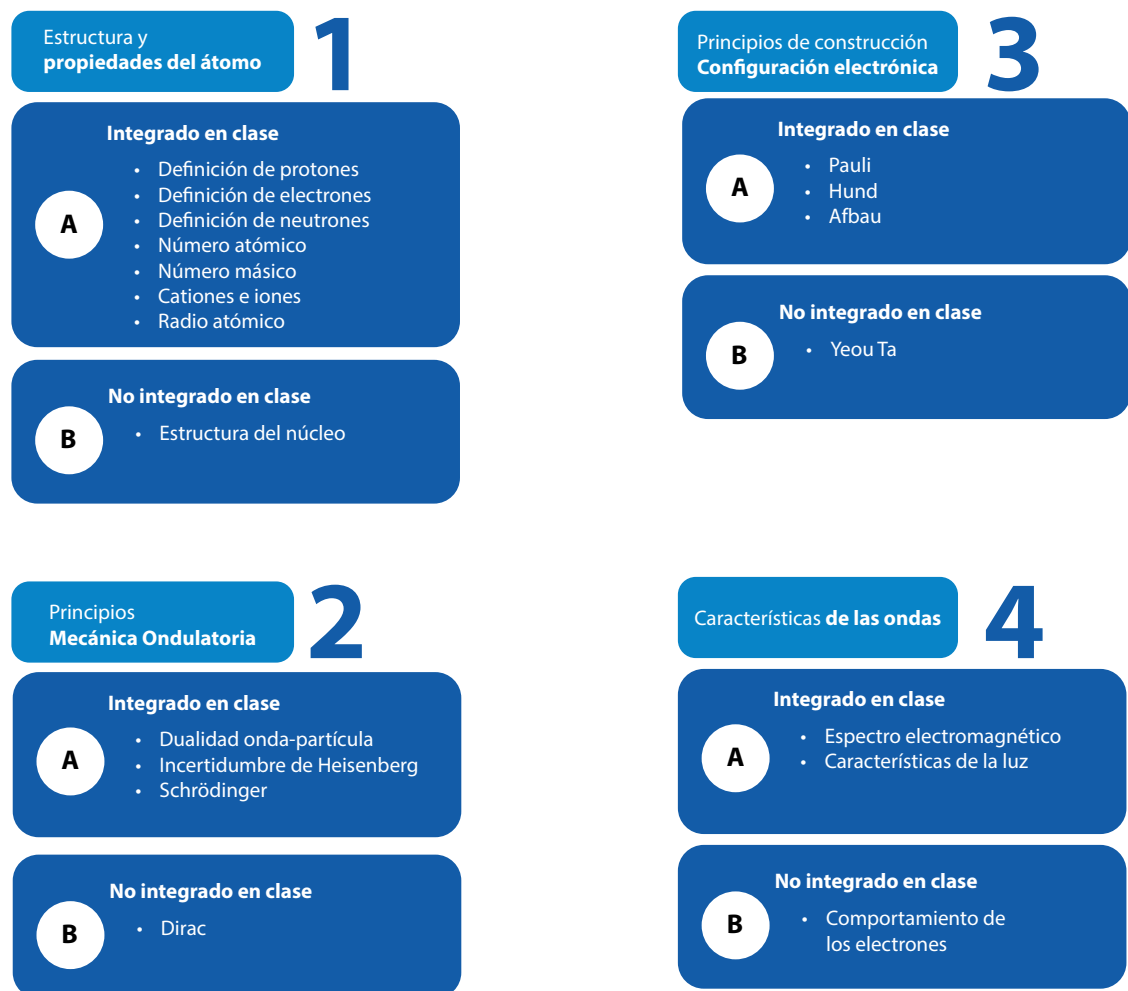
De la figura 3, se desprende que un porcentaje significativo de la comunidad estudiantil (56%) mostró un interés genuino en adquirir nuevos conocimientos, en asistir de manera regular a clases y en participar

activamente en las mismas; esta fracción de las personas estudiantes afirmó que la participación en clase les permitió no solo comprender el tema de configuración electrónica, sino también realizar las actividades programadas por las personas docentes. En ese sentido, García et al. (2015) establecen que la población estudiantil asume protagonismo en su propio aprendizaje cuando reconocen las estrategias didácticas que, de una u otra manera, les impacta y les faculta para enfrentarse a los nuevos conocimientos que adquieren (p.24).

En las figuras 4 y 5, se muestran los resultados relacionados con la conexión entre las estrategias didácticas empleadas y los conocimientos disciplinares utilizados en la mediación pedagógica de la configuración electrónica. De la figura 4, se desprende que la mayoría de las personas docentes participantes en este estudio hizo uso de conocimientos disciplinares básicos (núcleo, subpartículas atómicas, etc.) que facilitan el aprendizaje de la configuración electrónica por parte de las personas estudiantes.

Figura 4

Conocimientos disciplinares del tema configuración electrónica y su mediación con estrategias didácticas.

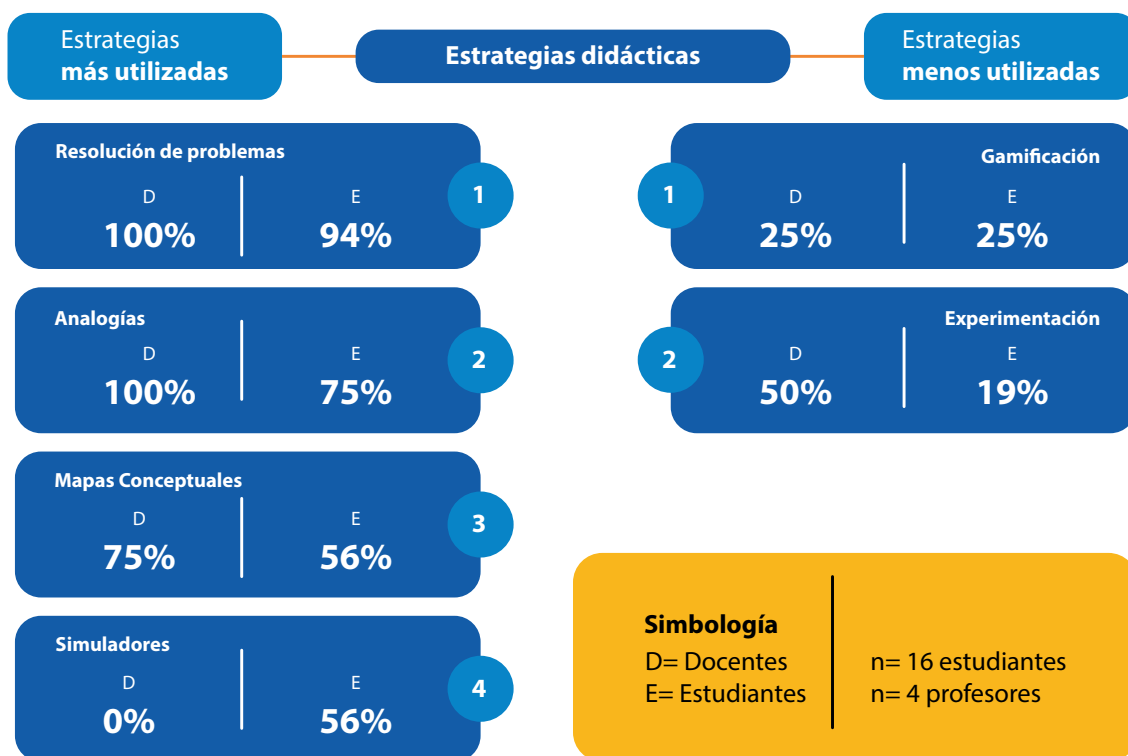


Sin embargo, existen algunos temas asociados con la configuración electrónica (comportamiento aleatorio de los electrones, propiedades ondulatorias del electrón, números cuánticos, entre otros) que las personas docentes no abordaron en clase. Lo anterior se podría justificar en el limitado tiempo designado por el MEP para abordar estos tópicos, en la complejidad conceptual intrínseca del tema configuración electrónica y en la percepción de que tales temas no son necesarios a nivel de educación secundaria o que no están incluidos en los parámetros generales del MEP.

Por su parte, Hernández-Chaverri et al. (2017) señalan que las personas docentes de Química de educación secundaria en Costa Rica, a menudo, enfrentan dificultades para impartir clases en las que se aborden en profundidad los contenidos teóricos, ya que carecen de las bases teóricas necesarias o de los recursos técnicos/tecnológicos requeridos (p. 3). Esto se justifica en términos de las limitadas oportunidades de capacitación y actualización de las personas docentes en lo referente a su formación docente, disciplinar y didáctica. Lo anterior resalta la necesidad de que las universidades nacionales y el MEP generen espacios de actualización y capacitación para las personas docentes de Química; adicionalmente, recalca la importancia de que estas instituciones destinen recursos para el desarrollo de material didáctico que apoye el proceso de enseñanza-aprendizaje en la educación diversificada de Costa Rica.

Figura 5

Estrategias utilizadas por el personal docente en las clases de Química para la enseñanza del tema configuración electrónica.



En la figura 5, se muestran las estrategias utilizadas por el personal docente durante la mediación pedagógica del tema configuración electrónica. Por lo que se puede inferir a partir de esta figura que las personas docentes y estudiantes coinciden en las estrategias didácticas empleadas durante la mediación pedagógica. Las estrategias más utilizadas (analogías, resolución de problemas y mapas conceptuales) son consideradas estrategias de enseñanza más teóricas y menos dinámicas. En esa línea de pensamiento, durante la realización del grupo focal, las personas docentes expresaron:

"[...] Que el estudiante entienda este tema lleva mucho tiempo, por eso se utiliza casi siempre, clases magistrales y resolución de problemas".

"[...] Los programas brindan distintas maneras de desarrollar el tema, pero la realidad de las aulas es diferente y no todo se puede aplicar".

"[...] El programa de décimo año es el más extenso y para completarlo y que los estudiantes entiendan, no se puede hacer nada más que lo magistral, ya que se lleva mucho tiempo y la verdad no es necesario".

"[...] Existe mucha afinidad por las clases tradicionales priorizando únicamente el uso de la pizarra".

En el Programa de Química de la Educación Diversificada (Ministerio de Educación Pública, 2017), se establece que las personas estudiantes deben efectuar prácticas de configuraciones electrónicas de los elementos; en consecuencia, las personas docentes acuden frecuentemente a estrategias didácticas (como los ejemplos prácticos y la resolución de problemas) que aseguren que la población estudiantil desarrolle configuraciones electrónicas y conceptos relacionados. Así lo argumentaron las personas informantes en el grupo focal:

"[...] Por lo general solo se realizan ejercicios, que realmente no desarrollan habilidades, sino que los estudiantes los hacen por repetición del patrón que deben seguir para construir las configuraciones electrónicas".

Este patrón en la elección de estrategias didácticas coincide con los hallazgos de Góngora y Santana (2021, p. 89), quienes señalan que las personas docentes de Química se centran más en la enseñanza teórica y menos en el uso de estrategias dinámicas como la gamificación o la experimentación. Se puede observar también que el uso de simuladores como una estrategia de experimentación en la enseñanza no se está implementando, quizás, producto del limitado acceso a internet por parte de la población estudiantil de Costa Rica (Jiménez-Sánchez, 2020, p. 2).

Viglienghi (2019) sugiere que el uso limitado de estrategias didácticas dinámicas podría ser también consecuencia de la limitada capacitación docente o el poco interés de las personas docentes en ampliar sus conocimientos sobre el uso y desarrollo de tecnologías (p. 53). El escaso uso de herramientas como simuladores y otras tecnologías obstaculiza el desarrollo del conocimiento significativo de la población estudiantil y limita la conexión entre la teoría y la práctica en el aprendizaje (Villa, 2021, p. 3). Adicionalmente, se observa en la figura 5 que la experimentación y la gamificación no se utilizan con frecuencia como estrategias didácticas quizás producto de la falta de capacitación docente, así como de la ausencia de habilidades para dominar y utilizar estas estrategias.

Para terminar, se debe mencionar que, durante la pandemia provocada por el virus responsable de la COVID-19, el sistema educativo se enfocó primordialmente en aspectos teóricos para completar el plan de estudios establecido por el Ministerio de Educación (Programa Estado de la Nación, 2021). La implementación de estrategias más dinámicas como la gamificación o la experimentación requiere de mucho tiempo y esfuerzo por parte de las personas docentes para su planificación, organización y ejecución, por lo que no se utilizaron.

CONCLUSIONES

Los resultados de esta investigación muestran que una alta proporción de la población estudiantil afirma comprender el tema de la configuración electrónica y percibe correctamente el propósito de las estrategias didácticas utilizadas por las personas docentes. Sin embargo, una menor fracción de las personas estudiantes afirma no tener una clara comprensión de las actividades propuestas por las personas docentes, situación que les dificultó la comprensión de diversos conocimientos disciplinares del tema. Adicionalmente, durante el periodo en el que las personas docentes abordaron el tema configuración electrónica, se presentaron estados de ánimo positivos (motivación, emoción, diversión) y negativos (tensión, confusión) en la población estudiantil que incidieron en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Se concluye que las personas docentes participantes de este estudio tienen el dominio conceptual adecuado para abordar el tema de la configuración electrónica y que tienden a elegir las estrategias didácticas en función de sus preferencias personales. Las estrategias didácticas frecuentemente seleccionadas por las personas docentes son la resolución de problemas, el uso de analogías y la creación de mapas conceptuales; estrategias que están influenciadas por la extensión del contenido disciplinar y los cronogramas establecidos por el MEP para su respectivo abordaje. No obstante, aspectos como la complejidad de los temas, la dificultad para asimilarlos y las preferencias de la población estudiantil no son considerados por las personas docentes al escoger las estrategias para la mediación pedagógica del tema configuración electrónica.

Las personas docentes reconocen que estrategias didácticas más dinámicas (uso de simuladores, aplicaciones y plataformas web, entre otras) son adecuadas para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje. Sin embargo, su implementación se ve limitada debido a la falta de capacitación, las restricciones de tiempo y la resistencia al cambio por parte de la mayoría de las personas docentes. En ese sentido, es necesario, entonces, que las universidades estatales y el MEP se involucren activamente en investigaciones y proyectos que conduzcan al desarrollo de recursos didácticos innovadores para el sector docente de Química. Estos recursos deben proporcionar estrategias didácticas y herramientas innovadoras no solo para abordar el tema de la configuración electrónica, sino también para otros tópicos del programa de Química de la Educación Diversificada.

REFERENCIAS

- Adhikary, C., Sana, S. y Chattopadhyay, K. N. (2015). Chunking strategy as a tool for teaching electron configuration. *Journal of Chemical Education*, 92(4), 664-667. <https://doi.org/10.1021/ed500446t>
- Alfaro, J. M. (2017). *Implementación de unidad didáctica, en el tema de los elementos químicos utilizando los fundamentos de la teoría de las inteligencias múltiples, para los estudiantes de noveno año de la Telesecundaria de Bajos de Toro Amarillo, de la Dirección Regional Educativa de Occidente, en el período 2017*. San José, Costa Rica: J. M. Alfaro.
- Amador, C. (2011). Jaime Keller Torres (1936–2011). *Educación Química*, 22(2). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2011000200013
- Cervantes-Altamirano, A. y López-Rodríguez, M. (2021). *Análisis del impacto de las estrategias didácticas que emplean los docentes de química en la generación de conocimientos disciplinares en el proceso de enseñanza del tema configuración electrónica* [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional]. Repositorio Institucional de la UNA. <https://repositorio.una.ac.cr/handle/11056/24155>
- Chang, R. y Overby, J. (2019). *Chemistry* (13th ed.). McGraw-Hill Education.
- Díaz, G., Santiago, C. y Ponzinibbio, A. (2017). *Importancia de la química orgánica en la formación profesional: La perspectiva de los alumnos* [Sesión de conferencia]. I Jornadas sobre Enseñanza y Aprendizaje en el Nivel Superior en Ciencias Exactas y Naturales. <http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/76058/pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Fernández, A. M. (2021). 2020: Estudiantes, emociones, salud mental y pandemia. *Revista Andina de Educación*, 4(1), 23-29. <https://doi.org/10.32719/26312816.2021.4.1.3>
- García, F., Fonseca, F. y Concha, L. (2015). Aprendizaje y rendimiento académico en educación superior: Un estudio comparado. *Actualidades Investigativas en Educación*, 15(3), 1-26. <http://dx.doi.org/10.15517/aie.v15i3.21072>
- Góngora, R. W. y Santana, F. E. (2021). Fortalecimiento teórico-práctico de la enseñanza de la Química mediante la aplicación de simuladores virtuales a los estudiantes de 2do año de Bachillerato de la Unidad Educativa Técnico Uruguay de la ciudad de Portoviejo de la provincia de Manabí. *Revista Cognosis*, 6(2), 71-92. <https://doi.org/10.33936/cognosis.v6i2.2922>
- Hernández-Sampieri, R. y Mendoza-Torres, C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw Hill Education.
- Hernández-Chaverri, R., Montero-Miranda, E. y Villalobos-González, W. (2017). Evaluación del conocimiento básico en química en estudiantes de educación diversificada: El caso de ingeniería industrial, UNED. *Revista Electrónica Calidad en la Educación Superior*, 8(2), 1-23. <https://doi.org/10.22458/caes.v8i2.1915>
- Herrera, C. y Villafuerte, C. A. (2023). Estrategias didácticas en la educación. *Horizontes*, 7(28), 758-772. <https://doi.org/10.33996/revistahorizontes.v7i28.552>
- Jiménez-Sánchez, C. (2020). Impacto de la Pandemia por SARS-CoV2 sobre la Educación. *Revista Electrónica Educare*, 24, 1-3. <https://doi.org/10.15359/ree.24-5.1>
- Kumar, P. (2019). Young-tableaux: A Tetris-brick game for getting atomic term symbols. *Resonance*, 24(10), 1137-1149. <https://doi.org/10.1007/s12045-019-0881-6>
- Leal-Aguilar, D., Solano-Mora, J. C., Rojas-Oconitrillo, C. y Zúñiga-Meléndez, A. (2017). Estrategias basadas en el enfoque interdisciplinario para abordar contenidos del programa de ciencias de octavo año de la educación general básica de Costa Rica. *Revista Electrónica Calidad en la Educación Superior*, 8(1), 207-224. <https://doi.org/10.22458/caes.v8i1.1786>
- Mellado, V., Borrachero, A. B., Brígido, M., Melo, L. V., Dávila, M. A., Cañada, F., Conde, M. C., Costillo, E., Cubero, J., Esteban, R., Martínez, G., Ruiz, C., Sánchez, J., Garritz, A., Mellado, L., Vázquez, B., Jiménez, R. y Bermejo, M. L. (2014). Las emociones en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), 11-36. <http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1478>
- Mendoza-Mendoza, R. A. y Loo-Colamarco, I. W. (2022). Estrategias didácticas para la enseñanza de las ciencias naturales y desarrollo del pensamiento científico. *Dominio de las Ciencias*, 8(1), 859-875. <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v8i41.2527>
- Ministerio de Educación Pública. (2017). *Programa de estudio de Química educación diversificada*. Gobierno de Costa Rica. <https://www.mep.go.cr/sites/default/files/programadeestudio/programas/Química2018.pdf>
- Ministerio de Educación Pública. (2021) *Orientaciones pedagógicas y administrativas para la educación combinada 2021*. Dirección de Educación Técnica y Capacidades Emprendedoras, Departamento de Especialidades. www.detce.mep.go.cr
- Miranda, S. S. y Ortiz, J. A. (2020). Los paradigmas de la investigación: Un acercamiento teórico para reflexionar desde el campo de la investigación educativa. *RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 11(21). <https://doi.org/10.23913/ride.v11i21.717>
- Navarro, C. I. (2014). *Estrategias metodológicas para mejorar la enseñanza de números cuánticos y configuraciones electrónicas en estudiantes de décimo año de Química del Liceo de Alajuelita* [Tesis de Licenciatura, Universidad Estatal a Distancia (UNED)].
- Ochoa, J. A. G., Marcos-Merino, J. M., Méndez, F. J., Mellado, V. y Esteban, M. R. (2019). Emociones académicas y aprendizaje de biología: Una asociación duradera. *Enseñanza de las Ciencias*, 37(2), 43-61. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2598>

- Ordaz, G. J. y Brit, M. (2018). Los caminos hacia una enseñanza no tradicional de la Química. *Actualidades Investigativas en Educación*, 18(2), 1-20. <https://doi.org/10.15517/aie.v18i2.33164>
- Pari, D. (2021). *Estrategias motivadoras para desarrollar interés hacia el aprendizaje de inglés en estudiantes de la educación básica regular del nivel secundario* [Tesis de segunda especialización, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio de la UNAP. http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/17471/Pari_Achata_David.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Piedra-Marín, G., Vargas-González, X. y Castillo-Rodríguez, K. (2016). *Utilización de Microsoft Excel® en un taller de orbitales atómicos con docentes de ciencias exactas y naturales*. *Innovaciones Educativas*, 18(24), 5-18. <https://doi.org/10.22458/ie.v18i24.1503>
- Programa Estado de la Nación. (2019). *Séptimo Informe Estado de la Educación Costarricense*. <https://www.estadonacion.or.cr>
- Programa Estado de la Nación. (2021). *Octavo Informe Estado de la Educación Costarricense*. <https://www.estadonacion.or.cr>
- Ramos, M. (2014). *Estudio sobre la motivación y su relación en el rendimiento académico* [Tesis de Maestría, Universidad de Almería]. Repositorio de la Universidad de Almería. <https://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/3064/Trabajo.pdf?sequence=1>
- Recio, F. (2008). *Química inorgánica* (4.ª ed.). McGraw-Hill / Interamericana Editores S.A. de C.V.
- Ruiz, L. L. O. (2020). Dispositivo didáctico para la enseñanza de las nociones fundamentales de la Química cuántica. *Revista Conexión*, 9(25), 9-26. <http://aliatuniversidades.com.mx/conexion/wp-content/uploads/2016/09/Art1C-25.pdf>
- Quiroga, L. T. (2020). *La imaginación en la escuela: Propuesta didáctica en torno al concepto de átomo para cuarto de básica primaria*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Pedagógica Nacional]. Repositorio de la Universidad Pedagógica Nacional. <http://repositorio.pedagogica.edu.co/handle/20.500.12209/12472>
- Usán, P. y Salavera, C. (2018). Motivación escolar, inteligencia emocional y rendimiento académico en estudiantes de educación secundaria obligatoria. *Actualidades en Psicología*, 32(125), 95-112. <https://doi.org/10.15517/ap.v32i125.32123>
- Viglienghi, M. E. (2019). *Incorporación de las TICs en la enseñanza de la química de tercer año A del instituto secundario Yocsina* [Tesis de Bachillerato, Universidad Siglo 21]. Repositorio de la Universidad Siglo 21. <https://repositorio.21.edu.ar/bitstream/handle/ues21/17558/VIGLIENGHI%20MARIA%20EUGENIA.pdf?sequence=1>
- Villa, S. P. (2021). *Los simuladores virtuales como recurso didáctico para el aprendizaje de físico química con estudiantes de quinto semestre de la carrera de Pedagogía de las Ciencias Experimentales: Química y Biología, periodo noviembre 2020-abril 2021* [Tesis de bachillerato, Universidad Nacional de Chimborazo]. Repositorio de la Universidad Nacional de Chimborazo. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/7558>
- UNESCO. (11 de febrero de 2021). *La importancia de la educación en ciencia y tecnología para el desarrollo sostenible*. Recuperado el 26 de setiembre de 2024 de <https://www.unesco.org/es/articulos/la-importancia-de-la-educacion-en-ciencia-y-tecnologia-para-el-desarrollo-sostenible>
- Zapata, M. A. (2016). *La motivación de los estudiantes en el aprendizaje de la química*. [Tesis de Maestría, Universidad Tecnológica de Pereira]. Repositorio de la Universidad Tecnológica de Pereira <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/ab5ad0eb-a007-4ae1-b1b9-069df075120e/content>