

Capítulo 4

Del laboratorio al entorno virtual: gestión de prácticas educativas para el aprendizaje significativo en Química

*Susana López-Cuenca, Guillermo Isaac González-
Rodríguez, Sergio Moneo-Benítez*

López-Cuenca, S., González-Rodríguez, G. I., & Moneo-Benítez, S. (2026). Del laboratorio al entorno virtual: gestión de prácticas educativas para el aprendizaje significativo en Química. En L. Rangel Bernal, & M. del R. Magallanes Delgado, (Coords), *Innovaciones didácticas e intervención pedagógica. Repensar las estrategias de enseñanza para promover el aprendizaje*. (pp. 108-140). Religación Press. <http://doi.org/10.46652/religacionpress.477.c987>



Del laboratorio al entorno virtual: gestión de prácticas educativas para el aprendizaje significativo en Química

Resumen

El Aprendizaje Significativo (AS) constituye un elemento central en la educación superior, particularmente en disciplinas experimentales como la Química, donde la aplicación práctica del conocimiento resulta esencial para la formación de competencias. Este estudio tuvo como propósito analizar y contrastar las percepciones y aprendizajes de un grupo de 15 personas de una empresa que cursaron la asignatura de Química mediante prácticas de laboratorio diseñadas en dos modalidades: presencial y virtual. Ambas experiencias fueron estructuradas bajo principios de aprendizaje significativo, incorporando estrategias de resolución de problemas, manipulación de variables y aplicación del conocimiento a situaciones prácticas. La recolección de datos se realizó mediante una encuesta de 20 ítems basada en la metodología de ambientes de aprendizaje significativos, la cual permitió identificar la percepción de los participantes respecto a la claridad de contenidos, aplicabilidad de los conocimientos, interacción con materiales y motivación alcanzada en cada modalidad. Los resultados muestran que la práctica presencial fue valorada por la manipulación directa de materiales y la interacción inmediata con docentes y compañeros, mientras que la práctica virtual destacó por la flexibilidad, la seguridad en la experimentación y la posibilidad de repetir procedimientos sin riesgo. No obstante, los participantes señalaron la falta de retroalimentación inmediata en el entorno virtual y la carencia de experiencias sensoriales propias de la presencialidad. En conclusión, los hallazgos sugieren que ambas modalidades son complementarias y que su integración en modelos híbridos puede fortalecer la enseñanza de la Química, potenciando la construcción de competencias y aprendizajes significativos en la educación superior.

Palabras clave: Aprendizaje significativo; Educación superior; Modalidad virtual; Modalidad presencial; Competencias.

Introducción

La pandemia de COVID-19 aceleró la transición hacia modalidades de enseñanza virtuales e híbridas, evidenciando tanto sus potencialidades como sus limitaciones. Diversos estudios señalan que los laboratorios virtuales pueden contribuir a la comprensión de conceptos abstractos, ofrecer espacios seguros para la experimentación y ampliar el acceso a recursos educativos (Makransky et al., 2019; Tatli y Ayas, 2013). No obstante, también se advierte que la falta de contacto directo con materiales y la disminución de la interacción social pueden generar vacíos en la construcción de competencias profesionales (de Jong et al., 2013). En este sentido, la problematización no solo recae en evaluar la eficacia técnica de las modalidades, sino en reflexionar sobre cómo estas impactan en la experiencia formativa integral de los estudiantes. La tensión entre lo presencial y lo virtual plantea la necesidad de indagar en qué medida las prácticas de laboratorio bajo ambas modalidades favorecen el aprendizaje significativo, entendido como un proceso activo, reflexivo y colaborativo (Hernández y Camargo, 2017).

El problema radica en identificar si los entornos virtuales logran equiparar o complementar los beneficios de la experiencia presencial en términos de motivación, aplicabilidad y desarrollo de competencias. Esta cuestión adquiere especial relevancia en contextos profesionales y empresariales, donde se espera que la formación científica esté vinculada a la resolución de problemas reales y a la transferencia de conocimiento en escenarios laborales concretos. En consecuencia, este estudio parte de la hipótesis de que tanto la presencialidad como la virtualidad poseen fortalezas y limitaciones específicas, y que el reto pedagógico no es elegir entre una u otra, sino diseñar modelos híbridos que potencien lo mejor de ambas. Con ello, se busca contribuir al debate académico sobre las estrategias didácticas en ciencias experimentales y ofrecer evidencia empírica para la toma de decisiones pedagógicas en la educación superior y la formación profesional.

En este sentido, el AS, conceptualizado por Ausubel (2002), constituye un eje central en la Educación Superior (ES) contemporánea, al propiciar que los estudiantes integren los nuevos conocimientos a sus

estructuras cognitivas previas de manera comprensiva y aplicable. Este enfoque resulta especialmente relevante en las ciencias experimentales, donde la comprensión no solo depende de la adquisición teórica, sino también de la posibilidad de aplicar los saberes en situaciones prácticas y contextuales (Novak, 2011). En el campo de la Química, la enseñanza enfrenta un doble desafío: asegurar que los estudiantes construyan significados duraderos y, al mismo tiempo, adaptar las metodologías a escenarios mediados por la tecnología que permitan mantener la riqueza de los procesos presenciales (Pozo y Pérez, 2009).

El problema central que orienta este estudio parte de la tensión entre dos escenarios formativos del laboratorio físico, visualizado como un espacio tradicional de exploración y experimentación sensorial, y el entorno virtual, caracterizado por la mediación tecnológica y la simulación de procesos experimentales. En las últimas décadas, los avances tecnológicos han permitido el desarrollo de plataformas digitales con alto potencial para el aprendizaje en ciencias (tales como *PhET Interactive Simulations* o *Labster*), y ofrecen experiencias interactivas basadas en modelos científicos precisos (Heradio et al., 2016; Tüysüz, 2020). No obstante, la cuestión crucial sigue siendo si estas modalidades virtuales son capaces de generar los mismos niveles de comprensión conceptual, motivación y desarrollo de competencias que las prácticas presenciales.

Diversos estudios han mostrado resultados contrastantes, como las de De Jong et al. (2013) y Makransky et al. (2019), cuyas bases sostienen que los entornos virtuales pueden fomentar la exploración autónoma, reducir los riesgos asociados a la manipulación de sustancias químicas y ofrecer retroalimentación inmediata. Por otro lado, se han identificado limitaciones asociadas a la pérdida de la dimensión sensorial, la disminución de la interacción social y la dificultad para desarrollar habilidades procedimentales vinculadas al manejo de instrumentos reales (Chiu y DeJong, 2021; Sánchez, 2022). Esta dualidad ha abierto un debate epistemológico y pedagógico sobre el sentido mismo de la práctica en las ciencias experimentales y su relación con la construcción de significados.

En este contexto, el AS cobra un papel articulador, ya que permite evaluar no solo la adquisición de conocimientos, sino también su integración en estructuras cognitivas y su aplicabilidad a situaciones reales (Novak y Gowin, 1984; Moreira, 2017). La gestión de prácticas educativas desde este enfoque implica diseñar experiencias donde el estudiante pueda relacionar los conceptos teóricos con la experimentación —sea física o virtual—, reflexionar sobre los resultados y transferirlos a contextos prácticos. En este sentido, la articulación entre laboratorio presencial y entorno virtual representa una oportunidad para repensar los modelos de enseñanza en Química bajo un paradigma híbrido, orientado a la flexibilidad, la seguridad y la innovación pedagógica (Ruiz et al., 2020; Pérez y Hernández, 2024).

De ello deriva que el propósito de este estudio se enfoque en analizar y contrastar las percepciones y aprendizajes de un grupo de participantes que cursaron la asignatura de Química mediante prácticas diseñadas bajo dos modalidades (presencial y virtual), ambas fundamentadas en los principios del AS. La relevancia de esta investigación radica en su contribución a la gestión de prácticas educativas más inclusivas, adaptables y efectivas, en concordancia con los objetivos de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, particularmente en lo relativo al Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 4: Educación de calidad (Organización de las Naciones Unidas, 2015).

Desde una perspectiva aplicada, este estudio busca aportar evidencia empírica sobre las condiciones que favorecen la construcción del AS en contextos mediados por la tecnología. Además, se pretende identificar elementos de mejora para el diseño de prácticas híbridas que optimicen tanto la interacción sensorial y social de la presencialidad, como las ventajas de flexibilidad y seguridad de la virtualidad. Finalmente, se plantea como hipótesis de trabajo que las prácticas virtuales, aunque presentan limitaciones sensoriales, pueden generar aprendizajes significativos equiparables a los de la modalidad presencial cuando se gestionan bajo principios de diseño instruccional centrado en la resolución de problemas, la reflexión y la vinculación teoría-práctica.

Metodología

El presente estudio se desarrolló bajo un enfoque mixto de tipo descriptivo-comparativo, orientado a analizar las percepciones y aprendizajes derivados de la implementación de prácticas educativas en Química mediante dos modalidades: presencial y virtual. La elección de este diseño responde al propósito de obtener tanto datos cuantitativos, relacionados con la valoración de dimensiones específicas del AS, como cualitativos, vinculados con las experiencias, motivaciones y reflexiones de los participantes (Creswell y Plano, 2018).

Diseño del estudio

El estudio adoptó un diseño cuasiexperimental no probabilístico, con aplicación de una encuesta estructurada después de la realización de las prácticas en ambas modalidades. La comparación se centró en identificar diferencias en la percepción de la claridad conceptual, la aplicabilidad del conocimiento, la interacción con los materiales y la motivación experimentada.

Población y muestra

La población estuvo conformada por personas adultas que cursaron la asignatura de Química en una empresa dedicada a la formación profesional continua en el área industrial. La muestra, seleccionada de manera intencional, estuvo integrada por 15 participantes (8 mujeres y 7 hombres), quienes realizaron prácticas de laboratorio en las dos modalidades: 1) Modalidad presencial: sesiones prácticas tradicionales en laboratorio con instrumentos y materiales reales; y 2) Modalidad virtual: simulaciones digitales interactivas basadas en el principio de resolución de problemas. Todos(as) los(as) participantes contaban con conocimientos básicos previos en química general y competencias digitales funcionales.

Instrumento de recolección de datos

Para la valoración de las competencias alcanzadas, y la percepción relativa a las actividades realizadas, se diseñó una encuesta estructurada de 20 ítems, elaborada con base en la Metodología de Ambientes de Aprendizaje Significativos (Moreira, 2017; Novak y Gowin, 1984) a partir de cuatro dimensiones principales: 1) Claridad de contenidos (ítems 1–5); 2) Aplicabilidad del conocimiento (ítems 6–10); 3) Interacción con materiales y recursos (ítems 11–15); y 4) Motivación y satisfacción (ítems 16–20). Cada ítem fue valorado mediante una escala tipo Likert de cinco puntos (1 = totalmente en desacuerdo a 5 = totalmente de acuerdo). Adicionalmente, se incluyeron dos preguntas abiertas orientadas a recabar impresiones cualitativas sobre los aspectos más valiosos y las principales limitaciones percibidas en cada modalidad. El instrumento fue validado por tres especialistas en didáctica de las ciencias y dos en gestión de recursos didácticos quienes revisaron la pertinencia de los ítems, su redacción y su correspondencia con las categorías analíticas. La confiabilidad interna se verificó mediante el coeficiente de alfa de Cronbach ($\alpha = 0.89$), lo cual indica una alta consistencia interna del instrumento.

Matriz de análisis

Con el fin de realizar un análisis sustantivo de los resultados obtenidos, se diseñó una matriz que congrega los principales elementos que se presentan a continuación mediante la Tabla 1:

Tabla 1.
Matriz de análisis de datos e información

Variable	Categoría analítica	Principios teóricos	Elementos de análisis / Indicadores
Claridad de contenidos	Comprensión conceptual	Aprendizaje significativo: la relación sustantiva entre nuevos conocimientos y estructuras cognitivas previas (Ausubel, 1968; Moreira, 2017).	- Nivel de comprensión de conceptos químicos. - Relación entre teoría y práctica. - Facilidad para identificar objetivos de la práctica. - Percepción de coherencia entre explicación y experimentación.
Aplicabilidad del conocimiento	Transferencia y funcionalidad del aprendizaje	Principio de aplicabilidad del conocimiento significativo: lo aprendido debe poder utilizarse para resolver problemas reales (Novak y Gowin, 1984; Ruiz et al., 2020).	- Capacidad para aplicar conocimientos a contextos reales. - Utilidad percibida de los experimentos. - Conexión entre resultados experimentales y procesos industriales. - Relevancia del aprendizaje en el desempeño laboral.
Interacción con materiales y recursos	Experiencia sensorial y mediación tecnológica	Aprendizaje experiencial y mediación cognitiva (Kolb, 1984; Chiu y DeJong, 2021).	- Grado de interacción con materiales o simuladores. - Percepción de realismo en la práctica virtual. - Dificultades técnicas o instrumentales. - Participación activa durante la práctica.
Motivación y satisfacción	Implicación emocional y actitud hacia el aprendizaje	Motivación intrínseca y aprendizaje significativo (Ausubel, 1968; Moreira, 2017).	- Interés generado por la práctica. - Nivel de disfrute o aburrimiento. - Deseo de repetir o continuar aprendiendo. - Comparación de motivación entre modalidades.

Variable	Categoría analítica	Principios teóricos	Elementos de análisis / Indicadores
Retroalimentación y socialización	Interacción pedagógica y co-construcción del conocimiento	Enfoques socioconstructivistas del aprendizaje (Vygotsky, 1978; De Jong et al., 2013).	- Claridad y oportunidad de la retroalimentación docente. - Interacción entre pares. - Percepción de apoyo durante la práctica. - Posibilidad de diálogo y colaboración.
Gestión de la práctica educativa	Diseño instruccional y mediación pedagógica	Gestión de prácticas educativas orientadas al aprendizaje significativo (Pérez y Hernández, 2024; González y Moreno, 2021).	- Estructura y secuencia de las actividades. - Pertinencia de los materiales. - Nivel de autonomía promovido. - Evaluación de la experiencia global.

Nota: elaboración propia basada en diseño de análisis.

Esta matriz articula los principios teóricos con los indicadores empíricos evaluados en la encuesta y las respuestas cualitativas, lo cual permite que los resultados cuantitativos se lean en función de las categorías del aprendizaje significativo, y que los resultados cualitativos aporten profundidad a la comprensión de esas relaciones. Además, da la pauta para una discusión más nutrida, pues cada categoría se convierte en un “nodo interpretativo” donde se cruzan las percepciones de los participantes con los fundamentos teóricos.

Procedimiento

Para llevar a cabo el estudio piloto, se planeó un diseño de intervención a partir de estrategias y actividades basadas en el desarrollo de competencias, así como en la generación de ambientes de aprendizaje. Con base en ello, el diseño de las prácticas seleccionadas para la intervención se llevó a cabo a partir del desarrollo dos secuencias experimentales equivalentes (una presencial y otra virtual), ambas orientadas al aprendizaje significativo mediante la resolución de problemas.

Posteriormente, se aplicaron las prácticas en un orden secuencial con la intención de generar un espacio de reflexión en las y los estudiantes que partiera de la propia experiencia en ambos entornos de aprendizaje. Los participantes realizaron primero la práctica presencial y posteriormente la virtual, con un intervalo de una semana entre ambas experiencias. En secuencia a la realización de las prácticas, se aplicó el instrumento de encuesta y se recabaron comentarios cualitativos sobre la percepción obtenida en ambas modalidades. Con base en ello, el análisis de los datos cuantitativos se procesó mediante estadística descriptiva (media, desviación estándar y comparación de medias por ítem), mientras que las respuestas abiertas se analizaron mediante análisis temático (Braun y Clarke, 2006), identificando patrones en torno a las percepciones sobre motivación, interacción y aplicabilidad.

Consideraciones éticas

El estudio se condujo respetando los principios éticos de confidencialidad, consentimiento informado y voluntariedad. Los participantes fueron informados sobre los objetivos de la investigación, el uso académico de los datos y su derecho a retirarse en cualquier momento sin repercusiones.

Resultados: análisis pedagógico y formativo de la práctica

La práctica titulada “¿Cómo actúa el oxígeno del aire sobre los elementos?” forma parte del programa de la asignatura Química I y se inserta en la segunda unidad temática “Oxígeno, componente activo del aire”. Su propósito general establece que el estudiante logre el desarrollo de un AS mediante competencias determinadas con las cuales distinga entre metales y no metales a partir de la experimentación directa, observando las reacciones químicas del oxígeno con diferentes sustancias y los productos formados con el agua. Esta orientación didáctica se sustenta en un enfoque competencial y significativo, donde la comprensión de los fenómenos se construye mediante la manipulación de materiales, la observación guiada y la formulación de hipótesis.

Desde el punto de vista pedagógico, la práctica se inscribe en el paradigma del AS (Ausubel, 1968; Novak y Gowin, 1984), ya que busca que los estudiantes establezcan relaciones sustantivas entre los conceptos teóricos sobre oxidación y reactividad química, y las evidencias empíricas observadas durante la experimentación. De acuerdo con Moreira (2017), este tipo de aprendizaje ocurre cuando el nuevo conocimiento se vincula de forma no arbitraria con la estructura cognitiva existente, generando una comprensión profunda y transferible. En este sentido, la práctica no se limita a la repetición de procedimientos, sino que se orienta al desarrollo de competencias científicas como la formulación de hipótesis, la contrastación empírica, la observación crítica y la argumentación basada en evidencias.

Intencionalidad pedagógica y desarrollo de competencias

Desde un principio de gestión educativa, el diseño de la práctica refleja una clara intencionalidad de desarrollo de competencias experimentales y analíticas en el estudiantado a partir de la conformación de estrategias de aprendizaje que permitan una participación activa en ella. Dentro de la guía que sirve como base para el desarrollo de la actividad, los objetivos particulares establecen que el estudiante debe *formular y comprobar hipótesis, practicar el uso del material de laboratorio, distinguir óxidos e hidróxidos, y clasificar metales y no metales según su reactividad frente al oxígeno y al agua*. A partir de estos objetivos, se pretende que las competencias a desarrollar promuevan una integración activa del conocimiento, donde la experiencia sensorial y manipulativa se convierte en vehículo del razonamiento conceptual (Kolb, 1984).

En este sentido, el aprendizaje de la Química, bajo este enfoque, se alinea con la competencia para la resolución de problemas científicos, definida por De Jong et al. (2013), como la capacidad de aplicar conceptos y procedimientos en contextos experimentales reales o simulados. Asimismo, se articula con los planteamientos de Ruiz, Martínez y Torres (2020), quienes sostienen que las prácticas experimentales

en la ES deben promover el *pensamiento científico reflexivo* y la *transferencia del conocimiento* a situaciones cotidianas o profesionales. De manera particular, esta práctica permite fortalecer tres tipos de competencias clave: 1) Cognitivas, relacionadas con la comprensión de la estructura atómica, los tipos de elementos y la periodicidad; 2) Procedimentales, vinculadas con el uso seguro y correcto del material de laboratorio, la observación de fenómenos y la comparación de resultados; y 3) Actitudinales, que implican curiosidad científica, responsabilidad en el manejo de sustancias y disposición hacia el trabajo colaborativo.

Tales dimensiones coinciden con la propuesta de competencias científicas integradas descritas por González y Moreno (2021), para quienes el desarrollo de la autonomía y la capacidad de autorregulación cognitiva son componentes esenciales del aprendizaje significativo en entornos experimentales. Por su parte, desde la perspectiva de los ambientes de aprendizaje, la práctica analizada constituye un espacio donde convergen tres dimensiones: 1) el saber conceptual; 2) el hacer experimental; y 3) el reflexionar sobre la experiencia (Tüysüz, 2020). La secuencia de actividades propuesta en la guía (observación de elementos, experimentación con reacciones químicas y elaboración de conclusiones) responde a una estructura de tipo inductivo que favorece el aprendizaje por descubrimiento, a la vez que trata de crear ambientes de aprendizaje diversos desde lo virtual, a lo presencial, sin restarle relevancia al hecho de generar experiencias diferenciadas.

Como base para la inserción de los elementos de acercamiento al fenómeno de estudio (relación conocimientos previos, observación, intervención, reflexión y conclusiones), se parte de la inclusión de preguntas abiertas al final de la guía (“¿Qué es una propiedad periódica?”, “¿Las propiedades periódicas influyen en la formación de compuestos químicos?”) que funcionan como un recurso metacognitivo que estimula la reflexión y la reorganización del conocimiento, aspectos fundamentales del aprendizaje significativo (Moreira, 2017). Complementando, la solicitud de comparar resultados y formular conclusiones personales impulsa el tránsito del aprendizaje pasivo a uno constructivo y reflexivo, en el que el estudiante interpreta los fenómenos a partir

de su propia experiencia. Es por ello que este tipo de prácticas, cuando se gestionan adecuadamente, constituyen microambientes de aprendizaje significativo, donde la interacción con los materiales, el diálogo con el docente y la socialización entre pares se articulan en un proceso de construcción colectiva del conocimiento (Vygotsky, 1978). En contextos híbridos o virtuales, la mediación tecnológica puede reproducir esta estructura mediante simuladores y recursos digitales interactivos (Makransky et al., 2019; Chiu y DeJong, 2021), siempre que se preserve la intencionalidad pedagógica del diseño.

Descripción del grupo y sus particularidades

El grupo de estudio estuvo conformado por 15 participantes pertenecientes a una empresa de formación técnica y profesional que cursaron la asignatura de *Química I* en el marco del programa de educación continua que ofrece el Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez unidad académica Zapopan. El rango de edad de la mayoría de los participantes (47%) se concentró en el intervalo de 18 a 28 años, seguido por el grupo de 40 a 50 años (27%), lo cual refleja una composición etaria diversa, que integra tanto jóvenes en proceso de formación como personas adultas en actualización profesional. Respecto al género, el grupo estuvo compuesto predominantemente por hombres (73%), mientras que las mujeres representaron el 20% del total, y un 7% que se definen como no binarios, evidenciando una ligera brecha de género en la participación en áreas científico-técnicas, fenómeno coincidente con los patrones descritos por González y Moreno (2021), en contextos de educación en ciencias experimentales.

En cuanto al nivel de estudios, se observa que 10 participantes (67%) cuentan con preparatoria concluida, 3 (20%) con licenciatura trunca y 1 (6%) con licenciatura terminada. Este perfil sugiere un grupo heterogéneo en términos de trayectoria formativa, lo que aporta riqueza en la interacción y en los modos de construcción del conocimiento durante las prácticas. Desde una perspectiva pedagógica, esta

heterogeneidad formativa y etaria ofrece un terreno fértil para el desarrollo de aprendizajes significativos intergeneracionales, ya que permite la co-construcción del conocimiento entre participantes con distintas experiencias previas (Vygotsky, 1978; Moreira, 2017). Asimismo, el predominio del nivel medio superior implica que las prácticas deben diseñarse con un alto componente visual y experimental, favoreciendo el vínculo entre la teoría y la experiencia directa (Kolb, 1984). Con lo anterior se establece que el grupo muestra una predisposición favorable para la experimentación y la reflexión colaborativa, condiciones esenciales para el aprendizaje significativo en el laboratorio, tanto en entornos presenciales como virtuales.

Percepciones sobre las prácticas realizadas

Los resultados cuantitativos obtenidos mediante la encuesta aplicada a los 15 participantes permiten identificar las tendencias generales en torno a la percepción de dificultad, dinamismo, aporte al aprendizaje, preferencia por modalidad y valoración global del aprendizaje alcanzado. Estos indicadores fueron seleccionados de acuerdo con las categorías definidas en la matriz de análisis, permitiendo establecer correspondencias con los principios del aprendizaje significativo (Ausubel, 1968; Moreira, 2017) y los modelos de gestión de prácticas educativas híbridas (Ruiz et al., 2020; Pérez & Hernández, 2024). A continuación, y mediante la Figura 1, se exponen los resultados obtenidos.

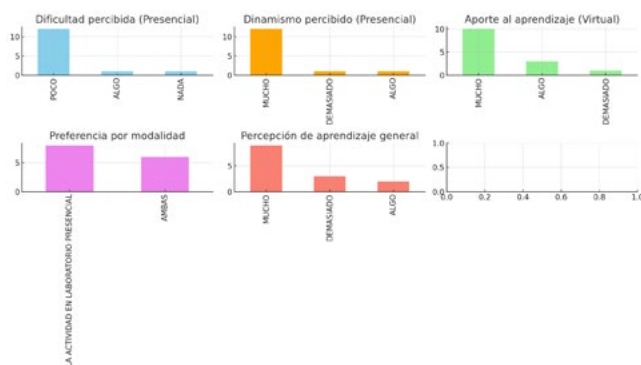


Figura 1. Resultados sobre las percepciones de las prácticas
Nota: elaboración propia.

Según lo que se percibe en las figuras anteriores, el 80% de los participantes calificó la práctica presencial como “poco difícil”, mientras que un 7% la percibió con un grado intermedio de dificultad (“algo”) y solo un 7% como “nada difícil”. Estos resultados sugieren que la secuencia didáctica y el acompañamiento docente fueron adecuados para el nivel de competencia del grupo, permitiendo una comprensión accesible de los procedimientos experimentales. Desde la teoría del aprendizaje significativo, la percepción de baja dificultad se asocia a la claridad de los organizadores previos y la estructura lógica de la experiencia, factores que facilitan la asimilación de nuevos conocimientos (Ausubel, 1968).

En cuanto al dinamismo, el 80% de los estudiantes indicó que la práctica presencial fue “muy dinámica” y un 13% “demasiado dinámica”. Esta valoración coincide con la dimensión de motivación intrínseca, que constituye un pilar del aprendizaje significativo. Los participantes destacaron la posibilidad de observar directamente las reacciones químicas, lo cual generó una fuerte implicación emocional y cognitiva. Estos hallazgos respaldan lo señalado por Kolb (1984), quien plantea que la experiencia concreta constituye el primer paso del ciclo de aprendizaje experiencial, generando interés y disposición al aprendizaje reflexivo. Respecto a la práctica virtual, el 67% de los participantes la consideró de “mucho aporte” a su aprendizaje, un 20% “algo de aporte” y un 7% “demasiado aporte”. Esto refleja que, aunque la virtualidad no

reemplaza la experiencia sensorial directa, sí ofrece valor pedagógico en términos de comprensión conceptual, repetición segura de procedimientos y flexibilidad temporal. Estos resultados son consistentes con los de Makransky et al. (2019) y Chiu y DeJong (2021), quienes argumentan que los laboratorios virtuales fortalecen la autonomía del estudiante y su capacidad de autoevaluación, siempre que exista un diseño instruccional basado en la resolución de problemas.

El análisis de la preferencia por modalidad mostró que el 53% de los participantes prefirió la práctica presencial, mientras que el 40% manifestó agrado por ambas modalidades. Esta distribución sugiere que los entornos híbridos son bien valorados, ya que integran lo mejor de ambas experiencias: la manipulación directa de materiales (presencial) y la seguridad y repetibilidad (virtual). Ruiz et al. (2020), sostienen que esta complementariedad responde a la necesidad de una enseñanza flexible y significativa, en la que la virtualidad no sustituye, sino que potencia la práctica física.

Finalmente, en cuanto a la percepción general del aprendizaje derivado de ambas prácticas, el 60% de los participantes indicó haber aprendido “mucho”, el 20% “demasiado”, y el 13% “algo”. Estos resultados permiten inferir un alto grado de satisfacción y apropiación conceptual, lo que evidencia la eficacia del diseño pedagógico basado en ambientes de aprendizaje significativo (Moreira, 2017). La coherencia entre estos indicadores muestra que los participantes perciben las prácticas tanto presenciales como virtuales como espacios de aprendizaje relevantes, en los cuales pudieron relacionar los conceptos teóricos con la práctica experimental. Los datos cuantitativos confirman la hipótesis de que ambas modalidades, adecuadamente gestionadas, favorecen la construcción de aprendizajes significativos, alineándose con los principios de flexibilidad, accesibilidad y calidad educativa propuestos en el ODS 4 de la Agenda 2030 (ONU, 2015).

Análisis de cualitativo de las respuestas

Establecidos los principales resultados obtenidos en la parte cuantitativa, se pasa ahora al análisis de las respuestas abiertas que permitió identificar patrones de sentido y núcleos de significación que expresan las percepciones, emociones y aprendizajes de los participantes respecto a ambas modalidades de práctica. Las narrativas evidencian que los estudiantes comprendieron los procesos químicos desde su vivencia experimental y reflexiva, mostrando cómo se configura el AS cuando se gestionan ambientes de práctica activos y mediadores. A partir de las respuestas a las preguntas abiertas (ítems 5, 7, 11, 13, 15, 17, 18 y 20), se realizó una codificación temática que dio lugar a seis categorías principales, las cuales se muestran mediante la Tabla 2:

Tabla 2.

Categorías emergentes de la percepción estudiantil

Categoría	Significado teórico	Fragmentos representativos de discurso	Interpretación
Experiencia sensorial y manipulación	Aprendizaje experiencial (Kolb, 1984)	“Poder ver las reacciones de cerca”, “Las reacciones violentas de los metales”, “Fue más práctica y se comprende más”	La vivencia directa del fenómeno químico genera una vinculación emocional y cognitiva que potencia la retención del conocimiento.
Seguridad y control del entorno virtual	Mediación tecnológica y aprendizaje autorregulado (Chiu & DeJong, 2021)	“Fue más dinámico hacer la práctica en línea y sin riesgo”, “Se podía repetir la práctica”	La virtualidad permite un aprendizaje más reflexivo y seguro, aunque menos sensorial; se valora la posibilidad de repetir sin error ni peligro.
Aplicabilidad del conocimiento	Transferencia y funcionalidad (Novak & Gowin, 1984)	“Poder observar la teoría aplicada”, “Ver cómo los óxidos se forman en distintas condiciones”	Los estudiantes reconocen la relación entre teoría y práctica, lo que refleja aprendizaje significativo por anclaje conceptual.

Categoría	Significado teórico	Fragmentos representativos de discurso	Interpretación
Motivación e interés	Motivación intrínseca y curiosidad científica (Ausubel, 1968; Moreira, 2017)	“Fue sumamente entretenido”, “Muy interesante y motivadora”, “Me gustó más la práctica presencial”	El dinamismo, la sorpresa y la emoción generan una disposición positiva hacia el aprendizaje.
Colaboración y comunicación	Aprendizaje sociocultural (Vygotsky, 1978)	“Trabajar con los compañeros ayudó a entender”, “El docente explicaba con claridad”	La interacción social actúa como mediador del aprendizaje, potenciando la comprensión por diálogo y acompañamiento.
Reflexión y autoconocimiento	Metacognición y aprendizaje significativo (Moreira, 2017)	“Pude ver en qué me equivoqué”, “Comprendí mejor al comparar las dos prácticas”	La comparación entre modalidades fomenta la autorreflexión y el juicio crítico sobre los propios procesos de aprendizaje.

Nota: elaboración propia basada en información obtenida.

Complementando lo anterior, y con el fin de comprender la relación entre categorías y modalidades, se elaboró la Tabla 3 interpretativa:

Tabla 3.
Análisis cualitativo por modalidad

Dimensión de análisis	Práctica presencial	Práctica virtual	Hallazgo principal
Claridad conceptual	Alta, favorecida por observación directa y guía docente.	Moderada, dependiente del diseño visual y las instrucciones.	Ambas modalidades promueven comprensión, aunque la virtual requiere reforzar la explicación previa.
Aplicabilidad del conocimiento	Elevada, con reconocimiento de procesos químicos reales.	Buena, centrada en comprensión teórica y visualización del fenómeno.	La presencial fortalece la transferencia empírica; la virtual refuerza la interpretación conceptual.

Dimensión de análisis	Práctica presencial	Práctica virtual	Hallazgo principal
Interacción y motivación	Muy alta; la manipulación genera emoción y compromiso.	Alta; se destaca la curiosidad y dinamismo digital.	Las dos fomentan interés, pero la presencial predomina por el impacto sensorial.
Seguridad y autonomía	Limitada por riesgo químico y dependencia del docente.	Alta; se valora el control del entorno y la autonomía.	La virtual potencia la autorregulación y confianza del estudiante.
Reflexión metacognitiva	Se construye a través de la comparación empírica.	Se promueve al repetir procesos y analizar resultados.	La hibridación de ambas prácticas genera pensamiento reflexivo más profundo.

Nota: elaboración propia basada en resultados obtenidos

El cruce de datos cualitativos revela una complementariedad pedagógica entre las dos modalidades. Mientras la práctica presencial fortalece el aprendizaje por experiencia, manipulación y socialización, la práctica virtual amplía la capacidad de análisis, repetición y autonomía. Este hallazgo confirma lo expuesto por Makransky et al. (2019) y Ruiz et al. (2020), quienes destacan que los modelos híbridos en la enseñanza de las ciencias combinan los beneficios de ambos entornos para generar una comprensión más completa. En términos de gestión educativa, esto implica que la planificación de las prácticas debe considerar la articulación secuencial entre actividades presenciales y virtuales, potenciando las fortalezas de cada una bajo los principios del aprendizaje significativo y la educación inclusiva (Organización de las Naciones Unidas, 2015).

Discusión

A partir de los resultados recolectados en este estudio, se permite reflexionar sobre cómo se gestionan las prácticas educativas en Química (modalidad presencial y virtual) bajo el marco del AS, y qué implicaciones tienen para el desarrollo de competencias científicas, gestión de ambientes híbridos, y la inclusión pedagógica. Dentro de lo anterior se encontró que las y los participantes valoraron la práctica presencial

como de baja dificultad y con alta claridad conceptual, lo que sugiere que la estructura de la guía y la mediación docente fueron acertadas. Esto coincide con Ausubel (1968) y Moreira (2017), quienes afirman que la claridad de los organizadores previos y la coherencia entre teoría y práctica son fundamentales para que el AS ocurra. En efecto, cuando se facilitan explicaciones previas, ejemplos concretos y la manipulación real de materiales, los estudiantes pueden anclar los nuevos conceptos en su estructura cognitiva y transmitirlos a los espacios de interacción que sean convenientes y/o necesarios (Varguillas y Bravo, 2020).

Por otra parte, la modalidad virtual también logró alto aporte al aprendizaje conceptual, aunque reconocida en menor medida sensorialmente. Esa percepción concuerda con las críticas clásicas sobre la virtualidad: puede faltar la dimensión perceptiva directa, pero tiene ventajas en la repetición segura, la visualización, y la reflexión. Estudios recientes (Chiu y DeJong, 2021; Makransky et al. 2019; Tüysüz 2020), documentan resultados similares donde se exhibe que la virtualidad puede favorecer la comprensión cuando los simuladores son de calidad y cuando se integra una guía estructurada. En este sentido, se infiere la necesidad de detectar la implicación pedagógica donde se integrará el diseño de las actividades y estrategias para que la modalidad virtual tenga niveles comparables de claridad a la presencialidad, asegurando que los simuladores, las instrucciones previas y los organizadores cognitivos sean robustos, que los conceptos se vinculen explícitamente con ejemplos prácticos, y que se refuerce la explicación teórica previa (Reich, 2020).

En concordancia a lo mencionado, se considera que la motivación, la experiencia sensorial y el dinamismo forman parte de los hallazgos más fuertes que genera la práctica presencial, al aportar mayor dinamismo y motivación, gracias a la experiencia sensorial, la manipulación directa y la interacción física con compañeros y docentes (Aguilar, 2020). Este resultado se alinea con Kolb (1984), sobre el aprendizaje experiencial al equiparlo con la experiencia concreta es un componente esencial que propicia la implicación emocional. Sin embargo, la modalidad virtual no se quedó atrás ya que muchos parti-

cipantes destacaron la flexibilidad, la posibilidad de repetir sin riesgos, y la comodidad, lo cual aporta a su motivación intrínseca también. En recientes estudios sobre laboratorios virtuales híbridos, se destaca que los estudiantes valoran esa autonomía y control del ritmo, lo que contribuye a la motivación (Makransky et al., 2019; Pérez y Hernández, 2024; Salinas et al., 2018). De lo anterior deriva una diferencia clave donde la dimensión sensorial y la socialización parecen ser los ámbitos donde la presencialidad supera claramente a la virtualidad, pero la virtualidad gana terreno en autonomía, control, repetición, seguridad (Landau et al., 2022).

Complementando lo anterior, en los aspectos de aplicabilidad del conocimiento y transferencia de saberes, los participantes manifestaron que ambas modalidades les permitieron aplicar conocimientos teóricos y percibir relaciones entre teoría y práctica. De ello, la presencialidad favoreció una percepción más empírica, mientras que la virtualidad derivó en una interpretación conceptual más clara. Este resultado se alinea con Novak y Gowin (1984), quienes sostienen que el AS debe permitir la transferencia del conocimiento a nuevas situaciones, y con los autores más recientes que subrayan que lo virtual puede favorecer la transferencia conceptual si está bien diseñado (Chiu y DeJong, 2021; Pérez y Hernández, 2024). Una diferencia rescatada es que algunos participantes sintieron que virtualmente les faltó retroalimentación inmediata y experiencia sensorial, lo que puede limitar la elección de estrategias problemáticas que requieren de ajuste empírico, tangible.

En cuanto a la reflexión, metacognición y percepción sobre las modalidades, el análisis cualitativo mostró que las y los estudiantes construyen reflexión al comparar las modalidades, al percatarse de sus errores cuando se enfrentaban a las actividades, al pensar qué modalidad les ayudaba más en ciertos aspectos de adquisición y puesta en práctica de sus conocimientos. Esto evidencia un aprendizaje metacognitivo, no solo en lo que se refiere al qué aprenden, sino cómo aprenden, qué modalidad les sirve mejor para qué tipo de tarea, y las estrategias que utilizan para afrontar las problemáticas en ambos casos. Aquí

intervienen los principios clásicos de Ausubel con los organizadores previos, Moreira con la reflexión consciente, Novak y Gowin que promueven el conocimiento como algo activo, construido y adecuado a las capacidades y competencias previas del estudiantado. Estudios recientes sobre prácticas híbridas (Ruiz et al., 2020; Pérez y Hernández, 2024), indican que esta comparación y reflexión son esenciales para maximizar los beneficios de ambas modalidades. No basta con aplicar virtualidad o presencialidad, también se necesita deliberar en las características del diseño instruccional a usar en cada modalidad, cómo mezclar, y cómo fomentar la metacognición para que los estudiantes reconozcan sus propios procesos.

A partir de ello, se puede complementar el análisis estableciendo algunas implicaciones para la gestión de prácticas educativas híbridas, tal y como se presenta en la Tabla 4:

Tabla 4.
Implicaciones en los procesos de gestión de prácticas formativas

Dimensión analítica	Hallazgos empíricos principales	Implicaciones pedagógicas	Lineamientos para la gestión educativa	Fundamento teórico de referencia
Diseño instruccional	Las prácticas presenciales presentan menor dificultad percibida gracias a una secuencia didáctica clara y acompañamiento constante.	Fortalecer la planeación con organizadores previos y guías visuales para ambas modalidades.	Incorporar guías híbridas que articulen teoría, simulación y experimentación.	Ausubel (1968); Moreira (2017)
Claridad conceptual y aprendizaje significativo	Los estudiantes comprenden mejor los fenómenos cuando pueden vincular teoría con experiencia empírica o simulada.	Favorecer estrategias que relacionen contenido teórico con prácticas contextualizadas.	Diseñar secuencias que combinen laboratorios reales y virtuales bajo un mismo objetivo formativo.	Novak & Gowin (1984); Ruiz et al. (2020)

Dimensión analítica	Hallazgos empíricos principales	Implicaciones pedagógicas	Lineamientos para la gestión educativa	Fundamento teórico de referencia
Motivación y dinamismo	La presencialidad genera mayor motivación por la experiencia sensorial; la virtualidad por la autonomía y el control del ritmo.	Equilibrar experiencias sensoriales con recursos digitales interactivos que mantengan la curiosidad.	Desarrollar modelos híbridos con alternancia intencionada de modalidades según el tipo de competencia.	Kolb (1984); Makransky et al. (2019)
Retroalimentación y acompañamiento	En la virtualidad se percibe menor interacción inmediata con el docente.	Diseñar mecanismos de retroalimentación asincrónica o síncrona (videos, foros, tutorías en línea).	Establecer políticas institucionales de acompañamiento docente activo en entornos digitales.	Chiu & DeJong (2021); Pérez & Hernández (2024)
Reflexión y metacognición	Los estudiantes comparan modalidades y reconocen sus propios procesos de aprendizaje.	Incorporar espacios reflexivos al final de cada práctica (diarios, autoevaluaciones).	Institucionalizar la reflexión como parte de la evaluación formativa en las prácticas híbridas.	Moreira (2017); Vy-gotsky (1978)
Autonomía y seguridad	En la virtualidad se desarrolla mayor autonomía y menor riesgo.	Promover la autorregulación y la experimentación segura.	Integrar simuladores con protocolos de seguridad y guías autoformativas.	Tüysüz (2020); Makransky et al. (2019)
Inclusión y equidad educativa	Algunos estudiantes valoran la accesibilidad y flexibilidad de la modalidad virtual.	Garantizar acceso a plataformas y recursos adaptados a distintos contextos y ritmos de aprendizaje.	Diseñar estrategias institucionales que promuevan inclusión digital y formación docente en TIC.	ONU (2015); González & Moreno (2021)

Nota: elaboración propia basada en análisis de resultados.

Con base en lo anterior se permite establecer que las principales líneas van direccionadas hacia varios elementos base como lo es el que las prácticas híbridas donde la presencialidad y virtualidad no estén separadas sino integradas secuencial y complementariamente. Un

ejemplo de ello es el iniciar con virtualidad para introducir conceptos y hacer simulaciones, seguir con la presencialidad para manipulación física y sensorial, cerrar con reflexión virtual/discusión. Lo anterior se complementa con asegurar que los instrumentos virtuales (simuladores, plataformas) ofrezcan retroalimentación clara, posibilidad de repetición, y una interfaz que permita la inducción sensorial (videos, imágenes, animaciones, realidad aumentada si es posible) (Rama, 2020).

Un punto esencial para cumplir de manera significativa con un modelo eficiente es que la formación docente vaya encaminada a realizar un diseño de ambientes virtuales significativos, mediante el cual los profesores sepan cómo guiar, motivar, contextualizar, retroalimentar. Ello involucra la integración de evaluaciones formativas a lo largo del proceso, no solo al final, para identificar dificultades en comprensión, motivación o errores conceptuales, especialmente en la modalidad virtual. En la misma tónica, no se debe obviar la atención a la inclusión en todos sus aspectos, para asegurar de que todo el estudiantado tenga acceso a buen equipo, conexión, soporte técnico, apegados sobre todo a considerar estilos de aprendizaje diversos que pueden preferir uno u otra modalidad.

Lo anterior se fundamenta en que los hallazgos coinciden con Makransky et al. (2019) en cuanto a que la virtualidad puede incrementar la motivación y autonomía, aunque con menor riqueza sensorial. A su vez, Chiu y DeJong (2021), aseveran que la retroalimentación inmediata y la interacción social son retos en laboratorios virtuales, mientras que Pérez y Hernández (2024), así como Ruiz et al. (2020), en que los modelos híbridos ofrecen una vía prometedora para combinar ventajas de ambas modalidades.

Sin embargo, existen algunas discrepancias en lo que se refiere a este tipo de diseños, pues en estudios recientes reportan que ciertos simuladores muy bien diseñados pueden ofrecer sensaciones casi similares a lo presencial, reduciendo la distancia sensorial, deberse a la calidad de los materiales físicos vs digitales disponibles (Artopoulos et al.,

2020; Ortega et al., 2022; Trujillo et al., 2023; Vergel et al., 2021). Otra discrepancia suele ser en el grado de preferencia por modalidad, ya que algunas investigaciones muestran fuerte inclinación al virtual cuando los estudiantes tienen estabilidad tecnológica, y, por ende, aunque la virtualidad fue muy valorada, la presencialidad mantuvo ventaja en preferencia para muchos participantes (Abi Raad y Odhabi, 2021; Escuder, 2021; Romero y de Benito, 2020). En síntesis, el análisis de la práctica evidencia una sólida orientación hacia el desarrollo de competencias científicas y reflexivas mediante el aprendizaje significativo y la experimentación guiada, sentando las bases para comprender cómo estas experiencias presenciales se comparan con las virtuales (Cabero y Valencia, 2020; Cevallos, 2023; Müller y Mildemberger, 2021). Los resultados que se presentan en la siguiente sección permitirán contrastar ambas modalidades y valorar su impacto en la construcción de conocimiento en Química.

Conclusiones

El tránsito del laboratorio al entorno virtual no solo representa un cambio de espacio, sino una reconfiguración epistemológica de la enseñanza de la Química en la educación superior. Este estudio permitió constatar que las prácticas educativas, cuando se gestionan desde los principios del AS, pueden sostener su efectividad incluso más allá del laboratorio físico, siempre que se mantenga la intencionalidad pedagógica, la mediación docente reflexiva y la vinculación con la experiencia real.

Los resultados evidenciaron que la presencialidad conserva un valor irremplazable por su carácter sensorial, experiencial y socializador. Manipular materiales, observar reacciones y compartir hallazgos genera un tipo de conocimiento encarnado, vinculado a la memoria y la emoción, lo que Ausubel (1968) denominó el “anclaje sustantivo del aprendizaje”. Sin embargo, la virtualidad emergió como una plataforma con enormes posibilidades: posibilita autonomía, seguridad, repetición y reflexión, elementos que responden a las demandas contemporáneas de flexibilidad y sostenibilidad educativa.

El diálogo entre ambas modalidades no debe entenderse en términos de competencia, sino de complementariedad dialéctica. La práctica híbrida —que combina la experiencia tangible con la simulación digital— constituye un nuevo territorio pedagógico donde se fortalecen la comprensión conceptual, la metacognición y la creatividad científica. En este sentido, las prácticas híbridas no sustituyen la educación tradicional, sino que la expanden y democratizan, abriendo el laboratorio al mundo y el mundo al laboratorio.

Desde la gestión educativa, los hallazgos revelan que el éxito de estas prácticas depende menos del recurso tecnológico y más del diseño didáctico y la mediación humana. El docente, lejos de ser un transmisor, se consolida como un diseñador de experiencias de aprendizaje capaz de articular lo teórico, lo procedimental y lo vivencial. De esta forma, la función docente adquiere un nuevo matiz que va del curador de sentidos, el intérprete del conocimiento científico, y el facilitador de aprendizajes significativos en ambas modalidades. A nivel institucional, la investigación aporta lineamientos claros para la gestión de prácticas educativas híbridas a partir de cuatro elementos principales: 1) Integración de secuencias de aprendizaje que combinen fases virtuales exploratorias, prácticas presenciales experimentales y cierres reflexivos metacognitivos; 2) Reforzamiento de la formación docente en diseño de ambientes híbridos significativos, donde la tecnología sea un medio y no un fin; 3) Garantía de la inclusión digital y el acceso equitativo a plataformas y recursos, en consonancia con el ODS 4 de la Agenda 2030; y 4) Promoción de la evaluación formativa y reflexiva centrada más en los procesos, que en resultados cuantitativos.

En términos epistemológicos, el estudio invita a repensar la noción de experiencia científica en el aula desde un sentido de la experiencia generada, así como en comprender, reflexionar y aplicar las estrategias según sus propias capacidades y habilidades. De ello deriva que el conocimiento se vuelve significativo cuando el sujeto encuentra sentido y propósito en lo que aprende, cuando la Química deja de ser una asignatura para convertirse en una forma de mirar el mundo. Finalmente, la conjunción entre lo presencial y lo virtual abre la posibi-

lidad de una educación científica más humana, inclusiva y sostenible, donde la tecnología no sustituye la experiencia, sino que la potencia; donde el laboratorio no se limita a cuatro paredes, sino que se extiende al territorio digital y comunitario que abre múltiples posibilidades para una educación más inclusiva e integral. Porque, como bien podría decirse en el lenguaje del aprendizaje significativo: “No aprendemos por estar frente al microscopio o a la pantalla, sino cuando lo que observamos nos transforma.” Y es ahí donde el aula se convierte en laboratorio de vida y el laboratorio en escenario de pensamiento.

Referencias

- Abi Raad, M. y Odhabi, H. (2021). Hybrid Learning Here to Stay. *Frontiers in Education Technology*, 4(2), 121-131. <https://doi.org/10.22158/fet.v4n2p121>
- Aguilar, F. (2020). Del aprendizaje en escenarios presenciales al aprendizaje virtual en tiempos de pandemia. *Estudios Pedagógicos*, 46(3), 213-223. <https://doi.org/10.4067/S0718-07052020000300213>
- Artopoulos, A., Huarte, J. y Rivoir, A. (2020). Plataformas de simulación y aprendizaje. *Propuesta Educativa*, 1(53), 25-44.
- Ausubel, D. (1968). *Educational psychology: A cognitive view*. Holt, Rinehart and Winston.
- Braun, V., y Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77-101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qpp0630a>
- Cabero, J. y Valencia, R. (2020). And COVID-19 transformed the educational system: reflections and experiences to learn. *International Journal of Educational Research and Innovation*, (15), 218-228. <https://doi.org/10.46661/ijeri.5246>
- Cevallos, J. (2023). Tendencias en la configuración y el futuro de la educación superior. *Tse'De*, 6(2), 25. <https://doi.org/10.60100/tsede.v6i2.146>

- Chiu, M. y DeJong, T. (2021). *Cognitive and social perspectives on virtual laboratories for science education: A systematic review*. *Computers & Education*, 170. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104222>
- De Jong, T., Linn, M. y Zacharia, Z. (2013). Physical and virtual laboratories in science and engineering education. *Science*, 340(6130), 305–308. <https://doi.org/10.1126/science.1230579>
- Escuder, S. (2023). Perfiles y preferencias de la virtualidad en el programa de Educación Permanente. *InterCambios. Dilemas y transiciones de la Educación Superior*, 10(1), 126–136. <https://doi.org/10.29156/inter.10.1.12>
- González, P., y Moreno, L. (2021). *Transformaciones pedagógicas en la enseñanza de las ciencias experimentales durante la pandemia por COVID-19*. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, 12(35), 145–163. <https://doi.org/10.22201/iisue.20072872e.2021.35.1030>
- Heradio, R., De La Torre, L., Galan, D., Cabrerizo, F. J., Herrera-Viedma, E., y Dormido, S. (2016). Virtual and remote labs in education: A bibliometric analysis. *Computers & Education*, 98, 14–38. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.03.010>
- Kolb, D. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Prentice Hall.
- Landau, M., Sabulsky, G. y Schwartzman, G. (2022). Hacia nuevos horizontes en las clases universitarias en contextos emergentes. *Contribuciones de la Tecnología Educativa. Virtualidad, Educación y Ciencia*, 12(24), 9–24.
- Makransky, G., Terkildsen, T. y Mayer, R. (2019). Adding immersive virtual reality to a science lab simulation causes more presence but less learning. *Learning and Instruction*, 60, 225–236. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.12.007>
- Moreira, M. (2017). *Aprendizaje significativo: Teoría y práctica*. Universidad Federal de Río Grande del Sur.

- Müller, C. y Mildenerger, T. (2021). Facilitating flexible learning by replacing classroom time with an online learning environment: A systematic review of blended learning in Higher Education. *Educational Research Review*, 34(100394), 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2021.100394>
- Novak, J. y Gowin, D. (1984). *Learning how to learn*. Cambridge University Press.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2015). Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Naciones Unidas. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es>
- Ortega, A., Field, J. y Pinto, A. (2022). Importancia de los simuladores virtuales para la enseñanza-aprendizaje de la asignatura de química inorgánica en las escuelas de educación media. *Revista de Ciencias de la Educación, Docencia, Investigación y Tecnologías de la Información* 7(2), 191-208.
- Pérez, A., y Hernández, M. (2024). Laboratorios híbridos para la enseñanza de la química: una propuesta metodológica basada en aprendizaje significativo. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 29(103), 52-74. <https://doi.org/10.1080/15391523.2024.1040532>
- Rama, C. (2020). *La nueva educación híbrida*. Unión de Universidades de América Latina y el Caribe.
- Reich, J. (2020). *Failure to disrupt: Why technology alone can't transform education*. Harvard University Press.
- Romero, D. y de Benito, B. (2020). Diseño de una propuesta didáctica para el uso de simuladores virtuales en la rama sanitaria de Formación Profesional. *Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*, (8), 1-16. <http://dx.doi.org/10.6018/riite.383431>

- Rodríguez, A., Vázquez, E., y Ortega, L. (2023). *Educación química en tiempos digitales: desafíos y aprendizajes del aula virtual postpandemia*. *Revista Educación Química*, 34(1), 13–27. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2023.1.81257>
- Ruiz, F., Martínez, M., y Torres, R. (2020). *Modelos híbridos de enseñanza en ciencias experimentales: hacia una educación flexible y significativa*. *Educación y Ciencia*, 25(2), 78–94. <https://doi.org/10.1016/j.educ.2020.07.008>
- Salinas, J., De Benito, B., Pérez, A. y Gisbert, M. (2018). Blended learning, más allá de la clase presencial. *Revista Iberoamericana De Educación a Distancia*, 21(1), 195–213. <https://doi.org/10.5944/ried.21.1.18859>
- Sánchez, D. (2022). *Entre lo tangible y lo simulado: evaluación de prácticas virtuales de laboratorio en educación universitaria*. *Revista Latinoamericana de Innovación Educativa*, 10(2), 33–50. <https://doi.org/10.29166/relie.v10i2.4087>
- Trujillo, W., Curo, L., Paredes, L. y Carbajal, K. (2023). Eficiencia de los simuladores virtuales en la competencia de indagación para el aprendizaje de física elemental. *Revista De Estudios Interdisciplinarios En Ciencias Sociales*, 25(2), 459–476. <https://doi.org/10.36390/telos252.15>
- Tüysüz, C. (2020). The effect of virtual laboratory on students' achievement and attitude in chemistry. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 17(1), 45–59. <https://doi.org/10.1186/s41239-020-00204-3>
- Varguillas, C. y Bravo, P. (2020). Virtualidad como herramienta de apoyo a la presencialidad: Análisis desde la mirada estudiantil. *Revista de Ciencias Sociales*, 27(1), 219–232. <https://doi.org/10.31876/ics.v26i1.31321>

Vergel, M., Pa, L. y Álvarez, D. (2021). Los simuladores educativos como instrumento pedagógico para la enseñanza de las finanzas. *Revista Boletín REDIPE*, 10(7), 97-105.

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.

CHAPTER 4

Susana López-Cuenca

Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y
Henríquez | Zapopan | Jalisco | México
<https://orcid.org/0000-0001-7655-4649>
susana.lopez@zapopan.tecmm.edu.mx

Guillermo Isaac González-Rodríguez

Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y
Henríquez | Zapopan | Jalisco | México
<https://orcid.org/0000-0002-4584-1773>
Guillermo.gonzalez@zapopan.tecmm.edu.mx

Sergio Moneo-Benítez

Universidad de Barcelona | Barcelona | España
<https://orcid.org/0000-0002-6934-0578>
sergiomoneo@ub.edu

From the Laboratory to the Virtual Environment: Management of Educational Practices for Meaningful Learning in Chemistry

Abstract

Meaningful learning is a central element in higher education, particularly in experimental disciplines such as Chemistry, where the practical application of knowledge is essential for the development of competencies. This study aimed to analyze and contrast the perceptions and learning outcomes of a group of 15 participants from a company who completed a Chemistry course through laboratory practices designed in two different modalities: face-to-face and virtual. Both experiences were structured under the principles of meaningful learning, incorporating strategies such as problem-solving, manipulation of variables, and the application of knowledge in practical contexts. Data were collected through a 20-item survey based on the methodology of meaningful learning environments, which allowed the identification of participants' perceptions regarding content clarity, knowledge applicability, interaction with materials, and the level of motivation achieved in each modality. Results indicate that face-to-face practices were valued for the sensory experience, direct manipulation of materials, and immediate interaction with peers and instructors, while virtual practices were appreciated for their flexibility, safety in experimentation, and the possibility of repeating procedures without risk. However, participants highlighted limitations in immediate feedback and the absence of sensory experiences in the virtual setting. In conclusion, findings suggest that both modalities are complementary and that their integration into hybrid models can strengthen Chemistry teaching by enhancing the development of competencies and meaningful learning in higher education.

Keywords: Meaningful learning; Higher education; Virtual modality; Face-to-face modality; Competences.

Do Laboratório ao Ambiente Virtual: Gestão de Práticas Educativas para a Aprendizagem Significativa em Química

140

CAPÍTULO 4

Resumo

A aprendizagem significativa constitui um elemento central na educação superior, particularmente em disciplinas experimentais como a Química, onde a aplicação prática do conhecimento é essencial para a formação de competências. Este estudo teve como propósito analisar e contrastar as percepções e aprendizagens de um grupo de 15 pessoas de uma empresa que cursaram a disciplina de Química por meio de práticas de laboratório desenvolvidas em duas modalidades: presencial e virtual. Ambas as experiências foram estruturadas sob princípios de aprendizagem significativa, incorporando estratégias de resolução de problemas, manipulação de variáveis e aplicação do conhecimento a situações práticas. A coleta de dados foi realizada mediante uma pesquisa de 20 itens baseada na metodologia de ambientes de aprendizagem significativos, a qual permitiu identificar a percepção dos participantes quanto à clareza dos conteúdos, aplicabilidade dos conhecimentos, interação com materiais e motivação alcançada em cada modalidade. Os resultados mostram que a prática presencial foi valorizada pela manipulação direta de materiais e pela interação imediata com docentes e colegas, enquanto a prática virtual destacou-se pela flexibilidade, segurança na experimentação e possibilidade de repetir procedimentos sem risco. No entanto, os participantes assinalaram a falta de feedback imediato no ambiente virtual e a carência de experiências sensoriais próprias da presencialidade. Em conclusão, os achados sugerem que ambas as modalidades são complementares e que sua integração em modelos híbridos pode fortalecer o ensino de Química, potencializando a construção de competências e aprendizagens significativas na educação superior.

Palavras-chave: Aprendizagem significativa; Educação superior; Modalidade virtual; Modalidade presencial; Competências.