

El laboratorio extendido: nuevas perspectivas para el diseño de la enseñanza de las ciencias naturales en contextos digitales

The Extended Laboratory: new perspectives for the design of natural science education in digital contexts

O Laboratório Estendido: novas perspectivas para a formulação do ensino das ciências naturais em contextos digitais

Ignacio J. Idoyaga

Universidad de Buenos Aires

Buenos Aires, Argentina

iidoyaga@ffyb.uba.ar

 <https://orcid.org/0000-0002-0661-915X>

Recibido – Received – Recebido: 25/09/2023 Corregido – Revised – Revisado: 13/11/2023 Aceptado – Accepted – Aprovado: 16/11/2023

DOI: <https://doi.org/10.22458/ie.v25iespecial.5083>

URL: <https://revistas.uned.ac.cr/index.php/innovaciones/article/view/5083>

Resumen: Este trabajo presenta un ensayo sobre el modelo del Laboratorio Extendido. Propone su entendimiento como una serie de principios para el diseño de la enseñanza de las ciencias naturales con actividades experimentales en entornos digitales o escenarios educativos híbridos. Reconoce su utilidad para el desarrollo de Secuencias de Enseñanza y Aprendizaje mediante Investigación Basada en Diseño. Valora el conocimiento construido durante la Enseñanza Remota de Emergencia como un factor clave en la definición de nuevas prácticas tendientes al establecimiento de un híbrido experimental donde distintas interfaces tecnológicas actúan de manera sistémica y sinérgica. Partiendo del reconocimiento de las actividades experimentales como estrategias de elección para la enseñanza de procedimientos propios del quehacer científico, aborda de manera detallada distintas aristas del modelo. Plantea el uso de múltiples interfases como simulaciones, actividades experimentales simples, laboratorios virtuales, laboratorios remotos, entre otras. Describe los distintos tipos de actividades experimentales que se pueden diseñar y la relación entre estos, los procedimientos y las interfases. Remarca la necesidad de construir una narrativa transmedial que integre la secuencia y permita dotar de significación a las actividades y fomentar la toma de decisiones considerando aspectos del contexto. Insta a repensar la evaluación, considerando especialmente su función formativa. Finalmente, a modo de conclusión y perspectivas, explicita las potencialidades del modelo y delinea desafíos en torno a necesidades formativas emergentes en aspectos tecnológicos y didácticos.

Palabras claves: Enseñanza de las ciencias naturales, Educación digital, Educación híbrida, Actividades Experimentales, Interfaces Tecnológicas, Laboratorio remoto.

Abstract: The main objective of the essay is to explore several fundamental aspects of a teaching design model that seeks to revitalize experimentation as an essential element in the construction of scientific knowledge in formal education through digital technologies. The importance of the experience accumulated during Emergent Remote Teaching as a catalyst for change in education and as a source of inspiration for the development of the Extended Laboratory (EL) is highlighted. This model effectively adapts to the new hybrid or digital educational environments, offering theoretical answers to new needs and challenges in science education. It reflects on several fundamental ideas for the design of natural science teaching in digital contexts. Among them, the importance of the construction of a narrative context as an essential element in the design of experimental activities in the EL stands out. This narrative allows giving meaning to experimental activities and connecting them with discussions about professional practice and with socio-scientific issues. It also highlights the complexity of the task of constructing effective narratives in education, which involves numerous technical considerations: such as structuring the narrative, the use of various platforms, the definition of characters and scenarios, the creation of the narrative universe, and the relationship between the narrative and other elements of the teaching strategy. As a conclusion, a new perspective for the design of natural science education in digital contexts is

presented, highlighting the importance of experimentation and the construction of effective narratives in education through laboratories.

Keywords: Natural science education, Digital education, Hybrid education, Experimental Activities, Technological Interfaces, Remote laboratory

Resumo: O objetivo principal deste ensaio é explorar vários aspectos fundamentais de um modelo da formulação de ensino que busca revitalizar a experimentação como elemento essencial na construção do conhecimento científico na educação formal através das tecnologias digitais. Ressalta a importância da experiência acumulada durante o Ensino Remoto Emergencial como catalisadora das mudanças na educação e como fonte de inspiração para o desenvolvimento do Laboratório Estendido (LE, siglas em espanhol). Este modelo adapta-se de maneira eficaz aos novos ambientes educativos híbridos ou digitais, oferecendo respostas teóricas às novas necessidades e desafios do ensino das ciências. Refletimos sobre várias das ideias fundamentais para formular o ensino das ciências naturais em contextos digitais. Dentre eles, acentua-se a importância da construção de um contexto narrativo como elemento essencial na criação de atividades experimentais na LE. Essa narrativa permite fornecer de sentido às atividades experimentais e conectá-las com discussões sobre a prática profissional e com os problemas sociocientíficos. Além do mais, realça a complexidade da tarefa de construção de narrativas eficazes na educação, o que envolve inúmeras considerações técnicas: como a estruturação do enredo, o uso de diversas plataformas, a definição de personagens e cenários, a criação de um universo narrativo e a relação entre a narrativa mesma e os outros elementos da estratégia de ensino. Em conclusão, apresentamos uma nova perspectiva para a projeção do ensino das ciências naturais em contextos digitais, salientando a importância da experimentação e da construção de narrativas eficazes na educação mediante laboratórios.

Palavras-chave: Ensino de ciências naturais, Educação digital, Educação híbrida, Atividades experimentais, Interfaces tecnológicas, Laboratório remoto.

INTRODUCCIÓN

La pandemia de COVID-19 ha acelerado cambios significativos en la forma en que las personas se relacionan. Propició la evolución de muchas dinámicas laborales y condujo a la adopción de soluciones tecnológicas para encarar distintas problemáticas. Después de la crisis, muchas de estas nuevas formas de trabajo y comunicación persisten, lo que conlleva a la necesaria reevaluación de las estrategias educativas, académicas y profesionales.

Aunado a lo anterior, las instituciones universitarias de todo el mundo se vieron obligadas a implementar la enseñanza remota de emergencia (Hodges et al., 2020) durante las épocas de aislamiento social, para garantizar la continuidad educativa. A medida que la pandemia avanzó, la experiencia acumulada por profesores, estudiantes y personas administradoras de la educación superior aceleró la creación de nuevos escenarios educativos, que combinan métodos presenciales y digitales (Elisondo y Chesta, 2022).

La configuración de estas nuevas modalidades de educación sigue siendo un tema de debate entre profesionales docentes, organismos de acreditación y evaluación institucional, así como la comunidad pedagógica de nivel superior (Nosiglia, 2020). En particular, se reflexiona sobre cuál debe ser el papel de estudiantes y profesores en estos nuevos escenarios y cómo influyen las tecnologías digitales en todo este proceso (Area y Adell, 2021).

La educación en ciencias naturales y tecnología se enfrenta a desafíos particulares en este nuevo entorno. Las prácticas experimentales en el laboratorio son fundamentales para esta área de conocimiento, pero su implementación se volvió complicada en el contexto digital. Aunque se han implementado estrategias y tecnologías para mejorar la comunicación entre profesores y estudiantes, la realización de experimentos en línea ha sido un reto. Se ha extendido el aula, pero aún queda pendiente la extensión del laboratorio.

Para abordar este desafío, el Centro de Investigación y Apoyo a la Educación Científica (CIAEC) de la Universidad de Buenos Aires ha desarrollado el Modelo de Laboratorio Extendido (LE). El LE es un conjunto de principios de diseño educativo que busca reintroducir la dimensión experimental en entornos

mediados por tecnología. Este modelo promueve la sinergia y la sistematización de dispositivos y estrategias para llevar a cabo actividades experimentales en entornos digitales. No se trata de una única aproximación, sino de una combinación de recursos que trabajan juntos para aumentar las posibilidades de aprendizaje relacionado con la experimentación. Además, este modelo puede servir como punto de partida para la Investigación Basada en Diseño (Anderson y Shattuck, 2012) y la creación de Secuencias de Enseñanza y Aprendizaje (SEA).

En este contexto, una SEA es tanto una actividad de investigación como un producto que incluye actividades de enseñanza y aprendizaje adaptadas empíricamente a las necesidades de las personas estudiantes y al contexto educativo (Guisasola et al., 2021). Este texto presenta una descripción detallada de algunas características fundamentales del Modelo de Laboratorio Extendido (LE). A lo largo de los siguientes apartados, se discute el papel de las actividades experimentales en la promoción de aprendizajes y se describen los componentes del LE; los tipos de actividades experimentales que pueden formar parte de una SEA basada en este enfoque; los niveles de representación, la importancia de proporcionar un contexto narrativo a estas secuencias y se discuten estrategias de evaluación. Todo esto con el objetivo de fortalecer la producción académica, la transferencia de conocimientos y la innovación en la educación científica en respuesta a las nuevas realidades.

DESARROLLO DEL TEMA

La importancia de las actividades experimentales en la educación científica

La enseñanza de las ciencias naturales ha dependido en gran medida de la experimentación como parte fundamental de su enfoque metodológico. La naturaleza de estas disciplinas se basa en la observación, medición, diseño experimental y análisis de datos empíricos.

Las actividades experimentales, en consecuencia, ocupan un lugar central en la educación científica y la investigación en este ámbito es una de las áreas más fecundas de la didáctica de las ciencias naturales (Carrascosa et al., 2006). Durante décadas, se ha abogado por la transición de una enseñanza meramente teórica a una donde la experimentación sea parte estructurante de las prácticas educativas.

Las actividades experimentales son acciones planificadas didácticamente en las que las personas estudiantes diseñan u operan dispositivos que les permiten observar, manipular y medir variables (independientes, dependientes y de control). A partir del análisis de los datos y la incertidumbre inherente, el estudiantado puede identificar resultados y relacionarlos con modelos disciplinarios. Aunque algunas perspectivas sugieren que estas actividades emulan prácticas propias de la investigación científica (Qualter et al., 1990), una visión más actual las reconoce como prácticas específicas de esta (Zorrilla et al., 2019). Estas prácticas requieren una vigilancia didáctica y epistemológica para optimizar el aprendizaje.

A pesar de la tradición de incluir actividades experimentales en la enseñanza de las ciencias naturales, la investigación educativa ha identificado numerosos problemas en su diseño e implementación. Algunos de estos problemas incluyen la falta de claridad en los objetivos específicos, la tendencia a centrarse en enfoques de tipo receta, la subordinación a otras actividades educativas, la promoción de visiones distorsionadas de la ciencia, la falta de autonomía para estudiantes y la carencia de significado (Sanmartí et al., 2002).

Estos desafíos, combinados con los nuevos cambios en la educación provocados por la pandemia, como la necesidad de definir modalidades educativas híbridas y digitales, han llevado a la búsqueda de nuevos modelos, como el Modelo de Laboratorio Extendido (LE). Este tiene como objetivo abordar los desafíos existentes y permitir la realización de actividades experimentales con la ayuda de tecnologías digitales.

Dentro del LE, se reconocen los procedimientos intelectuales y sensoriomotores como objetivos de aprendizaje clave en el diseño de Secuencias de Enseñanza y Aprendizaje (SEA). Estos procedimientos se consideran fundamentales para promover el aprendizaje de habilidades experimentales y relacionadas a la práctica profesional en carreras científicas y tecnológicas. LE prioriza estos procedimientos en el diseño de las SEA, lo que lo convierte en una alternativa concreta para superar la enseñanza puramente teórica y enfrentar los desafíos educativos emergentes en la era postpandémica.

El primer gran desafío en la implementación del LE es la identificación y clasificación de los diferentes procedimientos que se espera que las personas estudiantes aprendan. Esto sienta las bases para la creación de secuencias que incluyan una variedad de actividades experimentales y, en última instancia, fomenten el desarrollo de habilidades esenciales para la educación científica y tecnológica.

Dentro de los procedimientos vinculados al quehacer experimental, pueden reconocerse procedimientos sensoriomotores e intelectuales (Lorenzo, 2020). Los primeros pueden clasificarse en Procedimientos Sensoriomotores de Acción (PSA), relacionados a la motricidad fina y la operación de instrumental, así como Procedimientos Sensoriomotores de Observación (PSO), que implican la especialización de los sentidos para significar hechos como datos en el marco de un proceso experimental (por ejemplo: el reconocimiento del punto final de una titulación colorimétrica). Los segundos pueden clasificarse en Procedimientos Intelectuales de Reconocimiento (PIR), que permiten la identificación de distintos elementos dentro del diseño experimental, por ejemplo, las variables y la relación con modelos disciplinares. También, se encuentran los Procedimientos Intelectuales de Control (PIC), que posibilitan la toma de decisión a partir de la definición de situaciones críticas. Es oportuno aclarar que el hecho de utilizar estos procedimientos para estructurar las SEA construidas en la lógica del LE no implica que los contenidos conceptuales y actitudinales no sean tenidos en cuenta. En efecto, este tipo de contenidos aparecen íntimamente relacionados a los distintos tipos de procedimientos.

Diversificación de las interfaces en el contexto del laboratorio extendido

El LE promueve la utilización didáctica y sinérgica de diversos dispositivos y estrategias en entornos digitales para respaldar actividades experimentales. En otras palabras, busca establecer un sistema híbrido en el que se integren diferentes tipos de laboratorios, con el fin de aumentar la probabilidad de que las personas estudiantes adquieran habilidades fundamentales relacionadas con la experimentación, así como conceptos y actitudes asociados a ellas.

Desde una perspectiva pragmática y utilitaria, el LE propone la incorporación de varias herramientas, como actividades experimentales simples (AES) o laboratorios caseros, simuladores, dispositivos móviles (laboratorios móviles o LM), laboratorios virtuales (LV), laboratorios remotos (LR) y otras tecnologías emergentes, como realidad aumentada e inteligencia artificial. Además, el modelo sugiere la posibilidad de enriquecer las actividades experimentales en laboratorios tradicionales presenciales o laboratorios de trabajo de campo. Es importante destacar que no se trata simplemente de utilizar estos recursos de manera indiscriminada, sino de planificar y secuenciar su uso para aprovechar su potencial sinérgico. Las AES comparten muchas similitudes con las actividades llevadas a cabo en laboratorios tradicionales, pero se caracterizan por su simplicidad y seguridad. No requieren un laboratorio físico ni equipamiento costoso, lo que las hace accesibles en términos de costo y ubicuidad. A pesar de su simplicidad, estas actividades son efectivas para promover el aprendizaje de procedimientos esenciales.

Por su parte, los simuladores permiten la visualización de fenómenos concretos en función de modelos científicos abstractos. Estos simuladores simplifican la representación de un objeto o proceso para centrarse en aspectos específicos y permiten la interacción con el sistema representado. Los simuladores

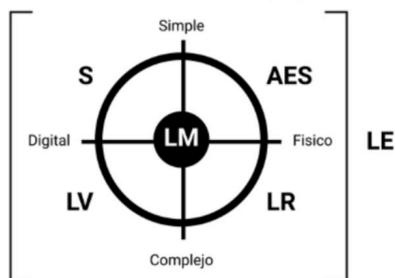
pueden integrarse de manera orgánica en entornos digitales para formar LV. Estos laboratorios incluso pueden considerar la incertidumbre empírica, aunque siempre se debe garantizar que la programación se ajuste al modelo teórico. Además, los laboratorios remotos (LR) comprenden tecnologías *hardware* y *software* que permiten a profesores y estudiantes llevar a cabo actividades experimentales reales de forma remota. Estas actividades implican el manejo de datos empíricos con la incertidumbre asociada a la medición. La manipulación del equipo se realiza a distancia, lo que permite el acceso desde cualquier lugar y en cualquier momento. Así mismo, el uso adecuado de estos dispositivos fomenta el aprendizaje de diversos procedimientos intelectuales y sensoriomotores, además de brindar al estudiantado la oportunidad de interactuar con equipos costosos.

Los laboratorios móviles (LM) hacen uso de teléfonos inteligentes como elementos centrales. Estos dispositivos tienen múltiples aplicaciones, incluyendo la medición de variables como el tiempo, la aceleración y la intensidad luminosa, la captura de imágenes y videos, así como la observación con lupa. Los LM también pueden integrar marcadores visuales para ampliar la realidad y manipular objetos virtuales. Dependiendo de cómo se utilicen, los LM pueden promover el aprendizaje de diversos procedimientos.

En resumen, los componentes del LE se diferencian en función de los procedimientos involucrados en las actividades experimentales, su conexión con el mundo físico o digital, y el nivel de sofisticación de las prácticas. La figura 1 ilustra cómo estos elementos pueden integrarse teniendo en cuenta dos ejes: simple-complejo y físico-digital. Es importante tener en cuenta que la categoría "simple" no se refiere a la complejidad cognitiva, sino a la facilidad de implementación de las actividades experimentales.

Figura 1

Modelo del Laboratorio Extendido (LE)



Nota: AES: actividades experimentales simples, LR: laboratorios remotos, LV: laboratorios virtuales, S: simuladores, LM: laboratorios móviles.

Desde una perspectiva más compleja, cada uno de los elementos que conforman el LE puede considerarse una interfaz. Este concepto se entiende como el espacio de interacción entre profesores, estudiantes, contenidos y tecnologías. Cada laboratorio del LE constituye una interfaz particular con reglas y restricciones específicas que influyen en la enseñanza y el aprendizaje. Algunas interfaces son más adecuadas que otras para fomentar ciertos tipos de procedimientos. Estas interfaces están interconectadas y forman un sistema en el que el trabajo en una interfaz afecta y modifica el trabajo en otras. Por lo que esta interacción mutua permite la acción sinérgica de los diferentes laboratorios del LE. Además, al igual que Petrosky (1994) argumentó que los artefactos pueden evolucionar a partir de otros artefactos, las interfaces dan lugar a nuevas. Por lo tanto, el diseño de la enseñanza y las secuencias basadas en los principios del LE constituyen una nueva interfaz modular. Cada módulo se enfoca en el trabajo en uno de los laboratorios componentes y aborda aspectos específicos de los procedimientos definidos como objetivos.

Diversidad en las tipologías de actividades experimentales en el Marco del Laboratorio Extendido

La amplia diversidad de actividades experimentales dentro del laboratorio extendido (LE) hace compleja la identificación precisa de objetivos específicos. Esta variedad proviene de enfoques distintos que fomentan el aprendizaje de diversos procedimientos, así como actitudes y conceptos. Diferentes enfoques definen la base de estas actividades, centrándose en ideas clave, necesidades profesionales o desafíos sociocientíficos:

1. **Enfoque disciplinar:** este enfoque se relaciona con los conceptos fundamentales de la disciplina. Es común en la educación secundaria, la formación de docentes y la preparación de futuros científicos. Prioriza la comprensión de conceptos disciplinarios y el desarrollo de habilidades específicas.
2. **Enfoque basado en necesidades profesionales:** se enfoca en problemas comunes que surgen en la práctica profesional, especialmente en campos como la medicina, la ingeniería y la agronomía. Este enfoque se centra en la resolución de problemas prácticos relevantes para la carrera.
3. **Enfoque de problemas sociocientíficos:** este enfoque, relacionado con programas de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS), Naturaleza de la Ciencia (NOS) y el movimiento STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas), aborda desafíos sociocientíficos para promover la educación científica ciudadana. Se centra en cuestiones interdisciplinarias y sociales.

Estos enfoques proporcionan un marco para organizar diversas actividades experimentales en la enseñanza. Dichas actividades pueden clasificarse según los tipos de procedimientos involucrados:

El LE promueve la inclusión de diferentes tipos de actividades experimentales en las secuencias de enseñanza, independientemente del enfoque elegido. Las secuencias de enseñanza, concebidas como interfaces modulares, pueden ofrecer una variedad de actividades para promover el aprendizaje de diferentes procedimientos. A lo largo de la secuencia, la sucesión de ejercicios, experiencias e investigaciones permite trabajar con una variedad de procedimientos definidos como objetivos de aprendizaje. Además, esta estructura modular de actividades de distintos tipos facilita la adaptación de la secuencia para favorecer la progresión en la adquisición de habilidades interconectadas.

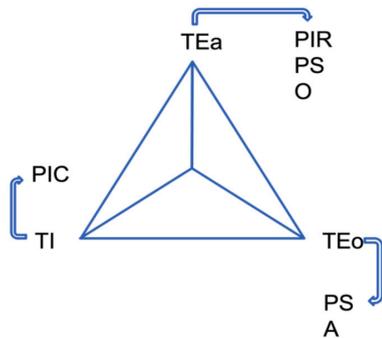
Interacción entre tipos de actividades, procedimientos e interfaces

El diseño de la enseñanza siguiendo los principios del LE exige conocer las posibles relaciones entre los procedimientos que se seleccionan como objetivos de aprendizaje, los tipos de actividades experimentales que los ponen en juego y las interfaces que los sostienen. Esto exige un conocimiento profundo de cuestiones cognitivas, didácticas y tecnológicas.

Como ya se mencionó, puede plantearse una relación entre los distintos tipos de actividades experimentales y los procedimientos (Figura 2). Así, en las actividades tipo experiencia, se despliegan PIR y PSO. Las de tipo ejercicio fomentan el desarrollo de habilidades relacionadas a PSA. En cambio, las investigaciones, que pueden incluir todo lo anterior, suman los PIC.

Figura 2

Relaciones procedimientos – Tipo de actividad experimental

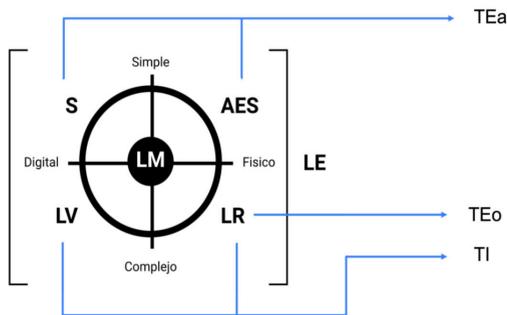


Nota: TEa: actividad experimental tipo experiencia. TEo: actividad experimental tipo ejercicio. TI: actividad experimental tipo investigación. PIR: procedimientos intelectuales de reconocimiento. PIC: procedimientos intelectuales de control. PSA: procedimientos sensoriomotores de acción. PSO: procedimientos sensoriomotores de observación.

Cada tipo de actividad encuentra una interfaz adecuada para llevarse adelante. Por los que la misma identificación de relaciones planteada para procedimientos y tipos de Actividad Experimental puede hacerse para interfaces y tipos (Figura 3). Así interfaces como las Simulaciones y las AES, ambas en los cuadrantes de lo simple, están vinculadas a las Experiencias, Los LR a los Ejercicios y las Investigaciones pueden recurrir a LV o LR.

Figura 3

Relaciones tipo de actividad experimental – Interfaz



Nota: AES: actividades experimentales simples, LR: laboratorios remotos, LV: laboratorios virtuales, S: simuladores, LM: laboratorios móviles. TEa: actividad experimental tipo experiencia. TEo: actividad experimental tipo ejercicio. TI: actividad experimental tipo investigación. Todas estas relaciones no dejan de ser una simplificación de la complejidad del diseño. Pero dan cuenta de las múltiples consideraciones necesarias a la hora de comenzar a diagramar una SEA en la lógica del LE.

Perspectivas sobre las representaciones en el contexto del laboratorio extendido

El laboratorio extendido (LE), como se ha mencionado anteriormente, constituye un modelo didáctico que busca fomentar el aprendizaje de procedimientos a través de una combinación de elementos que actúan de manera sinérgica. En este contexto, es esencial destacar que muchas de estas interfaces educativas que se despliegan se basan en representaciones visuales (RV). Las representaciones externas se pueden definir como construcciones culturales que encapsulan elementos esenciales de lo representado y actúan como extensiones cognitivas (Pozo, 2017). Dentro de estas representaciones, las RV ocupan un lugar destacado, ya que codifican significados en la disposición de elementos en un plano, ya sea analógico o digital (Martí y Scheuer, 2015). En la educación en ciencias, las RV y otros sistemas semióticos, como el lenguaje natural y el álgebra, conforman un sistema que facilita la comunicación y da forma a la práctica experimental.

Las Secuencias de Enseñanza y Aprendizaje (SEA) desarrolladas en el marco del LE deben tener en cuenta el nivel de alfabetización visual de las personas estudiantes (Mercer, 2019), su capacidad para realizar actividades cognitivas relacionadas con la semiosis (Duval, 2017) y su habilidad para procesar las representaciones visuales de las interfaces de manera explícita, implícita y conceptual (Postigo y Pozo, 2000, 2004). Esto implica que el personal docente debe llevar a cabo un proceso de supervisión de las representaciones en los laboratorios (interfaces) donde se llevan a cabo las actividades experimentales propuestas. Esta supervisión, con el objetivo de mejorar el diseño instruccional, puede concebirse como un proceso de revisión sistemática de la enseñanza para recopilar evidencia sobre las RV utilizadas desde perspectivas cognitivas, pedagógicas y epistemológicas (Idoyaga et al., 2020).

Además de las cuestiones relacionadas con la naturaleza semiótica de las interfaces y las decisiones didácticas correspondientes, es importante considerar el nivel de representación en el que se desarrolla cada actividad experimental en el LE. En la literatura, se identifican diferentes niveles de representación que operan en la educación en ciencias:

1. Nivel macroscópico: se refiere a representaciones de fenómenos que son observables con los sentidos y pueden medirse. Por lo tanto, este nivel está vinculado a los procedimientos sensoriomotores, a actividades tipo ejercicio, así como a experiencia y a interfaces como AES o LR.
2. Nivel submicroscópico: utiliza representaciones visuales, principalmente, modelos cualitativos, para explicar fenómenos naturales. Muchas actividades experimentales propuestas en simuladores o LV operan en este nivel y están relacionadas con los procedimientos intelectuales y actividades tipo investigación.
3. Nivel simbólico: tiene como objetivo respaldar explicaciones cuantitativas de fenómenos y utiliza representaciones en diferentes registros semióticos, como álgebra, lenguaje químico y simbología física. Estas representaciones son esenciales para llevar a cabo actividades tipo investigación que requieren cálculos precisos y definiciones conceptuales.

Si bien algunos autores han propuesto otras categorizaciones, estos tres niveles sirven como base para comprender las representaciones en la educación en ciencias. La enseñanza y el aprendizaje en estos diferentes niveles de representación presentan desafíos particulares. Las personas docentes deben diseñar actividades que aborden cada nivel de representación para promover el aprendizaje correspondiente. Las personas estudiantes, por otro lado, pueden enfrentar dificultades para comprender y conectar representaciones en diferentes niveles. Estas dificultades pueden deberse a la falta de experiencia en el nivel macroscópico, la incapacidad para visualizar entidades submicroscópicas o la falta de comprensión de las convenciones simbólicas.

Uno de los mayores desafíos (Furió y Domínguez, 2007) radica en la promoción de la capacidad del estudiantado para moverse entre niveles de representación y establecer conexiones significativas entre ellos. Este proceso, que a menudo es natural para docentes, puede representar un obstáculo para el aprendizaje. Por lo tanto, el diseño de la enseñanza debe considerar cuidadosamente la incorporación de actividades en diferentes niveles de representación y fomentar la conexión entre ellos.

El LE promueve un enfoque de enseñanza que abarca actividades experimentales en los diversos niveles de representación. Esto implica que las SEA deben incluir una variedad de actividades en diferentes interfaces (laboratorios) que presenten representaciones correspondientes a cada nivel. Esta dimensión de análisis se suma a las consideraciones sobre los tipos de actividades experimentales y los procedimientos identificados como objetivos de aprendizaje. Además, la estructura modular del LE facilita la creación de secuencias en las cuales se implementan procedimientos vinculados a representaciones de diferentes niveles y se fomenta la conexión entre ellos. De esta manera, no solo se abordan aspectos procedimentales relacionados con la experimentación, sino que también se promueve una comprensión más profunda de la naturaleza representacional de la práctica científica.

El componente narrativo en el laboratorio extendido

Uno de los principios fundamentales que guía la implementación del LE es la necesidad de incorporar un elemento narrativo en el diseño de las Secuencias de Enseñanza-Aprendizaje (SEA). Esto implica que la estructura de la secuencia se entrelaza con la creación de una narrativa que le otorga una coherencia integral, permitiendo que sea accesible tanto para las personas estudiantes como para profesores. En otras palabras, la estructura de la secuencia y el contexto narrativo tienen una base evolutiva y ecológica compartida (Scolari, 2018). El componente narrativo no solo añade significado a las actividades, sino que también brinda puntos de referencia que ayudan al estudiantado a comprender las implicaciones sociales, tecnológicas, ambientales y profesionales de los procedimientos que están aprendiendo. De hecho, es difícil para las personas estudiantes dar sentido a las actividades, si no se presentan en un contexto que les ofrezca referencias inteligibles.

La noción de narrativa en el contexto del LE no se limita a su definición tradicional como una descripción de eventos, ya sean reales o ficticios, con el propósito de persuadir o estimular la imaginación. Va más allá, ya que es la forma primaria en que los seres humanos dan significado a su experiencia. Es decir, la narrativa es un mecanismo que permite reflexivamente la construcción de la historia personal en el marco social y temporal de la vida (Polkinghorne, 2015). Siguiendo a Bruner (2003), la narrativa cumple numerosas funciones, algunas de las cuales son particularmente relevantes para la creación del contexto en las secuencias:

1. La narrativa ayuda a construir una versión cultural de una comunidad, lo que significa que, en el contexto del LE, se enfatiza la discusión sobre la comunidad científica, la validación del conocimiento científico, los sistemas científico-tecnológicos, las relaciones entre el campo científico y profesional, así como los actores involucrados en la construcción del conocimiento científico.
2. Transforma lo mundano en algo epifánico, lo que permite reinterpretar las actividades experimentales de la secuencia y define la potencia de esta como una interfaz enriquecedora.
3. Estimula la imaginación y promueve la concepción de mundos posibles y metas alcanzables en la vida, lo que se relaciona directamente con la promoción de vocaciones en ciencia y tecnología.
4. Contribuye a la formación de la identidad, lo que es esencial en la educación superior para la construcción de identidades profesionales definidas.

5. Moldea el pensamiento humano y fomenta el pensamiento crítico, lo que ayuda a comprender y cuestionar los modelos en función de la experiencia empírica.
6. Es una forma de comprender y dar significado a la realidad, además, se presenta como una estrategia poderosa para incorporar en la enseñanza en todos los niveles educativos.
7. Necesita ser complementada con otros enfoques de conocimiento, lo que se alinea con la idea de interfaces sinérgicas en el LE.

Además de las formas tradicionales de narrativa oral y escrita, en los últimos años han surgido nuevas formas de contar historias que muestran resultados prometedores en la enseñanza en entornos digitales o en escenarios híbridos. Por lo tanto, en el LE, se tiende a crear un contexto narrativo que funciona como una narrativa transmedia (NT) con cierto grado de inmersión.

Las NT son un tipo particular de narrativa que se extiende a través de diferentes sistemas de significación (verbal, icónico, audiovisual, interactivo, etc.) y medios (cine, cómic, videojuegos, teatro, etc.). Este concepto, introducido por el investigador Henry Jenkins (2003), tiene dos características fundamentales. En primer lugar, es un relato que se cuenta a través de múltiples plataformas y, en segundo lugar, involucra a parte de las personas espectadoras en la creación de nuevos elementos narrativos mediante la interacción. Por lo tanto, una NT implica una estrategia para desarrollar un mundo narrativo que abarca diferentes medios, lenguajes y actores. En el contexto del LE, la narrativa se construye a partir del juego de diversas entidades que componen una galaxia semántica en constante crecimiento gracias a las contribuciones de profesores y estudiantes.

Las NT en el LE tienden a lograr la inmersión, lo que significa que se espera que las personas estudiantes se conviertan en protagonistas de la narrativa. En la educación superior, esto implica que el estudiantado se involucre en situaciones profesionales; mientras que, en otros niveles educativos, pueden abordar problemas sociocientíficos que requieran intervención. De esta manera, en el contexto de una NT, los resultados de las actividades experimentales de la SEA se utilizan para tomar decisiones. Se espera que las personas estudiantes den significado a los resultados empíricos obtenidos mediante diversos procedimientos realizados en las diferentes interfaces del LE, y que estos se utilicen para la construcción de juicios y la toma de decisiones en un contexto verosímil. En consecuencia, se fomenta el pensamiento crítico y otros aspectos del trabajo profesional.

La construcción de narrativas efectivas en la educación implica numerosas consideraciones técnicas, como la estructuración del relato, el uso de diversas plataformas, la definición de personajes y escenarios, la creación del universo narrativo, así como la relación entre la narrativa y otros elementos de la estrategia de enseñanza, entre otros aspectos. A pesar de la complejidad de esta tarea, es esencial para enriquecer la experiencia de aprendizaje y permitir la reinterpretación de las actividades experimentales.

La evaluación de los aprendizajes como desafío en rediseño de la actividad experimental

La evaluación resulta un aspecto crítico del proceso educativo. El abordaje completo de este tema excede por mucho los propósitos del presente ensayo. En consecuencia, es necesario delimitar las cuestiones a tratar referentes a los procesos de evaluación en la lógica del LE. En esta línea, este apartado presenta algunas primeras discusiones sobre la posible sistematización de la evaluación de los aprendizajes en SEA desarrolladas siguiendo los lineamientos del modelo. Esta decisión deja por fuera del análisis aspectos vinculados a la evaluación de los diseños de la enseñanza, revelándolos como claras perspectivas de trabajo. Las definiciones sobre evaluación son múltiples y complejas. Siguiendo a Bertoni et al. (1995)

Evaluar supone efectuar una lectura orientada sobre el objeto que se evalúa, en función de la cual quién evalúa se pronuncia sobre la realidad. Dicho de otra manera, no existe una lectura directa de la experiencia. Hay siempre un proceso de interacción entre quién evalúa y la realidad a evaluar. En ese proceso, en función de las propiedades de esa realidad, el evaluador construye el referente, es decir, aquello con relación a lo cual se va a efectuar la evaluación, aquello que le permitirá pronunciarse sobre la realidad que evalúa (p. 20).

El advenimiento de nuevas modalidades educativas y de escenarios ricos en tecnología redefine la interacción del evaluador y objeto de evaluación imponiendo la necesidad de nuevos instrumentos para sostenerla. En otras palabras, la priorización de ciertos aprendizajes y la metodología de trabajo que propone el LE obliga a buscar nuevas maneras de evaluar.

El LE pone énfasis en la evaluación formativa y diagnóstica. La primera resulta fundamental para que las personas estudiantes, que encuentran mayores grados de libertad en las actividades experimentales en este modelo, puedan autorregular sus aprendizajes y tomar decisiones sobre su propio recorrido en la SEA. La segunda permite a profesores recabar información sobre la situación inicial de sus estudiantes y, consecuentemente, aprovechando el carácter modular y multiinterfaz de las secuencias, generar los ajustes necesarios en su propuesta de enseñanza.

En clara sintonía con lo anterior, el sistema de evaluación que se establezca en esta lógica de trabajo debe responder a dos misiones relacionadas a los propósitos de la evaluación: formativa y diagnóstica.

1. Retroalimentación: la evaluación debe proporcionar información valiosa sobre el rendimiento del estudiantado y ayudar a identificar fortalezas y debilidades en su aprendizaje. Esto permite a las personas estudiantes autorregularse y a personas educadoras ayudarlas a mejorar y desarrollar habilidades críticas en áreas en las que necesiten más apoyo.
2. Identificación de necesidades: la evaluación debe poder ayudar a identificar las necesidades individuales y grupales del estudiantado, lo que, a su vez, le permite a educadores adaptar las SEA.

Por último, teniendo en cuenta otros aspectos por comentar en cuanto a la evaluación en el LE, es menester preguntarse cuáles son los criterios de evaluación y cuáles instrumentos son adecuados para recolectar evidencias sobre los aprendizajes que permitan la confección de juicios. Claro está que estos criterios e instrumentos no podrán ser los mismos en el caso de este modelo que en la enseñanza de corte más tradicional y libresca.

Los criterios de evaluación pueden ser entendidos como los estándares o indicadores establecidos para medir el grado de aprendizaje. En otras palabras, son los parámetros que se utilizan para valorar el desempeño de estudiantes en una actividad específica. El diseño de la SEA debe incluir estos criterios que se construyen en íntima relación a los objetivos de las actividades propuestas. Muy posiblemente, teniendo en cuenta el contexto narrativo de las secuencias construidas en el modelo, dentro de estos criterios están bien representados los que tengan que ver con la aplicación de los procedimientos y conceptos trabajados a las situaciones del contexto real o verosímil utilizado para encuadrar la enseñanza. Es importante destacar que los criterios de evaluación deben ser claros, objetivos y medibles, para que tanto las personas estudiantes como docentes puedan entender qué se espera de ellas y cómo se va a medir su desempeño. Además, estos criterios deben ser comunicados claramente al estudiantado, para que sepan en qué aspectos de las actividades en cada interfaz del LE deben enfocar su atención y trabajo.

Con respecto a los instrumentos de evaluación, existen múltiples opciones, de las cuales muchas incorporan tecnologías, para recoger información sobre el aprendizaje de procedimientos sensoriomotores

e intelectuales vinculados al quehacer experimental y sobre habilidades vinculadas a lo digital. Para la enseñanza diseñada en el modelo del LE, el uso e-portfolios presenta algunas ventajas (Barberá y de Martín, 2009). Este tipo de instrumento permite una mirada del proceso y potenciaría la evaluación formativa que tiene una centralidad destacada en el sistema de evaluación que debe sostenerse en el LE. Además, podría también servir para documentar un proceso de toma de decisión vinculado al contexto narrativo de las SEA que tiene al estudiante como protagonista.

La elaboración de trabajos en grupos también podría ocupar un lugar de importancia en la constelación de instrumentos a desplegar. Es importante destacar que, como dice Camilloni (2018), el trabajo en grupo habilita a la realización de tareas, que pueden formar parte de las SEA, las cuales no pueden realizarse de manera individual por razones de tiempo o porque requieren simultaneidad de las acciones que deben ser llevadas a cabo o porque la complejidad de las tareas implica poner atención en múltiples y variadas actividades. En consecuencia, el tipo de actividad también resulta determinante para la selección del tipo de instrumento.

Por último, Pardo-Kuklinski y Cobo (2020) hacen una fuerte sugerencia sobre la evaluación en escenarios híbridos como los que inspiran el modelo: iterar toda la experiencia hacia procesos de autoevaluación y evaluación por pares gamificada basados en la premiación del ejercicio de las competencias duras y blandas de la persona estudiante, a través de rúbricas y medallas que las propias personas estudiantes se otorgan mutuamente durante todo el proceso. Este punto presenta la interesante dimensión de propiciar juicios de valor por parte de estas personas.

SÍNTESIS Y REFLEXIONES FINALES

A lo largo de este ensayo, se han explorado diversos aspectos fundamentales de un modelo de diseño de enseñanza que busca revitalizar la experimentación como un elemento esencial en la construcción del conocimiento científico en la educación formal a través de tecnologías digitales. Se ha destacado la importancia de la experiencia acumulada durante la enseñanza remota de emergencia como catalizador de cambios en la educación y como fuente de inspiración para el desarrollo del LE. Este modelo se adapta de manera efectiva a los nuevos entornos educativos híbridos o digitales, ofreciendo respuestas teóricas a las nuevas necesidades y desafíos en la enseñanza de la ciencia.

Entre los rasgos esenciales del modelo del LE, se ha subrayado su enfoque en la sinergia de distintos laboratorios y la centralidad de los procedimientos en la estructuración de las SEA. Esto permite abordar la complejidad y la incertidumbre de los datos empíricos en prácticas científicas de alto nivel.

La metáfora de la interfaz habitable ha sido clave en la comprensión de este modelo. Cada laboratorio se considera un espacio de interacción que involucra a estudiantes, docentes y contenido de aprendizaje. Esto implica un cambio en los roles tradicionales, donde los estudiantes tienen mayor libertad y las personas docentes se convierten en curadoras y diseñadoras de experiencias.

Además, se ha abordado la importancia de trabajar en distintos niveles de representación en la enseñanza de las ciencias, reconociendo la diversidad de registros semióticos y su influencia en el proceso de aprendizaje. El LE fomenta la alfabetización en estos registros y promueve la conexión entre niveles de representación.

La construcción de un contexto narrativo ha sido resaltada como un elemento esencial en el diseño de las SEA en el LE. Esta narrativa permite dar significado a las actividades experimentales y conectarlas con discusiones sobre el ejercicio profesional y problemáticas sociocientíficas. Las narrativas transmedia (NT) han demostrado ser especialmente efectivas para lograr la inmersión de estudiantes en la narrativa y promover el pensamiento crítico.

En resumen, el laboratorio extendido se presenta como un modelo prometedor que puede inspirar cambios significativos en la enseñanza de las ciencias en entornos digitales. Sin embargo, se reconoce que aún hay aspectos que requieren atención, como la definición de nuevos roles para estudiantes y docentes, la aplicación de estrategias de investigación basada en diseño, la estructuración deseable de SEA, así como el desarrollo de sistemas de evaluación más allá de la evaluación sumativa.

En última instancia, se invita a repensar la enseñanza bajo el enfoque del LE, reconociendo su naturaleza dinámica y su capacidad para adaptarse a la práctica y a los cambios sociales en constante evolución. Este modelo promete revitalizar la experimentación como un pilar fundamental en la educación científica contemporánea.

REFERENCIAS

- Anderson, y Shattuck, J. (2012). Design-based research: A decade of progress in education research? *Educational researcher*, 41(1), 16-25. <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.3102/0013189x11428813>
- Area, M. y Adell, J. (2021). Tecnologías Digitales y Cambio Educativo. Una Aproximación Crítica. *Ibero-American Journal on Quality, Effectiveness & Change in Education/REICE*, 19(4), 83-96. https://revistas.uam.es/reice/article/view/reice2021_19_4_005
- Barberá, O y Valdés, P. (1996). El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(3), 365-379.
- Barberá G. E. y de Martín Rojo, E. (2009). *Portfolio electrónico: aprender a evaluar el aprendizaje*. Carrera edición, S.L.
- Bertoni, A., Poggi, M. y Teobaldo, M. (1995). Evaluación. *Nuevos significados para una práctica compleja*. Kapelusz.
- Boud, D., Dunn, J., y Hegarty-Hazel, E. (1986). *Teaching in laboratories*. Nelson, Society for Research into Higher Education & NFER.
- Bruner, J. S. (2003). *Making stories: Law, literature, life*. Harvard University Press.
- Camilloni, A. R. (2018). La evaluación de trabajos elaborados en grupo. En R. Anijovich, R. (Ed.), *La evaluación significativa*. Paidós.
- Carrascosa, J., Gil-Pérez, D., Vilches, A. y Valdés-Castro, P. (2006). Papel de la actividad experimental en la educación científica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 23(2), 157-181.
- De Jong, O. (2006). Making chemistry meaningful. Conditions for successful context-based teaching. *Educación Química*. 17(4), 215-221.
- Duval, R., (2017). *Understanding the mathematical way of thinking*. Springer.
- Elisondo, R. C. y Chesta, R. (2022). Innovar en tiempos de pandemia: rupturas necesarias y urgentes. *Anuario Digital De Investigación Educativa*, 5, 177-187. <http://revistas.bibdigital.uccor.edu.ar/index.php/adiv/article/view/5285>.
- Furió, C. y Domínguez, C. (2007). Problemas históricos y dificultades de los estudiantes en la conceptualización de sustancia y compuesto químico. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(2), 241-258.
- Gil-Pérez, D., Carrascosa, J., Furió, C. y Martínez-Torregrosa, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Horsori.
- Gilbert, J. y Treagust, D. (2009). *Multiple representations in chemical education, models and modeling in science education*. Springer.

- Guisasola, J., Ametller, J., y Zuza, K. (2021). Investigación basada en el diseño de Secuencias de Enseñanza-Aprendizaje: una línea de investigación emergente en Enseñanza de las Ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(1), 101-102. <https://www.redalyc.org/journal/920/92064232011/92064232011.pdf>
- Hodges, C. Moore, S. Lockee, B. Trust, T. y Bond, A (2020). *The Difference Between Emergency Remote Teaching and Online Learning*. EDUCAUSE Review. <https://vtechworks.lib.vt.edu/handle/10919/104648>
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las ciencias*, 12(3), 299-313.
- Horemans, J. y Schmidt, A. (2020, 14 de abril). *Le confinement et la douloureuse question des examens*. Le Soir. Recuperado el 27 de noviembre de 2023 de <https://www.lesoir.be/294355/article/2020-04-14/carte-blanche-le-confinement-et-la-douloureuse-question-des-examens>
- Itoyaga, I. J., Moya, C. N., Maeyoshimoto, J. E. y Lorenzo M. G. (2020). Una propuesta metodológica para el estudio de las representaciones visuales en los materiales didácticos de física. *Revista de Enseñanza de la Física*, 32, 199-205.
- Jenkins, H. (2003, 15 de enero). *Transmedia storytelling*. MIT Technology Review. Recuperado el 8 de junio de 2022 de <http://www.technologyreview.com/biotech/13052>
- Johnstone, A. (1982). Macro-and micro-chemistry. *School Science Review*, 64, 377-379.
- Lorenzo, M. (2020). Revisando los trabajos prácticos experimentales en la enseñanza universitaria. *Aula Universitaria*, 21, e0004.
- Martí, E., y Scheuer, N., (2015). Sistemas semióticos, cultura y conocimiento matemático temprano. *Estudios de Psicología*, 36(1), 9-16.
- Mercer, N., (2019). *Language and the Joint Creation of Knowledge*. Routledge.
- Nosiglia, M. C. (2020). *La Universidad de Buenos Aires frente a los desafíos de la pandemia*. En P. Falcón (Ed.), *La universidad entre la crisis y la oportunidad: reflexiones y acciones del sistema universitario argentino ante la pandemia* (pp. 59-72). Eudeba.
- Ordenes, R., Arellano, M., Jara, R., y Merino, C. (2014). Representaciones macroscópicas, submicroscópicas y simbólicas sobre la materia. *Educación química*. 25(1), 46-55.
- Pardo-Kuklinski, H. y Cobo, C. (2020). *Expandir la universidad más allá de la enseñanza remota de emergencia Ideas hacia un modelo híbrido post-pandemia*. Outliers School.
- Petrosky, H. (1994). *The evolution of useful things*. Vintage Books.
- Polkinghorne, D. (2015). Possibilities for action: Narrative understanding. *Narrative Works*, 5(1), 153-173.
- Postigo, Y. y López-Manjón, A. (2018). Conceptions of Biological Images as Representational Devices. Images in biology: are instructional criteria used in textbook image design? *International Journal of Science Education*. 41(2), 210-229.
- Postigo, Y., y Pozo, J. I. (2000). Cuando una gráfica vale más que 1000 datos: la interpretación de gráficas por alumnos adolescentes. *Infancia y Aprendizaje*, 90, 89-100.
- Postigo, Y., y Pozo, J. I. (2004). La representación mental de los mapas geográficos: niveles de procesamiento. *Cognitiva*, 16(1), 13-41.
- Pozo, J. I., (2017). Aprender más allá del cuerpo: de las representaciones encarnadas a la explicitación mediada por representaciones externas. *Infancia y Aprendizaje: Journal for the Study of Education and Development*, 40(2), 219-276.
- Qualter, A., Strang, J., Swatton, P. y Taylor, R. (1990). *Exploration. A way of learning science*. Blackwell.

- Rua, A. y Alzate, O. (2012). Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 8, 1, (145-166).
- Sanmartí, N., Márquez, C., y García, P. (2002). Los trabajos prácticos, punto de partida para aprender ciencias. *Aula de innovación educativa*, 113, 8-13.
- Scolari, C. A. (2018). *Las leyes de la Interfaz: diseño, ecología, evolución, tecnología*. Gedisa.
- Woolnough, B. E. y Allsop, T. (1985). *Practical work in science*. Cambridge University Press.
- Zorrilla, E. G., Morales, L., Mazzitelli, C. A., y Del Carmen Olivera, A. (2019). Análisis de trabajos prácticos de laboratorio elaborados por futuros docentes de ciencias naturales. *Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias*, 14(2), 286-302.