

Informe final publicable de proyecto

?Proyecto Piloto Laboratorio de Ciencias Vivas con tecnologías `Házlo tú mismo` (DIY), `Házlo con Otros` (DIWO) y, `Trae tu propio dispositivo` [BYOD]?

Código de proyecto ANII: FSED_2_2018_1_150716

14/12/2022

CASTELLÓ GÓMEZ, María Esmeralda (Responsable Técnico - Científico)
REHERMANN DE SAGASTIZABAL, Maria Ines (Investigador)
SEDRASCHI OLIVERA, Pablo Miguel (Investigador)
UMPIÉRREZ, Marcos Damyan (Investigador)
YOUNG, Anne (Investigador)
ACOSTA MASCARÓ, Fernando Nicolás (Investigador)
ALBARRAN, Nikolas (Investigador)
ALONSO, Sandra (Investigador)
ARGENTE RAIMONDO, Daniel Alejandro (Investigador)
CALVELO COMESAÑA, Javier (Investigador)
GIMENEZ NOVAS, Marcos Ignacio (Investigador)
GOMEZ-MARQUEZ, Jose (Investigador)
PELLEGRINO BONIFACINO, Virginia Elena (Co-Responsable Técnico-Científico)
PEREIRA LARRONDE, Ana Carolina (Investigador)
RADMILOVICH CABRERA, Milka Dora (Investigador)

\\ LITTLE DEVICES LAB, MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY \\

MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CULTURA. INSTITUTO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS "CLEMENTE ESTABLE" \\

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA. FACULTAD DE INGENIERÍA \\

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA. INSTITUTO ESCUELA NACIONAL DE BELLAS ARTES - UDELAR \\

FUNDACIÓN DE APOYO AL INSTITUTO CLEMENTE ESTABLE

Resumen del proyecto

En Uruguay y mundialmente los jóvenes expresan bajo interés por la ciencia y las tecnologías, y se trata entonces, de renovar la educación científica para revertirlo y promover el desarrollo de la cultura científica ciudadana para el desarrollo sostenible.

El principal objetivo de este proyecto, desarrollado por un equipo interinstitucional, multidisciplinario e internacional, fue promover el desarrollo de competencias de pensamiento crítico en estudiantes de las modalidades presencial y semipresencial de profesorado del CFE, potenciar la apropiación de tecnologías de bajo costo y código abierto como recursos educativos en el aula, y promover la creatividad e innovación.

Se utilizó un diseño cuasi-experimental pre-test/post-test con grupo control.

En el primer año se trabajó en un espacio de laboratorio físico de CFE que se equipó con tecnologías de bajo costo (MIT Little Devices Lab) y posteriormente cortadora laser, una impresora 3D, equipos de código abierto y de bajo costo de microscopía (Foldscope Instruments) y electrofisiología (Backyard Brains), herramientas e insumos de electrónica y robótica, laptop, impresora, cañón de proyección y microscopio de campo claro equipado con cámara digital.

En el segundo año se desarrolló y trabajó en un laboratorio virtual interactivo de ciencias vivas que posibilitó la continuidad de la actividad práctica durante la pandemia por SARS-CoV-2. Está formado por dos estaciones experimentales descargables - Fisiología y Biología Celular- que simulan la generación de datos, que pueden ser almacenados, procesados o exportados, y una guía de recursos didácticos, disponibles en repositorio de CFE (<http://repositorio.cfe.edu.uy/handle/123456789/1632>).

No se encontraron cambios significativos en destrezas de pensamiento crítico, probablemente debido al bajo n logrado y los trabajos-reportes elaborados por los estudiantes revelaron tanto fortalezas como debilidades.

Se considera que los recursos físicos y virtuales desarrollados podrán apoyar la educación formal, no formal e informal de las ciencias y contribuir al ODS #4.

Introducción

En acuerdo con lo expresado en la Declaración de la III Conferencia Regional de Educación Superior para América Latina y el Caribe (1), donde se manifiesta que para que el conocimiento apunte a la justicia social, se requiere un cambio de la matriz epistémica que se lograría si el aprendizaje de lo conocido y la generación de nuevos conocimientos se reconcilian, y si la teoría y la práctica van de la mano.

Concordantemente, este proyecto se enmarca en determinados objetivos y lineamientos de la Declaración de Quito sobre la ciencia, los conocimientos, las tecnologías y las artes (2): generar conocimientos y democratizar su acceso, uso y aprovechamiento mediante nuevas modalidades de promoción para el fomento del conocimiento abierto y tecnologías libres. Promover la apropiación social de las tecnologías, los conocimientos y la ciencia, a través de medios tales como bibliotecas y repositorios digitales abiertos (#2); crear capacidades, vocación científica y cultura de innovación entre niños, niñas y jóvenes de la región, mediante el desarrollo e implementación de nuevos métodos de enseñanza de las ciencias en todos los niveles (#8); y garantizar la equidad de género y étnica-racial en el acceso al sistema de ciencia, tecnología e innovación, y en la generación de conocimientos (#9).

Este proyecto atiende asimismo al "Informe sobre el desarrollo mundial 2018: Aprender para hacer realidad la promesa de la educación" que alerta sobre la "crisis del aprendizaje" (quiebre de la relación entre la enseñanza y el aprendizaje), indica falencias de docentes e insumos (libros de textos y tecnologías) y sugiere como medidas la capacitación y motivación de los docentes (3).

Por otra parte, mundialmente se trata de transformar la educación científica para detener la disminución del interés de los jóvenes por la ciencia y promover el desarrollo de la cultura científica de los ciudadanos.

Hace años estamos ante una renovación pedagógica para que los estudiantes tengan un papel activo y mejorar la enseñanza de la ciencia y la tecnología. Concordantemente, la UNESCO propone que la educación experimental es clave al aprendizaje centrado en el estudiante para el desarrollo futuro sostenible (<http://www.unesco.org/education/tlsf/>), cambio de paradigma que requiere una adecuación en la formación inicial y permanente de los docentes (4).

Desde principios del siglo XIX, los docentes han explicitado su valoración de las actividades prácticas en el aprendizaje (5, 6), y a pesar de visiones encontradas (5, 7, 8), hay consenso sobre la importancia del trabajo práctico (5,9). Distintas categorías de actividades prácticas (experiencias, experimentos ilustrativos, ejercicios prácticos, e investigaciones)

permiten alcanzar diferentes objetivos docentes. Las experiencias posibilitan la familiarización perceptiva con los fenómenos; los ejercicios prácticos permiten aprender habilidades prácticas y técnicas, y las investigaciones brindan la oportunidad de resolver problemas, construir conocimiento y comprender los procesos de la ciencia (10,11).

Las tecnologías "hazlo tu mismo" (HTM), "hazlo con otros" (HCO) y "trae tu dispositivo" (TTD) son particularmente apropiadas para su utilización en las actividades de tipo investigación porque también propenden al desarrollo del pensamiento crítico (12).

El pensamiento crítico es un modo de pensar impulsado por la motivación, dirigido a resolver un problema o contestar una pregunta. Es un proceso intelectualmente exigente, disciplinado, plástico y entrenable involucrando procesos cognitivos tales como métodos de indagación lógica, alfabetización informacional y habilidades de procesamiento (análisis, evaluación, inferencia y juicio reflexivo), el autoanálisis (metacognición) y la autorregulación (13-17).

Considerando lo antes mencionado, en este proyecto se propuso como objetivo responder a la siguiente interrogante: ¿Impacta positivamente en la formación/ejercicio profesional de los estudiantes de profesorado, su formación en el contexto de un laboratorio vivo real o virtual de Ciencias Biológicas ("Natural science living laboratory") en el cual elaboren e implementen actividades de tipo investigación utilizando tecnologías HTM/HCO/TTD?

Por la naturaleza de la propuesta, la temática y el objetivo, se aunaron esfuerzos de un grupo interdisciplinario e interinstitucional en colaboración con grupos internacionales, buscando potenciar su carácter innovador.

Esta propuesta se inscribe en el objetivo a largo plazo de la línea de investigación del grupo de proponente (investigadoras del IIBCE y Facultad de Medicina y docentes del CFE), cuyo tema central es el aprendizaje profundo (18 y 19) y las metodologías para el desarrollo de las competencias involucradas en el mismo (pensamiento crítico, reflexión sobre el valor del trabajo práctico en el aprendizaje, dominio del contenido académico, trabajo en colaboración y capacidad de comunicación) las que son relevantes en la práctica docente.

Para ello, se propuso desarrollar actividades de tipo investigación en el marco de los cursos de Formación Docente del área Ciencias Biológicas (Biología Celular, y Anatomía y Fisiología Humana).

Habiendo constatado la falta de equipamiento necesario para su implementación, se propuso la creación de un laboratorio vivo real, equipado con tecnologías de tipo HTM/HCO/TTD, consistente en una estructura integrada por personas y tecnologías que permite vincular activamente a los participantes (en particular docentes de formación docente y estudiantes de profesorado) en procesos de investigación que promueven la creatividad en un entorno multidisciplinario. El laboratorio se equipó con herramientas e instrumentos para fabricar equipos apropiados para desarrollar actividades de tipo investigación inspirados en la modalidad de trabajo de otros grupos colaboradores internacionales (GaudiLabs, http://www.gaudi.ch/GaudiLabs/?page_id=2, Lucerna, Suiza; MIT Little Devices lab, <http://jfgm.scripts.mit.edu/littledeviceslab/>, Cambridge, USA y SDG Solution Space, <https://sdgsolutionspace.org/>, Ginebra, Suiza).

También se creó una plataforma virtual para implementar un Laboratorio de Ciencias Vivas Virtual e interactivo y una guía de artículos y páginas web sobre tecnologías HTM/HCO/TTD para la construcción de instrumentos científicos (20 y 21), o de carácter docente, y accesos a páginas de laboratorios y organizaciones (ej: <https://diybio.org/local/>; <http://fabfoundation.org>; <http://www.openlivinglabs.eu/>; <https://diybiosingapore.wordpress.com/tag/diwo/>; <http://www.gaudi.ch/GaudiLabs/>; https://github.com/rwb27/openflexure_microscope; <http://jfgm.scripts.mit.edu/littledeviceslab/>; <https://hackteria.org/>; <http://www.hackuarium.ch/en/>; <https://m.xataka.com/n/jugar-al-tetris-con-una-pizza-solo-es-el-principio-de-la-revolucion-tecnologica-diy>; <https://civiclaboratory.nl/2016/08/06/diy-microscopes/>; <https://www.fablabs.io/organizations/international-fab-lab-association>).

En esta investigación, se utilizó un diseño cuasi experimental de tipo pre-test/post-test con grupo control y evaluación formativa y sumativa (22), en el que la población objetivo fueron estudiantes de profesorado de Ciencias Biológicas (Instituto de Profesores Artigas -IPA- del Consejo de Formación en Educación -CFE- de la Administración Nacional de Educación Pública -ANEP). Cumpliendo con la reglamentación vigente, las actividades se desarrollaron previa presentación a los participantes y consentimiento expreso, y cuidando el anonimato.

Para la evaluación de las destrezas de pensamiento crítico, se aplicó el test de Halpern Critical Thinking Assessment Using Everyday Situations (HCTAES) (Halpern, 2006), una herramienta ampliamente empleada que plantea situaciones problema de la vida real formuladas mediante preguntas de formato abierto o cerrado.

Tomando como eje temático algunos contenidos disciplinares de las asignaturas Biología Celular y Fisiología Humana, se trabajó presencialmente en varias actividades en las que se plantearon situaciones problema que podrían implicar distintos tipos de actividades prácticas (experiencias, experimentos ilustrativos, ejercicios prácticos, e investigaciones) y/o el desarrollo de nuevos instrumentos. También se propuso la inclusión de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs) tanto en la creación del laboratorio real como del virtual, en el entendido de que las TICs deberían

ocupar un sitio relevante en la formación docente, a pesar de que los docentes y estudiantes no siempre comparten dicha prioridad (23). El conocimiento y manejo de los nuevos contextos tecnológicos son algunas de las competencias que deberían desarrollar los futuros docentes en su formación inicial para el mejor ejercicio de su profesión. En este marco, y teniendo presente el carácter experimental de las Ciencias Biológicas, uno de los resultados esperados y logrado a corto plazo es el activo involucramiento de los estudiantes de profesorado y la incorporación de la resolución de problemas como una de las estrategias educativas en el aula, en acuerdo al pensamiento del Maestro Clemente Estable: "Lo educativo consiste en aprender a aprender... y una de las más importantes misiones de la enseñanza es enseñar a aprender" (24).

Finalizadas las actividades, se aplicó nuevamente el test de Halpern (post-test). También se indagó el grado de logro de los objetivos educacionales del proyecto mediante un rúbrica que se aplicó a los trabajos finales (informes de la actividades realizadas en el marco del curso Biología Celular) (25-27).

Para la divulgación/extensión de los resultados del proyecto hacia docentes (incluyendo la promoción de la apropiación de las tecnologías y REAS que se desarrollaron), se realizaron las siguientes actividades: i) talleres/cursos en el marco de cursos de Verano del IPA y Escuela de Verano CEIBAL); presentaciones en Jornadas y Congresos sobre Educación nacionales e internacionales.

Se espera que los recursos desarrollados sean utilizados por otros centros de formación docente, tanto en la modalidad presencial (PP) como semipresencial (SP).

Metodología/diseño del estudio

Se utilizó un diseño cuasi-experimental pre-test/post-test con grupo control y evaluación formativa y sumativa, incluyendo estudiantes de las modalidades de Profesorado Presencial (PP) y Semipresencial (PS) cuya selección se realizó considerando sus edades y trayectos académicos. Los estudiantes se distribuyeron aleatoriamente entre grupos experimental o test y control.

En el primer año del proyecto se trabajó en un espacio de laboratorio físico con tecnologías de bajo costo de MIT Little Devices Lab y otras acordes a la filosofía de los "laboratorios de fabricación". A fines del proyecto, dicho espacio se equipó con: a) una cortadora laser, b) una impresora 3D, c) equipos de código abierto y de bajo costo de microscopía (Foldscope Instruments) y de electrofisiología (Backyard Brains), d) herramientas e insumos de electrónica y robótica, e) laptop, impresora y cañón de proyección, y f) microscopio de campo claro equipado con una cámara digital.

Los estudiantes del grupo experimental participaron en las actividades programadas en el laboratorio real de Biología HTM/HCO/TTD. Todos los estudiantes de los grupos test y control del Curso Biología Celular (2019) realizaron el pre-test del cuestionario de Halpern de destrezas de pensamiento crítico y solo algunos, los que terminaron el curso, realizaron el post test. También elaboraron un trabajo final que permitió la evaluación sumativa individual post-test (4, 29 y 30).

Se esperaba contar con la participación de hasta 20 estudiantes en el primer año y hasta 60 en el segundo año, pero esto no fue posible por la crisis sanitaria desencadenada por SARS-CoV-2.

Los estudiantes del grupo test participaron en dos Talleres. Uno, sobre tecnologías HTM/HCO/TTD impartido por integrantes del MIT Little Devices Lab utilizando equipos desarrollados por MIT Little Devices Lab. Otro, sobre filosofía maker dictado por dos de los docentes de Bellas Artes que integran el equipo de investigación del proyecto.

Para la instrumentación de las actividades en los laboratorios de Ciencias Vivas desarrollados en el marco de este proyecto, se propuso la utilización y/o el desarrollo de los materiales y equipamientos de laboratorio que requieren de las tecnologías de bajo costo, con tecnologías de tipo HTM/HCO/TTD, diseñados y/o implementados por instituciones tales como la GaudiLab, MIT Little Devices, Fundación La main à la pâte, introduciendo adaptaciones y ajustes según las necesidades y posibilidades de los cursos de Formación Docente en los que se aplicó este proyecto, de modo que las mismas pudieran seguir siendo desarrolladas durante la futura actividad docente de los participantes.

La planificación didáctica de los laboratorios en los niveles iniciales de la carrera, se realizó sobre la base de Recursos Educativos Abiertos (REA) existentes y/o que se fueron desarrollando durante el proyecto. En este sentido, el trabajo estuvo organizado de forma planificada, flexible y contextualizada, con una trama conceptual dirigida a orientar el proceso de aprendizaje de los estudiantes.

Se propuso como disparador la realización de las actividades de laboratorio planteadas en el REA FOTOSÍNTESIS: Una guía de estudio y recursos audiovisuales para la realización de actividades experimentales (28) del cual son coautoras dos integrantes del equipo proponente (35). Tal cual se plantea en ese recurso, las temáticas a abordar a través del desarrollo de los laboratorios vivos, se planificaron como unidades didácticas. En la planificación de esta unidad didáctica se acordó entre los docentes participantes los saberes disciplinares y competencias cognitivas relevantes, los contenidos apropiados para ello, su secuenciación, y las actividades en general. En particular, se trabajó sobre las actividades

experimentales que mejor se ajustaran para orientar el aprendizaje de los estudiantes, y el momento, forma e instrumentos para evaluar cada unidad (32-34). Aunque las unidades didácticas estuvieron predefinidas por el equipo proponente del proyecto, se promovió que durante el curso los estudiantes elaborasen/diseñasen instrumentos y/o estrategias complementarias, inspirados en la bibliografía y/o en los talleres que realizaron con el equipo proponente. Se considera que estas actividades, dirigidas al estudio particular de las células de plantas y el proceso de fotosíntesis, son relevantes para despertar el interés de los estudiantes en profundizar sus conocimientos, potenciar su aprendizaje y en fortalecer su comprensión del tema en estudio, uno de los procesos transversales y estructurantes de las Ciencias Biológicas.

Como ejemplos de actividades experimentales desarrolladas en el laboratorio vivo se propuso:

- i) Estudio de la estructura de las células de plantas que incluya el diseño y armado de equipos para la observación microscópica de las células.
- ii) Estudio de los espectros de absorción de los pigmentos fotosintéticos.
- iii) Estudio de las variaciones en las concentración de O₂ y CO₂ durante las fases de la fotosíntesis (por ejemplo a través de sensores de gases que operan con tecnología arduino).
- iv) Obtención de fracciones subcelulares enriquecidas en cloroplastos (u otras estructuras subcelulares) por centrifugación diferencial.
- v) Electroforesis de ADN y/o proteínas.

Por su parte, en el laboratorio vivo propuesto para el Seminario dirigido a los estudiantes de 3° y 4° año de la carrera de Profesorado se propusieron problemas cuya resolución implicaron el diseño de actividades de registro de señales bioeléctricas en invertebrados.

- i) Registro de potenciales de acción en la pata de un invertebrado (*Blaptica dubia*)
- ii) Estudio de la regulación de la codificación de las características del estímulo (tipo e intensidad) en los trenes de potenciales de acción.

En el segundo año del proyecto, coincidente con la pandemia por SARS-CoV-2, de acuerdo a las actividades efectivamente instrumentadas con los estudiantes del CFE, se diseñó y trabajó en un entorno virtual de aprendizaje (EVA) a través de simulaciones que transcurren en un laboratorio virtual. Por medio del EVA los estudiantes del CFE realizaron actividades experimentales virtualmente. Se solicitó el apoyo de CEIBAL para incorporar el laboratorio virtual en su plataforma de modo que puedan acceder al mismo no solo los estudiantes participantes del proyecto sino otros estudiantes y docentes de Educación media y del CFE.

Destacamos que el desarrollo del EVA con el laboratorio virtual, amplió significativamente el alcance de la propuesta a estudiantes de la Modalidad Semipresencial de todo el país dependientes del CFE, permitiendo la continuidad de las actividades prácticas durante la pandemia.

Para implementar el Laboratorio Virtual, los investigadores del IENBA crearon una plataforma virtual utilizando la interfaz Unity. Consistió en la simulación de un laboratorio, en el que los visitantes puedan realizar actividades de investigación y experimentos. Se replicaron actividades que se realizaron en el laboratorio físico, permitiendo explorar diversas posibilidades en un entorno virtual.

La interacción es compleja, con varios pasos, y opciones en cada paso creando un árbol de opciones posibles.

A la plataforma se puede acceder como aplicación ejecutable para dispositivos móviles o PC.

El laboratorio virtual cuenta con un apartado de vínculos a revistas sobre educación y científicas, así como a páginas web internacionales sobre acciones de tipo HTM/HCO/TTD, y link a cuestionarios de evaluación por parte de los usuarios.

Resultados, análisis y discusión

A pesar de varias dificultades, entre las que destacamos la imposibilidad de acceder al Laboratorio de Ciencias Vivas físico durante gran parte del desarrollo del proyecto, principalmente debido a las restricciones impuestas por la pandemia por COVID-19 se logró cumplir con los siguientes objetivos del proyecto:

- 1) La creación de un laboratorio vivo físico de Biología equipado con equipos de laboratorio basados en las tecnologías HTM/HCO/TTD, así como equipamiento fabricación que permite la creación de otros equipos de tipo HTM/HCO/TTD.
- 2) Promover que los estudiantes de profesorado se comprometieran activamente en las actividades propuestas durante el primer año de desarrollo del proyecto, lo cual se trasluce en la calidad de los trabajos realizados. Los mismos se evaluaron a través de una rúbrica que analizó las secciones del trabajo en sus dimensiones: introducción ("compromiso personal", "planteamiento del problema", "pregunta de investigación / objetivos, variables del estudio" y "revisión

bibliográfica/información de referencia”), diseño experimental (“metodología”), análisis de resultados (“datos”, “procesamiento de los datos e interpretación” y “evaluación de los resultados”), evaluación (“presentación de conclusiones”, “comparación de resultados con el contexto científico aceptado” y “evaluación de la investigación”) y comunicación (“presentación de la investigación”). La estadística descriptiva de estos resultados mostró que los estudiantes se destacaron en las dimensiones “compromiso personal” y “preguntas de investigación/objetivos” y presentaron mayores dificultades en la dimensión “comparación de resultados con el contexto científico aceptado”.

3) La creación de una plataforma web y un simulador virtual que permite a los estudiantes realizar actividades de experimentación en un ambiente controlado, utilizando una interfaz desarrollada para tales fines.

Se crearon dos simuladores descargables en sistemas operativos Windows y Linux. Son espacios en los que se puede experimentar sin peligro de daño personal, contaminación o pérdida de las muestras o rotura de equipos por impericia o errores metodológicos. Para mantener el cuidado y rigor necesario de una actividad experimental formativa, pueden aparecer comentarios sobre los cuidados que se requieren para un buen uso de los equipos o para evitar la contaminación de las muestras. Por ejemplo, advierte si los tubos no se equilibraron previo a su centrifugación o si se va a utilizar una pipeta sucia.

Algunos de los atributos relacionados con el uso del programa de los laboratorio virtual como material educativo de Biología Celular y Fisiología desarrollados en este proyecto -en acuerdo con Özden Karagoz y Ozdener (2010) (33 y 45) son: i) Permiten apoyar diferentes métodos de enseñanza (método de proyectos, resolución de problemas, etc.). ii) Son convenientes para su uso en trabajo en grupo. iii) Los usuarios reciben retroalimentación automática inmediata. iv) Contienen tutoriales.

Los atributos relacionados con la interfaz de usuario de los laboratorios virtuales son: i) Pueden usarse en español, ii) Cumplen con los estándares utilizados por los usuarios (Menús, iconos simbólicos, etc.). iii) Los usuarios son libres de seleccionar y utilizar cualquier objeto que deseen. iv) Tienen una estructura interactiva. v) Brindan a los usuarios la oportunidad de ejecutar los módulos una y otra vez.

Los programas de los laboratorio virtuales presentan las siguientes características como soporte de productos y servicios: i) Brindan información a los usuarios sobre herramientas de experimentación y entornos de experimentación. ii) Proporcionan manual de usuario. iii) La información sobre el programa se puede obtener del entorno de Internet.

4) Poner el laboratorio virtual y la biblioteca virtual de REA del presente proyecto a disposición para que, en acuerdo con su naturaleza, puedan ser consultados, empleados, modificados, adaptados, actualizados para ser utilizados en diferentes contextos educativos por estudiantes y docentes de formación docente, y docentes de enseñanza secundaria, técnica y primaria. El laboratorio de Ciencias Vivas Virtual está disponible en el repositorio de CFE-ANEP (<http://repositorio.cfe.edu.uy/handle/123456789/1632>) y CEIBAL (<https://rea.ceibal.edu.uy/elp/laboratorio-de-ciencias-vivas/inicio>), y próximamente en el de IEMBA (UdelaR).

5) En relación al impacto de la propuesta: i) Formación de recursos humanos con bases interdisciplinarias.

Conclusiones y recomendaciones

En este proyecto, se propuso la creación de un laboratorio vivo de Ciencias Biológicas real, equipado con tecnologías de tipo HTM/HCO/TTD en CFE modalidad presencial y semipresencial (ANEP).

También se creó un Laboratorio de Ciencias Vivas Virtual que posibilita el trabajo experimental de manera interactiva en dos Laboratorios, uno de Biología Celular sobre la reacción de Hill y otro de Fisiología sobre señales bioeléctricas del sistema nervioso. También contiene un apartado de vínculos a revistas sobre educación y científicas, así como a páginas web internacionales sobre acciones de tipo HTM/HCO/TTD, y el enlace a cuestionarios de evaluación por parte de los usuarios.

Se utilizó un diseño cuasi experimental de tipo pre-test/post-test con grupo control y evaluación formativa y sumativa.

La población objetivo estuvo formada por estudiantes de profesorado de Ciencias Biológicas del IPA enmarcados en Cursos curriculares de Biología Celular.

A pesar de la pandemia (*), y la imposibilidad de realizar actividades presenciales en la mayor parte de la duración del proyecto, se lograron algunos de los resultados esperados: i) el involucramiento activo de los estudiantes de profesorado. ii) creación de una plataforma web del Laboratorio de Ciencias Vivas. iii) creación de simuladores virtuales de Laboratorio de Biología Celular y de Fisiología, descargables que permiten realizar actividades experimentales en un ambiente controlado, que disminuye el riesgo de daño de equipos y potencial exposición a accidentes de los usuarios. Constituyen también un instrumento de entrenamiento en el uso adecuado de equipos y materiales de laboratorio usuales en la enseñanza e investigación. Habiendo sido estos una herramienta clave, que hizo posible la continuidad del curso de Biología Celular debido a la imposibilidad de acceder a los laboratorios por las restricciones sanitarias durante la

pandemia por COVID-19. iv) creación de un apartado virtual de recursos educativos abiertos.

Tanto el Laboratorio de Ciencias Vivas como la biblioteca virtual de REA del presente proyecto están a disposición en el repositorio de CFE-ANEP (<http://repositorio.cfe.edu.uy/handle/123456789/1632>) y CEIBAL (<https://rea.ceibal.edu.uy/elp/laboratorio-de-ciencias-vivas/inicio>), y próximamente en el de IEMBA (UdelaR).

v) Por estar el equipo proponente formado por grupos interinstitucionales e interdisciplinarios, permitió la formación de recursos humanos con bases interdisciplinarias.

En ambos laboratorios se generan datos durante el proceso, que al final se almacenan en las computadoras de los estudiantes. Estos datos quedan como registro del experimento y son insumos para que los estudiantes continúen trabajando, graficando e interpretando los datos obtenidos para obtener los resultados finales. A modo de ejemplo, el laboratorio virtual de fisiología de invertebrados permite la simulación de estimulación mecánica y el registro de potenciales de acción evocados en diferentes condiciones. Los usuarios tienen la oportunidad de ver y escuchar potenciales de acción correspondientes a un sistema nervioso simple, realizar "experimentos virtuales" y adquirir datos para analizar y graficar.

Una de las integrantes del grupo proponente logró financiación de otro proyecto apoyado por el Fondo Sectorial "Inclusión Digital: Educación con Nuevos Horizontes": FSED_2_2020_1_163647 "INNOVACIONES PARA LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS NATURALES MEDIADOS POR TECNOLOGÍAS DIGITALES" en el cual iniciaron colaboraciones con otros grupos en la región.

También se realizaron las actividades de divulgación planificadas. Se llevaron adelante talleres/cursos en el marco de cursos de Verano del IPA, Escuela de Verano CEIBAL, Jornadas para docentes CEIBAL en las que se realizó divulgación de los resultados del proyecto hacia docentes, incluyendo la promoción de la apropiación de las tecnologías y REAS que se desarrollaron.

Es esperable un escalado de la utilización de los recursos generados en otros centros de formación docente de profesorado modalidad presencial (PP) y semipresencial (SP), debido a su incorporación en las plataformas digitales de CFE-ANEP, CEIBAL y IEMBA (UdelaR).

(*) Debido a las medidas tomadas por la emergencia sanitaria por COVID-19, el trabajo docente de aula proyectado para el segundo año de desarrollo del proyecto no pudo ser realizado de la mejor manera posible, los grupos fueron reducidos y sufrieron una merma muy importante en la cantidad de estudiantes, además de haberse perdido la posibilidad de seguimiento para la realización de la evaluación post-test.

La situación sanitaria también afectó el cumplimiento de pasantías de integrantes del equipo del proyecto previstas en MIT Little Devices Lab (Cambridge, MA, USA) y Lucerna (Suiza), así como la realización de talleres presenciales con participación de colaboradores extranjeros en CFE.

La pandemia también implicó una sobrecarga muy importante de los integrantes del equipo de investigación que se desempeñan en CFE (ANEP) y IEMBA (UdelaR) debido a necesidades imperiosas de reformulación de cursos de respectivas carreras para su continuidad en modalidad virtual, repercutiendo también negativamente en el desarrollo del proyecto.

A todo lo anterior, se sumaron varias situaciones familiares que también afectaron la dedicación de algunos de los integrantes del equipo de investigación.

Referencias bibliográficas

- 1) III Conferencia Regional de Educación Superior para América Latina y el Caribe Declaración Córdoba, Argentina, 14 de junio de 2018 ([http://www.cres2018.org/uploads/declaracion_cres2018%20\(2\).pdf](http://www.cres2018.org/uploads/declaracion_cres2018%20(2).pdf))
- 2) Declaración de Quito sobre la ciencia, los conocimientos, las tecnologías y las artes 17 de noviembre de 2017. Quito, Ecuador. Para la Conferencia Regional de Educación Superior, CRES 2018. (<http://observasur.org/wp-content/uploads/2017/11/I-Declaraci%C3%B3n-Quito-sobre-conocimientos-del-sur-rev-20-11-17-con-caratula-blanca.pdf>)
- 3) Banco Mundial (BIRF-AIF). El Banco Mundial advierte sobre una “crisis del aprendizaje” en la educación a nivel mundial. Comunicado de prensa nº 2018/020/DEC. Recuperado de <http://www.worldbank.org/en/news/press-release/2017/09/26/world-bank-warns-of-learning-crisis-in-global-education>
- 4) Harlen, W. y Allende, J.E. (2009). *Teacher Professional Development in Pre-Secondary School Inquiry-Based Science Education (IBSE)*. Santiago Chile. Grafic Andes.
- 5) Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*. 12(3), 299-313.
- 6) Lunetta, V. N., Hofstein, A., y Clough, M. P. (2007). Learning and teaching in the school science laboratory: an analysis of research, theory and practice. En: Abell, S. & Lederman, N. (Eds.) *Hanbook of research on science education* (pp. 393-441). Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey EEUU.
- 7) Hofstein, A. y Lunetta, V. N. (1982). The Role of the Laboratory in Science Teaching: Neglected Aspects of Research. *Rev. Educ. Res.* 52(2), 201–217.
- 8) Reverdito A. M. y Lorenzo, M.G. (2007). Actividades experimentales simples. Un punto de partida posible para la enseñanza de la química. *Educación en la Química*, 13(2):108-121.
- 9) López Rúa A. M. y Tamayo Alzate Ó. E. (2012). Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales. *Latinoam.Estud.Educ. Manizales (Colombia)*, 8 (1): 145-166.
- 10) Caamaño, A. (2004). La enseñanza de la química: conceptos y teorías, dificultades de aprendizaje y replanteamientos curriculares” *Alambique*. 41: 68-81.
- 11) Mainardi y Sztrajman. (2015). De la Pedagogía por Proyectos a la Estrategia de Proyectos: Continuidad y Cambio. En: Gómez Gallindo, A. A. y Quintanilla Gatica, M (Eds.) *En La enseñanza de las ciencias naturales basada en proyecto*. Bella Terra Ltda, Santiago de Chile, Chile.
- 12) Bowler, L. & Champagne, R. Mindful makers: Question prompts to help guide young peoples’ critical technical practices in maker spaces in libraries, museums, and community-based youth organizations. *Library and Information Science Research* 38, 117–124 (2016).
- 13) Bailin, S., Case, R., Coombs, J. R., and Daniels, L.B. 1999. Conceptualizing critical thinking. *J. Curriculum Stud.* 31(3).
- 14) Dewey, J. How we think. *The Problem of Training Thought* 14 (1910). doi:10.1037/10903-000
- 15) Dwyer, C. P., Hogan, M. J. & Stewart, I. An integrated critical thinking framework for the 21st century. *Thinking Skills and Creativity* 12, 43–52 (2014).
- 16) Facione, P. A. *Critical Thinking : A Statement of Expert Consensus for Purposes of Educational*
- 17) Siegel, H. *Educating reason: Rationality, critical thinking, and education*. Philosophy of education research library 191p (Routledge, 1988).
- 18) Valenzuela, J. (2008). Habilidades de pensamiento y aprendizaje profundo. *Revista Iberoamericana De Educación*, 46(7), 1-9.
- 19) Fischer A. (2001). *Critical Thinking. An Introduction*. Cambridge, UK. Cambridge University Press
- 20) Hsieh T.-A. (2014) A Conceptual Atomic Force Microscope Using LEGO for Nanoscience Education. *AUSMT* 4 (2) 113-121
- 21) Sharkey, J.P., Foo, D.C.W., Kabla, A., Baumberg, J.J. and Bowman, R.W: (2016) A one-piece 3D printed flexure translation stage for open-source microscopy. *Rev. Sci. Instrum.* 87, 025104
- 22) Echevarría, H.D. (2016). *Los diseños de investigación cuantitativa en Psicología y educación*. UniRío Editora. Río Cuarto, Argentina.
- 23) Báez, A.R., Bañuls, M., Behrendt, G.,García, A., Lugo, J.,M Titamonti, G. (2013). Aportes para (re) pensar el vínculo entre Educación y TIC en la región. *FLACSO Uruguay*, pp.103-117.
- 24) Estable C. (2003) *Psicología de las vocaciones*. Montevideo, Uruguay. FUCLES
- 25) Rosales M.M. (2014) *Proceso evaluativo. evaluación sumativa, evaluación formativa y Assesment su impacto en la educación actual*. Memorias del Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación (662). ISBN: 978-84-7666-210-6.

- 26) Fernández March, A. (2010). La evaluación orientada al aprendizaje en un modelo de formación por competencias en la Educación Universitaria. *Revista de Docencia Universitaria*, 8(1), 11-34.
- 27) Gómez Fernández, T. (2015). Evaluación con rúbricas para la mejora del aprendizaje. *Red. Revista de evaluación para docentes y directivos*(1), 70-77.
- 28) Saiz, C y Rivas, S.F (2008a). Intervenir para transferir en pensamiento crítico: *Praxis* 10 (13), 129-149.
- 29) Halpern, D. (1998). Teaching critical thinking for transfer across domains. *American Psychologist*, 53, (4), 449-455.
- 30) Ennis, R.H. and Millman, J. (1985). Cornell critical thinking test, level X. Pacific Grove, CA: Midwest Publications
- 31) Alonso, S., Babino, A. y Pellegrino, V. Proyecto aprobado por expediente 2017-25-5-011276, Res 30 Acta N°9, abril de 2018.
- 32) Sanmartí N. (2000). El diseño de unidades didácticas. En Perales Palacios, F.J. & Javier y Cañal de León, Didáctica de las Ciencias Experimentales (1ª Ed., 239-266). Editorial Marfil.
- 33) Sanmartí N. (2002). Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria (1ª Ed.). Síntesis Educación.
- 28) ANEP/CFE (2015): Orientaciones y objetivos para el Consejo de Formación en Educación 2015-2020. Documento de trabajo. Res. N° 53, del Acta N°15 de fecha 15 de mayo de 2015.
- 29) García, J. M. & Báez, M. (2016). Educación y Tecnologías en perspectiva. 10 años de Flacso Uruguay. Montevideo: Flacso Uruguay.
- 30) Alessi, S. M., & Trollip, S. R. (2001). Multimedia for learning: Methods and development (3rd ed.). Boston: Allyn & Bacon.
- 31) Zumbach, Schmitt, Reimann, and Starkloff (2006). Learning Life Sciences: Design and Development of a Virtual Molecular Biology Learning Lab. *Jl. of Computers in Mathematics and Science Teaching* 25(3), 281-300
- 34) Marchán-Carbajal I. & Sanmartí N. (2015). Criterios para el diseño de unidades didácticas contextualizadas: aplicación al aprendizaje de un modelo teórico para la estructura atómica. *Educación Química*, 26(4), 267-274.
- 35) Priego García, L. (2015). Monitorización de variables fisiológicas mediante plataforma de bajo costo. (Tesis) 38)
- Arechalde Pelaz, J. (2016). Analizador de señales fisiológicas portable basado en plataformas low-cost.

Bibliografía complementaria

- 36) Talens, A. P. (2016). Análisis, diseño y desarrollo de "shields" de Arduino para procesamiento de señales fisiológicas (Doctoral dissertation).
- 37) Cernian O, Hamburg I, Mancas D, Vladut G. The role of Virtual Laboratories in Science Education. In: 5th International Conference on Distance Learning and Education. 2003. p. 135–36.
- 38) Jones N. The Virtual Lab Book. *Nature*. 2018;562:S5–S7.
- 38) UNESCO. Guía Básica de Recursos Educativos Abiertos REA. París, Francia. Recuperado de unesdoc.unesco.org/images/0023/002329/232986s.pdf
- 39) UNESCO. Informe de Seguimiento de la EPT en el Mundo 2007. París Francia. Recuperado de <http://unesdoc.unesco.org/images/0015/001505/150518S.pdf>
- 40) SUNF. Sistema único de Formación Docente 2008.
- 41) Karagöz, Ö., & Özdener, N. (2010). EVALUATION OF THE USABILITY OF DIFFERENT VIRTUAL LAB SOFTWARE USED IN PHYSICS COURSES. *Bulgarian Journal of Science & Education Policy*, 4(2).

Licenciamiento

Reconocimiento-NoComercial-Compartir Igual 4.0 Internacional. (CC BY-NC-SA)