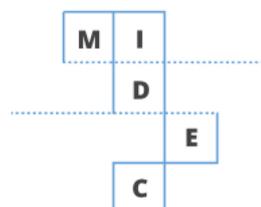




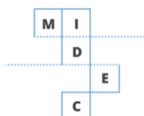
# Memoria Interamericana de la Educación Científica en Tiempos de Pandemia

IGNACIO J. IDOYAGA

ROSA NIDIA TUAY SIGUA



MESA INTERAMERICANA  
DE DIÁLOGO POR LA  
EDUCACIÓN CIENTÍFICA



Idoyaga, Ignacio Julio

Memoria interamericana de la educación científica en tiempos de pandemia /  
Ignacio Julio Idoyaga ; Rosa Nidia Tuay Sigua ; Editado por Ignacio Julio Idoyaga ;  
Rosa Nidia Tuay Sigua ; Prólogo de Ángel López y Mota. - 1a ed - Ciudad Autónoma  
de Buenos Aires : Universidad de Buenos Aires. Instituto de Investigación en  
Educación Superior, 2024.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga

ISBN 978-950-29-2034-4

1. Educación. 2. Educación Científica. I. Tuay Sigua, Rosa Nidia. II. López y Mota,  
Ángel, prolog. III. Título.

CDD 370.9

Fecha de catalogación: mayo de 2024

2024© Reservados todos los derechos. Ni la totalidad ni parte de esta publicación pueden reproducirse, en ninguna forma, ni por ningún medio, sin previa autorización escrita del editor.

El contenido de los trabajos es responsabilidad exclusiva de los autores.

Diseño de portada: Gabriel Leonardo Medina

Revisado por: Jorge Esteban Maeyoshimoto

©Universidad de Buenos Aires, Instituto de Investigación en Educación Superior

[www.iies.aduba.org.ar](http://www.iies.aduba.org.ar)

Av. Córdoba 2421 1° izq., CABA

ISBN 978-950-29-2034-4

Argentina

Hecho el depósito que establece la ley 11.723

## Contenido

Agradecimientos	4
Comité Científico	4
Prólogo	5
Ambiente en el aula	8
Educación Media Técnico Profesional en tiempos de pandemia, una deuda surgida mediante el trabajo a distancia	19
La pandemia y los problemas de la educación: Una preocupación sin analizar	25
Física Experimental en Clases Virtuales: Indicios de su Implementación en Chile a Nivel Escolar	36
Augmented reality and active Learning for the teaching of physics in the upper midlevel	51
Enseñanza de Mecánica Clásica a estudiantes de Nivel Medio Superior mediante Aprendizaje Activo	71
Enseñanza del concepto de corriente eléctrica en educación elemental mediante Filosofía para Niños	86
Diseño de cuatro laboratorios remotos para la enseñanza de la ciencias naturales en la universidad	96
Experiencia educativa para la enseñanza de la biodiversidad, en contexto de pandemia	109
Concepciones alternativas para comprender el cambio climático a través de modelos experimentales desarrollados en pandemia	120
Modelo de innovación educativa del IPN mediante la simulación de circuitos eléctricos en la enseñanza universitaria de la Física	138
Experiencia de aprendizaje STEM en un curso de ingeniería de materiales a través de clases remotas	155

## Agradecimientos

Los textos contenidos en este libro tienen su origen en la convocatoria realizada por la Mesa Interamericana de Diálogo por la Educación Científica (MIDEC). Los trabajos seleccionados para integrar esta obra, proveniente de distintos países de nuestro continente, fueron evaluados positivamente por un comité científico internacional. Los editores y revisores realizaron la curaduría de los contenidos de modo de lograr construir esta *Memoria Interamericana de la Educación Científica en Tiempos de Pandemia*.

El denodado trabajo realizados por todos lo que intervinieron en cada paso de esta empresa permite ofrecer a la comunidad académica americana un insumo clave para sistematizar la experiencia del colectivo de profesores, estudiantes e investigadores y abrir un fructífero debate que sienta bases para el futuro rediseño de la educación en ciencias naturales y tecnología.

Es menester reconocer la labor de los autores, los miembros de comité científico, el prologuista, el revisor y los editores. Su desinteresado aporte se corporiza en estas páginas y en las incuantificables reflexiones que promoverán.

## Comité Científico

Dra. Carla Hernández Silva,  
*Universidad de Santiago de Chile,  
Chile*

Dr. César Mora Ley,  
*Instituto Politécnico Nacional,  
México*

Dra. Diana Carolina Castro  
Castillo,  
*Universidad Pedagógica Nacional,  
Colombia*

Dra. Macarena Belén Soto  
Alvarado,  
*Pontificia Universidad Católica de  
Chile, Chile*

Dra. Nelly Yolanda Céspedes  
Guevara,  
*Universidad del Área Andina,  
Colombia*

Dra. Sandra Milena Forero  
Díaz  
*Universidad Pedagógica Nacional,  
Colombia*

Dra. Alma Adriana Gómez  
Galindo,  
*Cinvestav, México*

Dra. Yulieth Nayibe Romero  
Rincón,  
*Universidad de la Sabana,  
Colombia*

Dra. Gabriela Lorenzo,  
*Universidad de Buenos Aires,  
Argentina*

## Prólogo

Los textos contenidos en este libro tienen su origen en la convocatoria realizada por La Mesa Interamericana de Diálogo por la Educación Científica (MIDEC) y dirigida a las organizaciones pertenecientes a la misma; la cual dio pie para constituir la presente Memoria Interamericana de la Educación Científica en tiempos de pandemia. Así, la lectura de estos nos ofrece una oportunidad de apreciar y valorar diferentes iniciativas y rescatar aprendizajes que la comunidad de educadores en el ámbito de las ciencias naturales logró, a partir de sistematizar distintas experiencias que tienen como elemento común la forma en que educativamente se enfrentó la pandemia de COVID-19.

Los trabajos presentados para su selección corresponden a una variada naturaleza, ya que pueden ser: ensayos originados en acciones y estrategias de organizaciones educativas, ensayos sobre políticas públicas, reportes de resultados de investigaciones relacionadas con enseñanza remota y estudios de caso sobre experiencias educativas desarrolladas vía enseñanza a distancia.

Se presentan un total de doce textos seleccionados para publicación, cada uno de los cuales exhibe sus propios méritos, sea por: el asunto abordado, el tipo de contribución realizado, el propósito que haya animado el esfuerzo efectuado o por los resultados y/o conclusiones alcanzadas. Adicionalmente, los textos expresan los esmeros por afrontar, superar o reflexionar sobre la pandemia experimentada en todo el mundo, pero expresada aquí por lo vivido, efectuado y logrado en distintos países latinoamericanos: Argentina, Chile, Colombia y México.

Con el propósito de que cada lector pueda escoger qué artículo leer de los aquí presentados, se ofrecerá una breve descripción de cada uno de ellos. En la exposición de cada uno de ellos, me tomé la libertad de considerar como “autor” del texto al título de la contribución y, por esto, dicho título “analiza”, “muestra”, “aborda” etc. Esto, con pleno conocimiento y aprecio por el trabajo desarrollado por los autores de los textos aquí publicados.

“Ambiente en el aula” analiza tres grupos de estudiantes en su transición de lo virtual a lo presencial en lo que respecta a la enseñanza. Ello, con el fin de dar cuenta de la construcción de competencias matemáticas mediante redes de actividades de aprendizaje, en una institución educativa de nivel medio superior en México; recuperando la información a partir de comentarios expresados por los alumnos participantes en las acciones educativas.

“Educación Media Técnico Profesional en tiempos de pandemia, una deuda surgida mediante el trabajo a distancia” efectúa una propuesta didáctica en Química Industrial, con el fin de que los estudiantes en cuestión desarrollen habilidades del trabajo en laboratorio emulando la presencialidad. La cual fue realizada en Chile en una institución de Enseñanza Media técnica profesional. Los resultados expuestos muestran que el 90% de los estudiantes pudo cumplir con la actividad propuesta desde el trabajo remoto o a distancia; a partir de haber recolectado y analizado evidencias de las tareas desarrolladas por los estudiantes.

“La pandemia y los problemas de la educación: Una preocupación sin analizar” presenta los problemas educativos expuestos por la pandemia de COVID-19 en Colombia. A partir de efectuar un análisis documental de algunos elementos del sistema educativo en tres momentos de la pandemia (antes, durante y después). El propósito consistió en: identificar reclamos sociales sobre la educación expresados en cambios urgentes en lo curricular, pedagógico y evaluativo, cruzados por factores de calidad, formación, conectividad y apoyo a los niños en salud, alimentación y seguridad, entre otros; logrando identificar algunas transformaciones necesarias en los sistemas educativos derivadas de las políticas públicas en tiempos de incertidumbre.

“Física Experimental en Clases Virtuales: Indicios de su Implementación en Chile a Nivel Escolar” reporta la realización de un taller de capacitación virtual, en relación con física experimental. El cual tuvo como fin motivar a docentes para incluir distintas herramientas en sus clases de física online para desarrollar actividades experimentales con sus alumnos. Ello en el marco de la educación superior en Chile, logrando identificar oportunidades y desafíos para el uso de tecnologías en clases de física experimental, a partir de la opinión de los profesores.

“*Augmented reality and active Learning for the teaching of physics in the upper middle*” describe la implementación de una estrategia didáctica apoyada en la realidad aumentada para la enseñanza de la física en el nivel medio superior en México. La cual tuvo la intención de promover un modelo de aprendizaje activo y mejorar el compromiso académico de los estudiantes; logrando, como se reporta, un incremento significativo en los valores de compromiso emocional y conductual del grupo experimental; así como una diferencia significativa en el rendimiento académico de ambos grupos atribuible a la estrategia didáctica implementada.

“Enseñanza de Mecánica Clásica a estudiantes de Nivel Medio Superior mediante Aprendizaje Activo” da cuenta de un esfuerzo de investigación por conocer el potencial que tienen metodologías de aprendizaje activo, a partir de comparar resultados obtenidos al aplicar una metodología de enseñanza tradicional versus una activa, en el ámbito de la mecánica clásica. Proyecto desarrollado en México, en una institución de educación media superior y logrando mejores resultados en los parámetros de habilidad en el grupo experimental.

“Enseñanza del concepto de corriente eléctrica en educación elemental mediante Filosofía para Niños” desarrolla una propuesta didáctica para abordar el concepto de corriente eléctrica mediante didáctica basada en un programa de filosofía para niños. Y con ella construir el concepto de corriente eléctrica, a partir de conocimientos previos y de aportaciones de estudiantes de enseñanza elemental en México; mostrando, por diálogos con estudiantes, que éstos presentan diversas respuestas a la misma pregunta y al escucharlos la clase se vuelve incluyente y participativa.

“Diseño de cuatro laboratorios remotos para la enseñanza de las ciencias naturales en la universidad” pretendió garantizar una continuidad pedagógica, durante la pandemia de COVID-19, desplegando dispositivos de enseñanza mediante tecnologías digitales. Esto, con el fin de aumentar las probabilidades de que se generasen aprendizajes relacionados con la experimentación. Fueron cuatro los laboratorios remotos diseñados con este fin en el

Laboratorio de Experimentación con Tecnologías de la Información y la Comunicación para la Innovación y el Aprendizaje (LETICIA) de la Universidad de Buenos Aires.

“Experiencia educativa para la enseñanza de la biodiversidad, en contexto de pandemia” expone una forma de superar la pandemia por COVID-19, pues este fenómeno desafió al profesorado a planificar actividades que integrasen las tecnologías de la información y la comunicación a la práctica docente. Así, la biodiversidad surgió como un tópico adecuado para ello. Este trabajo presenta una secuencia de enseñanza y aprendizaje con actividades en línea para que el estudiantado se familiarice con algunas especies nativas de Córdoba, Argentina, y reconozca las causas de su disminución y las consecuencias en los ecosistemas locales.

“Concepciones alternativas para comprender el cambio climático a través de modelos experimentales desarrollados en pandemia” formó parte fundamental de las experiencias de laboratorio que se presentaron en este proyecto de innovación en el aula y aplicado a estudiantes de Pedagogía en Física y Matemática de la Universidad de Santiago de Chile, en la asignatura de Termo-Fluidos. Ya que surgió ante la necesidad de desarrollar competencias, durante la pandemia, relacionadas con educación ambiental, para contribuir a la formación ecológica ciudadana. El diseño presentó una visión STEEM y quedó plasmada en la estrategia de Enseñanza de la Ciencia Basada en Indagación.

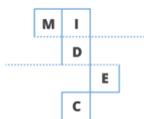
“Modelo de innovación educativa del IPN mediante la simulación de circuitos eléctricos en la enseñanza universitaria de la Física” aporta explicaciones y metodologías para entender los procesos de aprendizaje y enseñanza de esta asignatura. Y fue aplicado de forma emergente un modelo de aprendizaje en línea que ha provocado cambios educativos en las aulas y laboratorios. En él, los estudiantes hacen uso sistematizado de un simulador para la modelación de un circuito eléctrico a partir de un problema de aplicación a la ingeniería, teniendo como objetivo que los estudiantes identifiquen y comprendan los componentes, diagramas y simulación de la construcción de un circuito eléctrico.

“Experiencia de aprendizaje STEM en un curso de ingeniería de materiales a través de clases remotas” describe, en un contexto de COVID-19 en México, una experiencia de aula con el objetivo de explorar los resultados de implementación del aprendizaje basado en proyectos bajo un enfoque STEM; mediante dos proyectos, uno individual y otro colaborativo, donde se atendiera una problemática ambiental de su localidad.

Como se puede notar en los trabajos aquí reseñados brevemente, éstos varían en asuntos y temáticas científicas abordados, en propósitos, alcances, origen y destino, además de en conclusiones, sugerencias y resultados. Pero, todos responden a la necesidad de atender una población educativa en tiempos de pandemia y, por lo tanto, en difíciles circunstancias; por lo que es merecido reconocer su esfuerzo, pero también, apreciar los alcances y limitaciones de los productos editoriales aquí publicados, lo cual queda al mejor juicio del lector. De lo que no cabe duda, es que La Mesa Interamericana de Diálogo por la Educación Científica, ha puesto en marcha el diálogo pretendido al publicar este libro.

Ángel D. López y Mota,

*México, mayo de 2024*



## Ambiente en el aula

Adriana Gómez Reyes, Universidad Nacional Autónoma de México  
Claudia Flores Estrada, Instituto Politécnico Nacional  
Guillermina Ávila García, Instituto Politécnico Nacional

*México*

### Resumen

Se revisaron tres casos, correspondientes a algunos grupos de tres Unidades Académicas de dos instituciones de bachillerato: Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) Sur de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos (CECyT) 11 y CECyT 5 del Instituto Politécnico Nacional (IPN), todos del turno vespertino. Cada profesora participante analiza la información de sus grupos y comenta la situación de su escuela, tras observar el desarrollo del ambiente en la transición desde el aula virtual a la presencial, durante un semestre completamente en línea y otro híbrido.

Se considera la planeación de las Redes de Actividades de Aprendizaje como una estrategia didáctica en el proceso de enseñanza-aprendizaje para la construcción de competencias matemáticas, la cual está articulada con problemas, ejercicios y lecturas.

Para concluir agregaremos algunos comentarios de los estudiantes de estos mismos grupos que ahora regresan a las aulas presenciales, sobre la experiencia que vivieron durante la pandemia de COVID 19, a través de una pequeña encuesta que contestaron voluntariamente.

*Palabras clave:* ambiente en el aula, Red de Actividades de Aprendizaje, evaluación

### Introducción

El diccionario de la lengua española (RAE, 2021) define el ambiente como el conjunto de condiciones o circunstancias físicas, sociales, económicas, de una comunidad. En nuestro caso particular nos interesa el ambiente que se genera en el aula de matemática, con nuestro grupo, por lo que nos referimos al conjunto de condiciones o circunstancias que predominan

en el espacio donde se desarrollan las clases de matemáticas, sean virtuales o físicas, y cómo este ambiente influye en el aprendizaje.

Distintas escuelas tienen su propio contexto, aun siendo de la misma institución, pues se conforma por los lineamientos institucionales, tanto como de la vecindad física. También el trabajo del profesor al interior del aula hace diferencias, incluso el conjunto de estudiantes y la forma en que conviven; todo esto influye en el ambiente que se forma en el aula el cuál influye directamente en el logro de los aprendizajes. En el presente documento analizaremos el ambiente que observan tres profesoras de escuelas diferentes de nivel bachillerato en sus grupos, así como la opinión de sus estudiantes, buscando que tenemos en común y que es lo que deseamos, con la intención de aprender que podemos retomar de los ambientes virtuales y de los presenciales para lograr un mejor ambiente de aprendizaje.

Las instituciones educativas en donde se llevó a cabo este análisis son: CCH Sur de la UNAM, CECyT 5 y CECyT 11 del IPN en la Ciudad de México.

### **Perspectiva de los estudiantes**

Con la intención de analizar lo que los estudiantes piensan sobre el ambiente se realizó una encuesta que contestaron de forma voluntaria los estudiantes del semestre que comenzó en septiembre de 2022. Se reunieron 89 respuestas en total entre los estudiantes de los CECyT 5 y 11, así como del CCH Sur.

Las preguntas fueron abiertas e hicieron referencia a cómo creen que debe ser el ambiente para que puedan aprender, las ventajas de los ambientes virtuales y de los presenciales, por último, se preguntó, ¿cómo les gustaría que fuera el ambiente en su clase?

Para analizar las respuestas se tomaron algunas palabras que consideramos clave y observamos cuántas respuestas la incluían, comparando, primero, las ventajas que observan en las clases virtuales y en las clases presenciales, para contrastarlo después con lo que consideran que debe tener un ambiente para que aprendan. Posteriormente se comparó también lo que ellos quisieran con lo que creen que se necesita.

Cuando se les cuestionó a los estudiantes sobre las ventajas de los ambientes virtuales, las respuestas que más se dieron fueron cómodo (28) y la flexibilidad (21), tanto del horario como para realizar los trabajos. También se mencionó el tiempo (14), no tener que transportarse (17) y tener más posibilidades de usar la tecnología (16), principalmente la grabación de las sesiones.

En cuanto a los ambientes presenciales los estudiantes destacan que aprenden mejor (34, sin precisar la razón) y que la comunicación es mejor (32), sobre todo que es más fácil preguntar y que les aclaren dudas. La convivencia (18) y la interacción (11) quedan en un segundo nivel junto con el hecho de que hay menos distracciones (12).

Al comparar los ambientes virtuales y los presenciales cabe destacar que se valora principalmente la comodidad, la flexibilidad y la seguridad que implica no tener que transportarse en los ambientes virtuales, pero también se reconoce que hay más facilidad para aprovechar la tecnología; mientras que en los ambientes presenciales se valora la

comunicación, antes que la convivencia y la interacción. Solo tres personas dijeron que no hay ventajas en los ambientes virtuales y una que no las encuentran en los ambientes presenciales. Si pudiéramos conjuntar las ventajas de estos ambientes deberíamos mejorar la comunicación en los ambientes virtuales, pero esta característica puede deberse a la falta de hábitos, mientras que los ambientes presenciales se beneficiarán si incluimos la tecnología.

En cuanto a comparar lo que los estudiantes opinan sobre cómo debe ser el ambiente para que aprendan y lo que quieren del ambiente en nuestras aulas (sin especificar si son virtuales o presenciales), en ambos casos resalta ampliamente la petición de tranquilidad, 40 estudiantes lo mencionaron como algo necesario y 34 como algo que quieren. Lo cual puede considerarse como una congruencia entre lo que quieren y lo que necesitan. En un segundo nivel necesitan un ambiente interactivo (12), y sólo nueve lo quieren al igual que más explicaciones y respeto, entre los estudiantes y con el profesor. El respeto también se comentó nueve veces en lo que necesitan, pero no se mencionó ni en los ambientes virtuales ni en los presenciales.

Si comparamos lo que necesitan y lo que quieren con lo que destacan de los ambientes presenciales y virtuales, se observa que solo en los ambientes virtuales mencionaron la tranquilidad (en siete ocasiones). La interacción sólo se considera en el aula presencial.

Otros factores que se consideran importantes en los diferentes modelos didácticos, y que se surgieron en estas respuestas es, por ejemplo, la autonomía, resalta solo en los ambientes virtuales (9). El ambiente donde haya cooperación (o colaboración) se comenta como necesario (5) y como algo que quieren (2) pocas veces y nunca se menciona ni en los ambientes virtuales ni en los presenciales.

### **Particularidades del CCH**

Los estudiantes del CCH comentaron en las aulas, en el cotidiano, sobre la diferencia entre el ambiente presencial y el ambiente virtual. Su mayor queja son las distracciones, 55% de los estudiantes dicen que se distraen mucho más, en el hogar es más difícil concentrarse. Por ejemplo, uno de ellos comenta:

“Existen muchas diferencias [,] el ambiente cambia mucho porque en casa hay muchas distracciones, en el salón igual hay distracciones, pero existe un control del profesor sobre los alumnos, en casa no todos tenemos un espacio donde no interrumpan. Pero existen beneficios al estar en casa podemos realizar con más tiempo nuestras actividades escolares y laborales.”

Hay tres comentarios que dicen de forma tajante que no aprenden en ambientes virtuales, en cambio hay un estudiante que prefiere el trabajo en esta modalidad; el resto varía entre lamentar la falta de contacto físico y la falta de convivencia con los compañeros, reconocer que es más tranquilo, y celebrar el uso de Google y la libertad que les da en cuanto al momento de realizar las actividades. Solo tres personas se quejan de los problemas de conexión.

Personalmente la profesora del CCH opina que la principal dificultad es la comunicación entre el profesor y los estudiantes, o entre los mismos estudiantes; los profesores nos quejamos de

que los estudiantes no contestan, pero los estudiantes solo hicieron unos cuantos comentarios (dos) en cuanto a este problema:

“Pues que las cosas son más frías, ya que cuando preguntas algo o haces algo tu profe no puede ver tu expresión facial, ni saber cómo te sientes o explicarte en el momento”.

Si los profesores solo trasladamos la misma forma de trabajo presencial al aula virtual, tendremos los mismos problemas por los que los estudiantes no estaban aprendiendo, multiplicados por las dificultades propias de estos medios y por la falta de experiencia, tanto nuestra como de los estudiantes.

Desde hace más de una década se ha desarrollado un modelo de trabajo en el aula llamado Aprender Matemática, Haciendo Matemática (AMHM), el cuál es acorde con el modelo del CCH; este modelo se centra en el aprendizaje, bajo la premisa de aprender haciendo, al estilo de los oficios tradicionales; por lo que el profesor propone y coordina actividades que los estudiantes realizarán en equipos pequeños, con el objetivo común de aprender (Flores, 2007 y Gómez, 2022).

En esta forma de trabajo es importante que los estudiantes se sientan en confianza de proponer, de discutir y de argumentar; por lo que el ambiente es primordial. Se requiere un ambiente de aprendizaje donde todo el grupo (incluido el profesor) forme una comunidad que trabaja con el aprendizaje de todos como objetivo común. En este modelo se fomentan valores como la tolerancia, el respeto y la colaboración, para lograr el ambiente necesario (Flores, 2007).

La evaluación en el aula se define como el proceso que sirve para recolectar y analizar información sobre el proceso completo que llevamos a cabo en el aula, lo cual incluye el desempeño de los estudiantes, del profesor, las actividades e incluso el ambiente. La información obtenida se puede utilizar para asignar una calificación, pero es importante que todos tengan presente que no es este su objetivo, sino la mejora del proceso completo (Gómez, 2022).

La evaluación en el aula se realiza de forma continua e integrada a las actividades de aprendizaje, evitando que se haga una pausa o interrupción en el proceso. También se procura la participación de todos, volviéndose una oportunidad de que los estudiantes demuestren, y se demuestren ellos mismos, lo que han logrado; no es un proceso en que el profesor (desde una posición de superioridad) define quien ha aprendido. El apoyo en instrumentos variados permite una eficiente recolección de información relativa a los distintos elementos a evaluar.

Un instrumento especialmente significativo es la bitácora COL, conformada básicamente por tres preguntas: ¿qué fue lo importante?, ¿cómo me sentí? y ¿qué cambiaría? Los estudiantes contestan estas preguntas de manera individual en referencia al periodo establecido (puede ser por ejemplo una semana, un parcial o un semestre completo). Se pueden ver ejemplos de este instrumento realizados en aulas presencial y virtual en las Figuras 1 y 2.

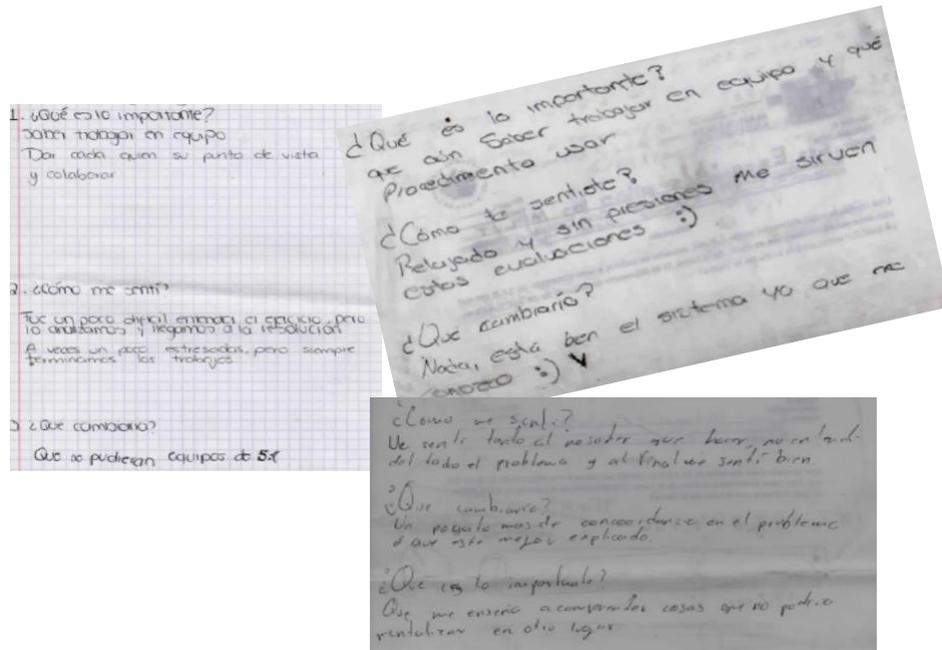


Figura 1: Ejemplo de bitácora COL en aula presencial.

Estos instrumentos se pueden usar sin problema en ambientes presenciales y en ambientes virtuales, sin que pierdan su eficacia. Algunas personas prefieren hacerlo sin nombres, cuando los estudiantes no tienen la suficiente confianza para hacer críticas, pero si el ambiente es el adecuado no es necesario el anonimato.

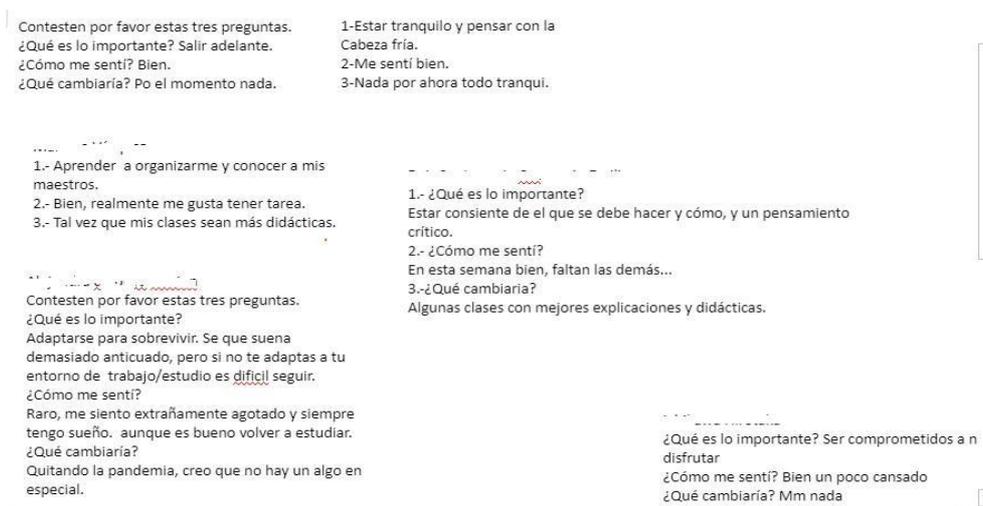


Figura 2. Ejemplo Bitácoras COL en aulas virtuales

La bitácora COL se vuelve especialmente importante pues les da voz a los estudiantes y al mostrarnos su perspectiva, se vuelve muy eficiente para evaluar el ambiente logrado en el aula.

### Particularidades del CECyT 11

Los estudiantes del CECyT 11, comentan que el ambiente presencial se aprende más porque tanto los profesores como los estudiantes están más al pendiente de las actividades. Los profesores de alguna forma están supervisando las actividades que se proponen y a los estudiantes.

“Como nos están viendo en tiempo real y la presencia de la profesora te impone, pues te apuras y si no te queda tan claro tienes la oportunidad de preguntarle a tus compañeros. Cuando estás en línea, las cosas cambian, si no es una cosa es otra, por ejemplo, tus papás te mandan a hacer algo, descuidas la clase, ellos no comprenden que también debes estar en clase porque es complicado si te pierdes la explicación. En otra ocasión, llegaron visitas y no había quien los atendiera y perdí mi clase. Entonces en el ambiente presencial, nadie te molesta, a menos de que tú quieras salirte del salón.”

En este aspecto desde el punto de vista de la profesora del CECyT 11 se observa que en el ambiente presencial, los estudiantes efectivamente están pendientes de las actividades que se proponen, por otro lado, los estudiantes tienen mayor seguridad al preguntar, mientras que en el ambiente en línea lo dejan a la deriva aunado a la “no apertura de cámaras”, a pesar de las indicaciones claras y precisas para estar la mayor parte del tiempo con la cámara abierta y con participaciones, la comunicación es compleja, esta situación puede empatar con lo que dicen los estudiantes, con la probabilidad de que estén haciendo otras labores, interrupciones para realizar otras actividades en casa que no les permite estar en su totalidad en la clase.

También es conveniente mencionar que el 20% de los estudiantes indican que el aprendizaje en línea, aunque no es sencillo, si es cómodo, porque estás en tu casa, no te trasladas, no realizas gastos de transporte y si pones atención no es complejo.

“Es que siempre quieres culpar a los profesores de que no aprendes nada en línea, pero también debes ubicarte en la realidad de que no todo te lo van a dar los profesores, tú también debes buscar información, casi todo lo encuentras en Internet. Yo, por ejemplo, no entendí bien una clase y lo que hice fue buscar tutoriales y a la siguiente clase pregunté dudas muy específicas, detalles que en los tutoriales no te dicen, pero que tu profesor te explica ya te puede explicar con mayor detalle, no niego que ocupa mucho tiempo, pero qué otra cosa más hacemos, a veces pasamos más tiempo en nuestras redes...”

En este comentario, se puede leer una reflexión del estudiante que va más allá de sólo estar frente al equipo de cómputo y sólo escuchar, va más allá de su aprendizaje, considerando que en el ambiente virtual este estudiante puede tener todos los materiales que se requieren y además cuenta con un lugar propio para realizar sus actividades, sin que lo estén molestando.

Lamentablemente, el porcentaje de estudiantes que consideran una ventaja al ambiente virtual son muy pocos.

Se analizan dos vertientes: Por un lado, la estrategia de planeación de parte de los profesores tanto para ambiente virtual y presencial considerando el aprendizaje del estudiante y las dificultades propias de la unidad de aprendizaje. De acuerdo con Durán (2016), las nuevas formas de aprendizaje flexibilizan las variables de espacio y tiempo, las cuales son definidas por el estudiante en función de sus necesidades de aprendizaje, bajo este nuevo paradigma posee ventajas superiores en el procesamiento de datos e información para generar conocimiento a diferencia del estudiante inscrito en programas de educación tradicional, en el ambiente virtual se da prioridad a la interactividad y a la evaluación permanente de la planificación y la calidad de los procesos educativos, de donde la planificación se basa en el número de estudiantes atendidos, la disponibilidad del material instruccional, la calidad de los profesores, la pertinencia de las estrategias didácticas y la interacción del alumno-profesor, alumno-alumno.

El ambiente presencial tiene indicadores en donde los estudiantes presentan dificultades para el aprendizaje, del mismo modo en el ambiente virtual donde los problemas se acrecentaron, por la falta de recursos, por actividades fuera del ámbito escolar, entre otros; lo que es evidente que en cualquiera de los ambientes que se considere, el aprendizaje es primordial y con ello se hace hincapié a una estructura de planificación que empate las estrategias didácticas y sobre todo la evaluación para cada uno de las actividades planeadas que apunten a una diversidad de elementos para el desarrollo del aprendizaje, en este caso la bitácora juega un papel importante, donde los estudiantes pueden ir describiendo lo que piensan, aprenden y sienten.

En este sentido, en el comentario anterior, la estudiante afirma que la diversidad de actividades permite que el aprendizaje se consolide un poco más, pero sobre todo que le permita una interacción y argumentación en la construcción de su conocimiento.

Las respuestas a las preguntas: ¿Qué es lo importante?, ¿cómo me sentí?, ¿Qué cambiaría? consideradas en la bitácora COL, detonan retroalimentación a la profesora para considerar otras actividades que les permitan a los estudiantes al desarrollo del aprendizaje tanto en ambientes virtuales como presenciales.

### **Particularidades del CECyT 5**

Las aplicaciones tecnológicas, en forma cada vez más rápida a través de los medios de comunicación, modifican la vida cotidiana y en especial la escolar; también modifican las posibilidades de comunicarse y de acceder a la información. La incorporación de la tecnología propicia modificaciones de forma y de manera paulatina en el salón de clases tanto de forma presencial como a distancia mediante el uso de las diferentes plataformas educativas.

El Modelo Educativo del IPN propone una formación que garantice un proceso formativo centrado en el aprendizaje. Entre sus objetivos está que el estudiante combine equilibradamente el desarrollo de conocimientos, actitudes, habilidades y valores. Acorde con ello, en el presente trabajo se considera el ambiente logrado durante el aprendizaje de Cálculo

Integral, al considerar una Red de Actividades de Aprendizaje (RAA) y su aprovechamiento en el salón de clases.

En las actividades de aprendizaje se ponen en juego los conocimientos previos con la experiencia de graficación al transitar en las diferentes representaciones matemáticas para la adquisición de conocimiento en particular en los cambios de variación.

Las redes de aprendizaje consisten en una serie de actividades de aprendizaje articuladas como: problemas, problemas con guía, ejercicios, lecturas, videoconferencias y otros que, al integrarse, se complementan en el logro de cierto aprendizaje (Flores, 2014).

La RAA que se presentó a los estudiantes del CECyT 5, busca la vinculación del conocimiento desde perspectivas diferentes que se articulan de varias maneras para cumplir diversos objetivos didácticos (Flores, 2007).

Las actividades de aprendizaje están en función de los objetivos y competencias de los programas académicos, por lo tanto, para su implementación es importante tomar en cuenta el contexto de aplicación de cada Actividad de Aprendizaje la cual tiene una finalidad en la que permite al discente no sólo trabajar de forma colaborativa sino conocer y aplicar estrategias para su aprendizaje.

Pulido (2008) señala que un acercamiento al estudio del cálculo tiene un carácter instrumental dentro de un sector curricular pues su función es brindar las herramientas matemáticas que serán requeridas en el análisis de situaciones enmarcadas en diversos contextos.

El desarrollo de habilidades, actitudes, aptitudes, conocimiento y valores permitirá al estudiante un mejor razonamiento de las ideas fundamentales del cálculo tales como: una aplicación práctica del entendimiento teórico; la capacidad para resolver problemas considerando la interacción entre el cálculo y las diferentes áreas de estudio y la construcción de estrategias propias del cálculo para enfrentar retos de su entorno. Los estudiantes, cuando no se encontraban en su salón de forma física, se les dificultaba poder trabajar de forma colaborativa las actividades de aprendizaje.

Estas actividades de aprendizaje (AA) se resolvieron de forma individual y en equipos pequeños (tres o cuatro participantes) por parte de los estudiantes, y se entregó un reporte escrito de la resolución en los espacios virtuales.

Las actividades que conforman la RAA de Cálculo buscan relacionar los conocimientos previos con los nuevos no solo los de matemáticas sino de física para ello es necesario que el estudiante sepa graficar y realizar una serie de operaciones, así como manejo de procesos cognitivos como: interpretar, identificar, razonar, etc.

Las actividades de la RAA están vinculadas desde perspectivas diferentes a la tradicional, donde pasa de una representación matemática a otra y da la posibilidad de trabajar de forma autónoma o en equipo.

La RAA permite al docente tener material didáctico y al estudiante adquirir un método de trabajo que puedan vincular y pasar de una representación a otra, el uso de la tecnología, es decir un método de trabajo que les permita organizarse y sistematizar el proceso. Ver figura 3.



Figura 3. Actividad de Aprendizaje de Cálculo. Elaboración propia.

En la figura 4. Explican e interpretan los resultados obtenidos mediante procedimientos matemáticos considerando las diferentes representaciones matemáticas y lo contrastan con los demás equipos mediante exposiciones, las actividades de aprendizaje que conforman la RAA.

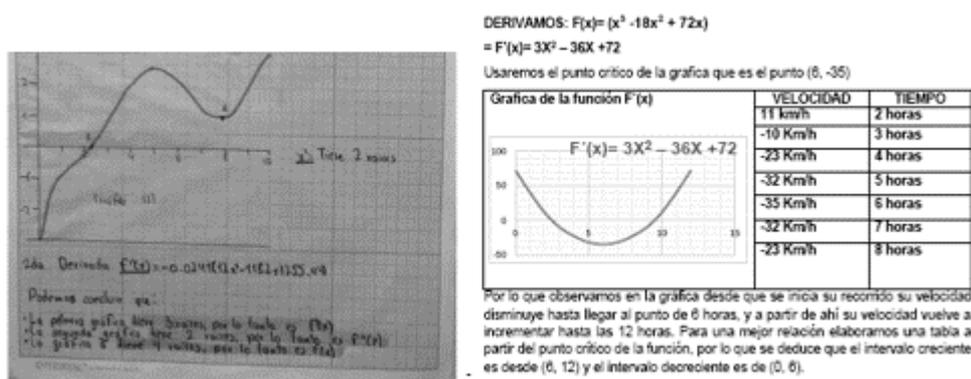


Figura 4. Ejemplos de variación y de las representaciones matemáticas. Elaboración propia.

Para aprender, los estudiantes comentan que el ambiente debe ser tranquilo, interactivo, dinámico, el trabajo sea colaborativo y que por parte de los profesores: den más problemas resueltos, con ganas de enseñar, actualizados, capacitados, pero sobre todo respetuosos.

En forma virtual, los problemas se incrementaron para la mayoría de los estudiantes y los docentes, en primera por no contar con la tecnología necesaria, en segunda no estar familiarizados con las plataformas virtuales y por último por no contar con un internet que no

“los sacara” de la clase. La clase de forma virtual fue cómoda desde su casa, para algunos estudiantes, así no se movía de lugar y no se estresaban, pero otros estudiantes no prestaban atención y se quedaban con las dudas. En las clases presenciales los estudiantes tienen mayor oportunidad de preguntar, de poner más atención e interactuar con sus compañeros. En las clases virtuales se dificultó un poco más que los estudiantes trabajaran en equipo las actividades de aprendizaje. En ambas modalidades los estudiantes buscan que el profesor sea paciente y resuelva las actividades de aprendizaje.

En cada modalidad el estudiante debe de combinar equilibradamente el desarrollo de conocimientos, actitudes, habilidades y valores.

### Reflexión final

Parte de las conclusiones a las que se llegó en el trabajo de Gómez (2022) es que se presta poca atención a los dichos de los estudiantes, aun con el modelo AMHM que recomienda el uso de instrumentos como la bitácora COL, pero cuando evaluamos el ambiente son ellos quienes nos pueden dar la mayor información sobre cómo está funcionando y con ello tomar las decisiones (retroalimentación) que nos permita mejorar, así como el aprendizaje.

En la investigación presentada en Gómez (2022) se puede observar en las bitácoras comentarios de los estudiantes sobre cómo se emocionaban con el reto que significaban las actividades, cómo se sentían satisfechos al ver lo que habían logrado; también hacen comentarios de cuando el profesor los regañó, los felicitó o “les hizo gestos”, y específicamente cómo les ha ayudado: “El profesor si llega a hacernos buenos comentarios de nuestro trabajo”. Todo esto nos muestra la confianza que los estudiantes tenían, cómo se fue conformando el ambiente y que es lo que motivó o inhibió la participación, dando una evaluación efectiva del ambiente y de cómo se fue desarrollando.

Es necesario que los profesores estudiemos cómo es nuestro propio ambiente, pues varía de aula en aula, y cómo debe ser para favorecer el aprendizaje de nuestros estudiantes. La investigación realizada por los propios docentes, como la llamada investigación en el aula (Flores, 2020), nos dará la información requerida, sobre todo a partir de evaluar el ambiente en el aula y de escuchar la opinión de los estudiantes sobre él.

Con la aplicación de la Red de Actividades de Aprendizaje se favorece la mejora sucesiva de la práctica docente proporcionando una metodología consistente con esta Red. También es importante que los alumnos tomen un papel activo en la elaboración de estas estrategias, ya que sólo así se puede denotar que las estrategias generadas serán de gran utilidad tanto para el docente como para el alumno.

Con la finalidad de aprender y lograr lo mejor de cada ambiente, podemos concluir que debemos apoyar a los estudiantes para que logren en las aulas presenciales la autonomía que encontraron en las aulas virtuales, sin perder la comunicación, convivencia e interacción que benefician el trabajo en las aulas presenciales.

Cuidar que el ambiente en el aula sea tranquilo y con respeto, debe considerarse como algo primordial, independientemente de si estamos en presencial o a la distancia, lo que si esperamos es que sea el ambiente adecuado para aprender.

## Referencias bibliográficas

- Durán, R. A. (2016). La Educación Virtual Universitaria como medio para mejorar las competencias genéricas y los aprendizajes a través de buenas prácticas docentes.
- Flores, A. H. (2007). Aprender Matemática Haciendo Matemática: modelo de enseñanza centrado en el estudiante. *Acta Scientiae*, 9(1), 28-40.
- Flores, A. H. (2020). Introducción a la Investigación Educativa en el Aula. Centro de Formación Continua. UNAM. Consultado en [https://cfc.cch.unam.mx/cfc/assets/docs/libros-antologias/Introduccion\\_a\\_la\\_Investigacion\\_en\\_el\\_Aula.pdf](https://cfc.cch.unam.mx/cfc/assets/docs/libros-antologias/Introduccion_a_la_Investigacion_en_el_Aula.pdf)
- Flores, A. H. y Gómez, A. (2009). Aprender Matemática, Haciendo Matemática: la evaluación en el aula. *Educación Matemática*, 21(2), 117-142.
- Flores, C (2007). *Variaciones simultáneas de primer y segundo ordenes en una situación de graficación y modelación de movimiento*. Tesis de maestría no publicada. CICATA-IPN, México.
- Flores, C. (2014). Red de actividades de aprendizaje: relación que hay entre una función y sus funciones derivadas en una situación de modelación. En G. Buendía y F.J. Lezama (2014). *Investigación en Matemática Educativa: una forma de conocer la escuela*. 95-126. México: Lectorum.
- Gómez, A. (2022). *Retroalimentación formativa en el aula de matemáticas*. Tesis doctoral, sin publicar. CICATA Legaria. IPN.
- Pulido, R., (2008). De la regla de 3 a la ecuación de continuidad (o la innovación en la enseñanza del cálculo). *Investigaciones sobre enseñanza y aprendizaje de las matemáticas: Un reporte iberoamericano*. 121-142. México: CLAME, Ediciones Díaz de Santos S.A.
- Real Academia Española (2021). Diccionario de la Lengua Española. 23ª edición. Consultado en <https://dle.rae.es/>

## Educación Media Técnico Profesional en tiempos de pandemia, una deuda surgida mediante el trabajo a distancia

Marjorie Alejandra Ibacache Plaza, Colegio Raúl Silva Henríquez,

*Chile*

### Resumen

Para minimizar las consecuencias en la apropiación de contenidos durante la suspensión de clases debido a la emergencia sanitaria que provocó el Covid-19, es que, en Chile, el Ministerio de Educación ejecutó reducciones en los contenidos y objetivos de aprendizaje de los y las estudiantes mediante un plan de trabajo al cual designó como “Priorización Curricular”, el cual se aplicó en todas las modalidades de enseñanzas, sin embargo para la Educación Media Técnico Profesional (EMTP) la reducción de objetivos de aprendizajes dejó módulos de las especialidades fuera, no considerando aprendizajes relevantes para la formación técnica profesional y que están relacionados directamente con tareas prácticas, por otro lado, tampoco se consideró a los y las estudiantes que no poseen los recursos para trabajar bajo la modalidad online. El año 2020 sólo el 40% de los y las estudiantes que cursaron 3 medio en la especialidad de Química Industrial con mención en laboratorio químico en el Colegio Raúl Silva Henríquez se conectó a las clases online y el 53% finalizó sus tareas, es por ello que surge la necesidad de implementar actividades que permitan el trabajo desde los hogares y que incluya tareas similares a las de un laboratorio. Este ensayo presenta los resultados obtenidos en una secuencia de aprendizaje diseñada para el trabajo remoto y asincrónico y que abarca contenidos y habilidades propias de la especialidad ya mencionada donde la principal tarea corresponde a la toma de muestras de suelos para posteriormente medir su textura, acidez y basicidad utilizando materiales de fácil acceso en casa. Como principal resultado se obtuvo que el 90% de los y las estudiantes que cursó 4 medio en el 2021 cumplió con las tareas designadas, aumentando la participación de los y las estudiantes, sin embargo la comunidad educativa no está preparada para desarrollar el trabajo remoto en situaciones de emergencias en la EMTP, debido que no basta sólo con acortar o seleccionar los objetivos de aprendizaje que se consideran más oportunos, ya que existen especialidades que requieren del desarrollo de habilidades prácticas donde un simulador o un video si bien puede ser utilizado para ejemplificar no logra fortalecer ciertas necesidades educativas como lo es en la especialidad de Química Industrial con mención en Laboratorio Químico.

*Palabras claves:* Emergencia sanitaria, priorización curricular, Educación Media Técnico Profesional, Laboratorio en casa, trabajo remoto.

## Introducción

Sabemos que la educación a distancia no es propia del estado de emergencia que generó la pandemia por Covid-19 en el mundo, ésta ya se conocía a través de los programas por correspondencia, radiodifusión (Begoña Tellería 2004) o especializaciones para la obtención de grados académicos.

Se caracteriza por componer un triángulo interactivo entre alumno, profesor/tutor y el contenido, donde este último se presenta mediante un material didáctico que incluye toda la información para los estudiantes para lograr el autoaprendizaje de forma autónoma (Conde citado en Begoña Tellería 2004).

Dado esto y como se trabajó la educación durante la pandemia, es necesario establecer diferencias entre el trabajo a distancia, el virtual y el remoto.

El trabajo a distancia puede llevarse a cabo mediante actividades, puede abarcar tanto a la educación pública como a la privada y a través del trabajo sincrónico y asincrónico, permite que el proceso amplíe la cobertura y oportunidades educativas (Henaó citado en Morales, Fernández y Pulido 2016), en algunos casos cuenta con un porcentaje de presencialidad y los estudiantes tienen control sobre el ritmo de su aprendizaje, no se requiere de una conexión a internet, recursos computacionales u otros métodos.

La educación virtual fortalece la autonomía y la disciplina como método de aprendizaje y se apoya en plataformas virtuales que permiten el aprendizaje colaborativo para enriquecer saberes y el profesor cumple el rol de asesor. A esto se le suma que presenta cinco desafíos los cuales son la resistencia al cambio, la motivación de los alumnos, habilidad tecnológica de los estudiantes, evaluación de la eficacia y el contenido (Gutiérrez, citada en Morales et.al 2016)

La educación remota o “enseñanza cara a cara” se realiza mediante videoconferencias, carece de autonomía y se reconoce por ser una adaptación de los sistemas educativos presenciales. En algunos casos no es efectivo ya que las fallas y limitaciones de internet, problemas de los aparatos electrónicos no permite la participación en estos espacios.

Desde la declaración del estado de emergencia en Chile, el Ministerio de Educación (MINEDUC) propone una herramienta de apoyo para las escuelas buscando minimizar las consecuencias en educación que podría generar la pandemia, la cual se designó con el nombre “Priorización Curricular”, está se divide entre el nivel 1 donde se considera los objetivos que son esenciales para avanzar a los nuevos aprendizajes y el nivel 2 donde se encuentran los objetivos integradores y significativos para poder transitar por distintas áreas del conocimiento, instando a los establecimientos educativos a planificar los procesos de enseñanza aprendizaje con la finalidad de satisfacer las necesidades educativas de los estudiantes y los planes de estudios.

Para la modalidad que desarrolla la Enseñanza Media Técnico Profesional (EMTP) se propone trabajar en base a los Objetivos de Aprendizaje Específicos (OA) y los Genéricos. Así por ejemplo para la especialidad de “Química Industrial con mención en Laboratorio Químico” de los 5 OA se propone enfatizar en los OA2 y OA3 para el nivel 1 para tercer medio y el OA1 para cuarto medio el nivel 2 el OA4 para cuarto medio, olvidando que las especialidades están formuladas por 5 módulos donde cada uno posee su propio OA (equivalentes a una asignatura), es decir la priorización propuesta elimina módulos de aprendizaje que son relevantes para la formación Técnica Profesional.

Si bien el MINEDUC propone un ajuste curricular para trabajar en la EMTP según la modalidad que los establecimientos decidan de acuerdo a sus características (distancia, virtual o remota) en algunos casos se transformó en una complicación y desde ello surgen preguntas como ¿Por qué se intenta acotar un proceso donde se no se conoce el tipo de educación que se implementa? ¿qué pasa con las especialidades que requieren el desarrollo de análisis químicos de laboratorio para poder enfrentar los contenidos que se imponen? ¿cómo se pueden centrar las actividades en el estudiante si no posee acceso a internet? ¿cómo despertar la motivación en los estudiantes para que logren trabajar las tareas desde sus hogares? ¿existe desigualdad en el desarrollo de las actividades para la EMTP?

Este ensayo relatará una actividad trabajada en pandemia bajo la especialidad Química Industrial con mención en Laboratorio Químico.

## Desarrollo

Considerando las características de los estudiantes que cursan cuarto medio en la especialidad de “Química Industrial con mención en Laboratorio Químico” en el Colegio Raúl Silva Henríquez ubicado en la región de Coquimbo en la ciudad de Ovalle es que se decidió implementar una secuencia de aprendizaje (SEA) para el módulo de Toma de muestras bajo el ciclo de aprendizaje de Jorba y Sanmartí (1996).

¿Cuáles son las características de los estudiantes? Sólo el 40% se conectó a las clases remotas (online) y el 53% entregó sus tareas en el año 2020, es por ello que es necesario diseñar actividades que permita el trabajo de la mayoría de los estudiantes, es decir tanto de los que si tienen los recursos como para poder participar de las clases online como de los que trabajaran con guías impresas desde sus hogares y a su vez desarrollar habilidades propias de la especialidad como el registro de datos, el trabajo prolijo, participación de diversas actividades de aprendizaje, prevenir situaciones de riesgos o enfermedades laborales entre otras que están explicitadas en el plan de estudios de la especialidad.

Se preguntarán ¿Por qué se utilizó el ciclo de aprendizaje de Jorba y Sanmartí?, este permite secuenciar los aprendizajes considerando la autorregulación de los contenidos mediante el desarrollo de 4 etapas:

- Exploración. En ella se busca captar la atención del estudiante, formulación de preguntas desde situaciones o vivencias e intereses cercanos.
- Introducción de los nuevos conocimientos orientada a comparar la información trabajada por los estudiantes logrando la interacción con sus pares.

- Estructuración y síntesis: Busca que el estudiante pueda construir su conocimiento productos de las consecuencias de las actividades desarrolladas en las etapas anteriores
- Aplicación, permite que los estudiantes puedan aplicar los conocimientos adquiridos en otras situaciones similares.

Estas etapas permiten diseñar actividades a través de la motivación de los estudiantes y que buscan cumplir con el OA1 priorizado que sugiere “Tomar muestras para análisis químicos de materias primas, productos intermedios o finales, de acuerdo a protocolos establecidos y resguardando la integridad y representatividad de la muestra, normas de seguridad, utilizando equipos auxiliares y materiales apropiados” (MINEDUC 2020). Al leer el objetivo puede que existan cuestionamientos acerca de ¿Qué tipo de actividades se pueden diseñar para una especialidad que requiere el trabajo en un laboratorio?

Para enfrentar este desafío es que se les propuso a los y las estudiantes aplicar los protocolos establecidos para tomar una muestra de suelo de su casa identificando su textura, acidez y basicidad para proponer ejemplos de especies que se podrían plantar. Las tareas según cada etapa son:

- En la etapa de exploración se propone que puedan seleccionar un sector de su casa de donde se pueda extraer una muestra de suelo y el tipo de muestreo que aplicaría (zig-zag, diagonal, cuadrícula) los materiales que utilizaran y donde se almacenará su muestra. La motivación está enfocada en que los estudiantes puedan aplicar lo revisado en clases en su hogar para que en un futuro lo puedan extrapolar al campo laboral donde se podrían desempeñar.
- Para la introducción a los contenidos se solicita que puedan compartir sus respuestas mediante la herramienta de pizarra de google, grupos de WhatsApp o en la guía para luego hacer predicciones sobre la preparación de la muestra previa al análisis y el tipo de análisis que podrían realizar de sus muestras desde sus casas, entendiendo que es probable que deban realizar muestreos de sustancias sólidas durante la ejecución de su práctica profesional.
- Para la etapa de estructuración y síntesis se les entrega información acerca de cómo identificar la textura del suelo (limoso, arcilloso y arenoso) mediante la aplicación de porciones pequeñas de agua y la formación de bolitas y la identificación de la acidez y basicidad de la muestra utilizando repollo morado, se conversa acerca de cómo extraer el indicador desde las hojas del repollo morado y cuál sería la mejor estrategia para poder medir el pH de las muestras de suelo en casa y los protocolos frente al cuidado de la muestra y los posibles accidentes que podrían ocurrir mediante la ejecución del muestreo y análisis en sus casas.
- Finalmente, en la etapa de aplicación los estudiantes realizan el muestreo de su muestra de suelo, siguiendo los protocolos establecidos como la rotulación considerando la fecha y hora, el lugar de muestreo, nombre del responsable, propiedades organolépticas y el sellado del recipiente, identifican su textura y pH y

proponen especies de árboles o tubérculos que podrían sembrar de acuerdo a las características de las muestras.

Para verificar si cumplen con los protocolos establecidos es que los estudiantes comparten los videos de las actividades realizadas y las instrucciones y contenidos están descritos en su totalidad en el material de trabajo para que aquellos que no tienen las condiciones para trabajar de forma online no pierdan oportunidades.

Si bien la actividad cumple la finalidad de poder hacer un muestreo y un análisis en casa deja a la deriva el manejo de instrumentos de laboratorio, por ejemplo, es posible medir el pH aproximado de muestras de suelo usando el repollo morado como indicador pero al momento de realizar su práctica profesional deberán utilizar un peachimetro, se podría resolver esto mediante un video explicativo sobre cómo utilizarlo pero no podrían ponerlo en práctica y así pasaría lo mismo con aquellos instrumentos que no pueden ser reemplazados con procedimientos caseros.

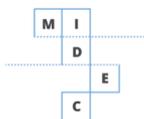
La actividad que se ha comentado calza con el módulo de Toma de muestras en función del objetivo priorizado porque este es el objetivo propio del módulo en cuestión, pero, ¿cómo se pueden diseñar actividades que puedan desarrollar habilidades que logren cumplir con los módulos de la especialidad?

### **Conclusión**

Durante la implementación de la actividad se logró que el 90% de los estudiantes pudiese cumplir con ella desde el trabajo remoto o a distancia, sin embargo creo que como comunidad educativa no estamos preparados para aplicar esta modalidad en situaciones de emergencias para la EMTP, debido que no basta sólo con acortar o seleccionar los objetivos de aprendizaje que se consideran más oportunos, ya que existen especialidades que requieren del desarrollo de habilidades practicas donde un simulador o un video si bien puede ser utilizado para ejemplificar no logra fortalecer ciertas necesidades educativas como lo es en la especialidad de Química Industrial con mención en Laboratorio Químico.

### **Referencias bibliográficas**

- Begoña-Tellería., M. (2004). Educación y nuevas tecnologías. "Educación a Distancia y Educación Virtual. Revista de Teoría y Didáctica de las Ciencias Sociales. N°9, pp. 209-222.
- Carla, T., Ramos. E. (2020). Dificultades de la educación remota en las escuelas rurales del norte de Minas Gerais durante la pandemia de Covid-19. Universidad Estatal Paulista, Brasil.
- Crisol-Moya, E. Herrera-Nieves. L, Montes-Soldado. R. (2020). Educación virtual para todos: una revisión sistemática. Ediciones Universidad de Salamanca.
- Jorba, J., Sanmartí, N. (1996). Enseñar, aprender y evaluar: un proceso de regulación continua: Propuestas didácticas para las áreas de Ciencias de la Naturaleza y Matemáticas



Ministerio de Educación. (2020). Priorización Curricular Covid-19 Formación diferenciada técnico-profesional. Unidad de Currículum y Evaluación.

Morales, J. C, Fernández, K., Pulido, J. (2016) Evaluación de técnicas de producción accesible en cursos masivos, abiertos y en línea- MOOC. Revista CINTEX, Vol. 21, N° 1, pp.89-112

Sierra. C. (2011). La educación virtual como favorecedora del aprendizaje autónomo. N° 9, pp 75-87.

## La pandemia y los problemas de la educación: Una preocupación sin analizar

Rafael Rodríguez Rodríguez, Universidad Libre  
Sandra Milena Forero Díaz, Universidad Pedagógica Nacional  
Rosa Nidia Tuay Sigua, Universidad Pedagógica Nacional

*Colombia*

### Resumen

El presente artículo analiza aspectos de un sistema educativo con referencia a un análisis documental de países tales como Colombia, Brasil, Argentina en tres momentos de la Pandemia COVID-19, el antes, en la pandemia y después de la pandemia donde se observan comunidades que fueron impactadas desde preescolar hasta la Educación Superior, para reconocer la existencia de poblaciones por rangos de edad: niños sin defensas, adolescentes sin rebeldía y estudiantes universitarios desubicados institucionalmente y profesionalmente; que hoy en día continúan en el sistema educativo y que siguen expresando estos problemas.

*Palabras claves:* Pandemia, Educación, Sistema Educativo, Desafíos Educativos, Brechas.

### ¿Antes de la pandemia? *La tranquilidad y los cambios*

La historia de la humanidad describe y expresa grandes hechos humanos, fenómenos físicos, desarrollos biológicos y procesos culturales que se han convertido en catástrofes y cambios significativos entre los cuales en la última época se encuentra el caso de la pandemia generada por la COVID-19. La situación en diversos sectores de la sociedad y en particular la incidencia en el sector educativo, en los procesos formativos de los individuos y en las interacciones de las personas han sido fundamentales.

Se encuentran problemas y necesidades que vienen desde hace muchos años y se continúan observando, siendo los mismos, y en el caso de la pandemia, las políticas y los planteamientos expresados en aspectos, características y variables básicas en la educación, han aumentado las crisis que ya se traían, y que se ampliaron durante la pandemia tales como los cierres

prolongados de las instituciones educativas por un poco de un año; el papel de las mujeres, familias y los hogares, los recursos orientados para el soporte de los procesos de formación; la digitalización, las tecnologías y la virtualización; la concepción, el papel y la función de los docentes; los cuales deben ser estudiados y, analizados para una reorientación en la proyección de los Sistemas Educativos en todos los niveles y que contemple las diferentes modalidades ya existentes y las que se originaron en tiempos de pandemia.

Durante varios años antes de la pandemia, fue necesario reconocer que muchas de las políticas de nuestros países, como una estrategia de compensación y búsqueda de equidad, se orientaron a ofrecer mayor cobertura y acceso a las y los estudiantes en términos de recursos y equipos tecnológicos, orientándose con mayor intención a los grupos sociales de menor nivel socioeconómico.

Puesto que, antes de la llegada de la pandemia, la situación social, económica, política y cultural en nuestros países venía en deterioro, con altos índices de pobreza, con aumento en los procesos de corrupción, y descomposición social, en el irrespeto a la vida humana y a las personas, desconocimiento de la existencia de diferencias de género, de sexo y de raza expresada en permanencia de las desigualdades hasta un progresivo descontento social evidenciado en los años 2019 y 2020, y agudizados en 2021 y siguientes.

En el año 2019, antes de la pandemia más del 50% de los hogares tenía acceso a Internet, con una marcada diferencia entre las ciudades capitales, las cabeceras municipales y las zonas rurales. En marzo de 2020 se presentan los primeros brotes del virus COVID-19 y la población mundial es forzada a un confinamiento general como consecuencia de la rápida proliferación de la pandemia.

Las primeras orientaciones en los sistemas educativos, según lo reportado en múltiples informes fue la suspensión de la presencialidad en más de 190 países, no solo en el campo de la educación, lo que llevó a la suspensión masiva de las actividades presenciales en las escuelas para evitar la propagación del virus y disminuir su impacto.

Inicialmente las acciones planteadas para mitigar la pandemia fueron:

- Llevar a cabo prácticas de aprendizaje a distancia.
- Utilización de herramientas, que pueden llegar a implicar el uso o no de la tecnología.
- El bienestar integral de las y los estudiantes y la atención a la salud.

La clausura de las instituciones educativas presentó la imposibilidad de que las comunidades educativas cooperaran en actividades conjuntas. Por consiguiente, para mantener la continuidad pedagógica en forma remota fue necesario realizar formas de enseñanza y aprendizajes imprevisibles que alteraban los tiempos escolares y en muchos casos superaban esos tiempos.

Básicamente en la mayoría de países el sostenimiento de los procesos de formación se realizó a través de desarrollos virtuales, soportado en el conocimiento y dedicación de los docentes. Uno de los aspectos a resaltar en la crisis educativa fue lo relacionado con los desarrollos tecnológicos y el uso de herramientas que ya eran conocidas desde décadas atrás.

En países como Colombia, las políticas educativas relacionadas con tecnologías de la información empezaron a llevarse a cabo de manera muy incipiente a finales del siglo XX y principios de siglo XXI, cuyo objetivo fundamental era su utilización en la enseñanza en las instituciones educativas y mejoramiento de los resultados de aprendizaje.

Al respecto en el estudio de Cepal-Unesco (2000), titulado “La educación en tiempos de la pandemia de COVID 19”, se plantea: “En los últimos años, con la masificación de la conectividad sobre la base de Internet móvil y el incremento de dispositivos digitales más accesibles, las políticas han redirigido sus esfuerzos a la formación de habilidades digitales de las y los estudiantes” (p.5).

En particular, en Colombia se realizó un trabajo planteado por Unesco, mediante el documento, denominado *Marco de competencias de los docentes en materia de TIC* “el cual incluye 18 competencias organizadas en torno a 6 aspectos de la práctica profesional de los docentes (comprensión del papel de las TIC en las políticas educativas, currículo y evaluación, pedagogía, aplicación de competencias digitales, organización y administración, y aprendizaje profesional de los docentes) y en 3 niveles de uso pedagógico de las TIC por parte del profesorado: adquisición, profundización y creación de conocimientos (UNESCO, 2019a).”

Sin embargo, es importante destacar que existe una profunda inequidad en el acceso y gestión de la información, la integración a otras artes y las relaciones con comunidades científicas.

### **¿En la pandemia? El momento de la crisis y de las incertidumbres**

El tiempo de incertidumbre y crisis evidente durante la pandemia, apenas comienza a comprenderse, como lo plantea De Souza (2020): “La etimología del término pandemia es: reunión del pueblo. La tragedia es que, en este caso, para demostrar solidaridad lo mejor es aislarnos y evitar tocar a otras personas.... El significado literal de la pandemia de coronavirus es el miedo caótico generalizado y la muerte sin fronteras causados por un enemigo invisible” (p.23). Y plantea la pandemia junto a otros enemigos invisibles tales como El Dios, el virus y los mercados .... “la pandemia solo agrava una situación de crisis a la que ha sido sometida la población mundial” (p.20), incluidas todas las actividades y manifestaciones humanas.

El desarrollo de la pandemia presenta varias etapas, desde un primer momento de aislamiento hasta el distanciamiento social total, que implicó la suspensión de la presencialidad, para luego pasar a una lenta apertura de las instituciones educativas encontrándose relacionamientos educativos muy diferentes y más complejo.

Al inicio de la pandemia, se pretendía asegurar el acceso a desarrollos pedagógicos mediante formatos digitales. La institución educativa se planteó como espacio de continuidad mediante el desarrollo de las clases centrados en la trasmisión de saberes. Como ya se había señalado, se hizo aún más evidente la brecha digital, pues eran exiguos los recursos de conectividad y equipos digitales para estudiantes y docentes. Esto hizo que se tomaron medidas de urgencia, como el establecimiento de acuerdos con empresas de telefonía móvil, con el fin de garantizar la navegación en los portales educativos a través de celulares o móviles. La problemática generada por la pandemia y la obligatoriedad del distanciamiento social llevó a considerar la tecnología como un contenido cerrado, aceptado con resignación o entusiasmo (Clacso, 2020).

Mediante la conectividad a través de dispositivos móviles que dieron fuerza a los datos se incrementó por la posibilidad de recolectarlos, almacenarlos y procesarlos de maneras automatizadas y garantizó el acceso a entornos y herramientas digitales. Con la pandemia la brecha tecnológica tuvo relevancia para desarrollar y acceder a las actividades productivas, las comunicaciones, el estudio, la oferta y demanda de productos de primera necesidad ,así como el esparcimiento o la vida social (Magnani, 2020 p.85, (Eds) Dussel, Ferrante & Pulfer).

¡Los primeros meses de la pandemia llevaron a una especie de “domesticación de lo escolar” en los que el trabajo escolar se desarrolla en las casas y surge una clase denominada por una docente universitaria de México «en pantuflas”! (Dussel, 2020 p. 342, (Eds) Dussel et al)

Estas relaciones entre institución educativa, hogar y tecnologías, por un lado, terminaron en tensiones con los niños y los adolescentes jaloneando hacia un lado y los docentes y padres hacía el otro, buscando acudir y “utilizar las herramientas que tenía a mano (a veces más, a veces menos) para continuar el diálogo con sus estudiantes: WhatsApp, correo electrónico, YouTube, Moodle, Google Classroom, Zoom, Jitsi, Meet y más” (Magnani, 2020, (Eds) Dussel et al). En el caso de la educación rural, esta situación se vio acrecentada no solo por la conectividad sino por la falta de recursos tecnológicos, “El 40% de las familias no tiene acceso a una red wifi domiciliaria y del 76% que refiere tener plan de datos en el celular, cuentan con paquetes de navegación limitados para acceder a redes sociales básicas como Facebook y WhatsApp” (Acero, Briceño, Orduz y Tuay, 2020, p.12).

En este campo, temas y nombres que no significaban nada para docentes, estudiantes y padres repentinamente se transformaron en espacios de intercambio adonde «ir» para tener reuniones, clases, ensayos o fiestas, saturando los dispositivos con los que se contaba (Clacso, 2020). De acuerdo a lo que se cuestiona y se plantea en Pensar la educación en tiempos de Pandemia ((Eds) Dussel et al, 2020), preguntas como ¿Era lo mismo usar Moodle que Google Classroom? La vía más rápida y fácil para los docentes es optar por los entornos digitales conocidos ya sea por falta de tiempo o recursos o preparación para buscar alternativas. Lo más razonable era elegir opciones sin considerar los potenciales pedagógicos para la educación. (Pánico y Magnani, 2020 p.94, (Eds) Dussel et al).

Los docentes necesitaban una solución rápida y eficiente, lo cual resulta comprensible pues lo urgente era atender las clases en la urgencia sanitaria que no permitía esperas ni excusas. Mucho menos cuando las ordenes de confinamiento fueron dadas para cumplimiento de manera casi que inmediata. Es así, como las medidas de distanciamiento social superaron ampliamente el tiempo y el lugar de la escuela.

Se presentó así un choque y se produjeron cambios en el currículo por cuanto, “la pandemia trasformó los contextos de implementación del currículo, no solo por el uso de plataformas y la necesidad de considerar condiciones diferentes a aquellas para las cuales el currículo había sido diseñado, sino también porque existen aprendizajes y competencias que cobran mayor relevancia en el contexto de la pandemia y que priorizan competencias y valores que se han revelado como prioritarios en la coyuntura tales como: la solidaridad, el aprendizaje autónomo, el cuidado propio y de otros, las competencias socioemocionales, la salud y la resiliencia, entre otros” (Cepal, 2020 p. 4).

Con el fin de acercarse a una comprensión e interpretación de la crisis generada por la pandemia y así desde el punto de vista educativo responder a su mejor desarrollo se fueron incorporando aspectos relativos al currículo y a la salud, al desarrollo de un pensamiento más crítico y reflexivo, a la búsqueda de una comprensión de los movimientos sociales y económicos que se estaban generando y una gran fortaleza en actitudes relacionadas con la tolerancia, la no discriminación y la empatía.

Uno de los aspectos críticos no analizados, fue el papel de la mujer, dado que antes de la pandemia, o sea, en tiempos “normales” ellas realizaban otro tipo de trabajos, sumados al trabajo de cuidados no remunerados más que los hombres.

Obsérvese como con el cierre de las Instituciones Educativas, estas actividades desarrolladas por las mujeres, que ya mostraban un desequilibrio en términos de género; se profundiza y llega a tal punto que se multiplican las responsabilidades que simultáneamente tiene que asumir: el cuidado de niñas, niños y demás familia, el trabajo mediado por tecnologías, el trabajo doméstico no remunerado, el trabajo a distancia y la orientación, desarrollo y acompañamiento de los procesos de aprendizaje de sus hijos e hijas.

En la pandemia, en cuanto a los actores centrales del proceso educativo, los docentes les fue necesario reorientar sus planificaciones y estrategias, y realizar revisiones continuas a los aspectos metodológicos, la orientación curricular, el diseño de materiales y diversificación de los recursos, formatos y plataforma; para tener mejores condiciones en la interacción con sus estudiantes.

Igualmente debían preocuparse por llevar a cabo acciones que aseguraran condiciones de seguridad material de las y los estudiantes y sus familias, como, por ejemplo: condiciones alimentarias adecuadas a edad y desarrollo, productos que garantizaran su seguridad sanitaria, recursos educativos, material didáctico y apoyo psicosocial; este último escenario de gran relevancia en tiempos de pandemia y con gran impacto en tiempos de post-pandemia.

La mayoría de los maestros no estaban preparados para enseñar ni para desarrollar en adecuadas condiciones, su labor de formación a través de formas no presenciales y un alto porcentaje de los estudiantes no tenían acceso a medios virtuales.

En un número significativo de países e instituciones, con el ánimo de indagar la problemática existente, explicarse las nuevas situaciones educativas en la pandemia y acercarse al mejoramiento de los procesos formativos, fue la aplicación de materiales evaluativos, que dieran evidencias de los sucesos de la cotidianidad, que permitieran encontrar explicaciones a las nuevas formas de relacionarse y llevar a cabo las interacciones pedagógicas, encontrar explicación a las reacciones que mostraban los diferentes miembros de la comunidad e identificar nuevas estrategias pedagógicas para el tránsito de las instituciones educativas al interior de los hogares.

En este sentido, algunos autores en el texto compilado por Dussel et al (2020): Pensar la educación en tiempos de pandemia: entre la emergencia, el compromiso y la espera, plantearon: “¿Es la pandemia en tanto interrupción de la actividad *en* la escuela un elemento negativo –productivo, posibilitador– para el orden escolar tal como lo conocemos? ¿O el valor que acompaña a la pandemia no es del orden de la negatividad, sino que, por su carácter

disruptivo, no planificado y no previsto, genera efectos diferentes, desestructuradores?”  
(Caruso, 2020 p.103, (Eds) Dussel et al)

En el marco de este panorama, se encuentran otras consideraciones relacionadas con política educativa, tales como:

- Utilizar la evaluación para recoger información.
- Obtener retroalimentación de las y los estudiantes,
- Hacer seguimiento a sus aprendizajes y los efectos de las estrategias desarrolladas durante la pandemia.

Por tanto, fue necesario buscar mecanismos y estrategias para asegurar la equidad del proceso evaluativo, considerando que la crisis sanitaria estaba afectando diversos aspectos como la preparación de los estudiantes para los exámenes, incluidos los resultados de aprendizaje, el estado y el desarrollo de las habilidades socioemocionales y la planeación y seguimiento personal e institucional.

En particular en Colombia, de acuerdo al documento publicado en el año 2021 por el Banco de la República, titulado “Efectos de la pandemia sobre el sistema educativo: El caso de Colombia”, se evidencia como fue importante el análisis del impacto del “plan piloto de alternancia ejecutado entre septiembre y diciembre del 2020 sobre los resultados de la prueba Saber 11° que se presentó en noviembre del mismo año, teniendo en cuenta los efectos de la pandemia en el 2020. Este plan piloto consistió en el regreso progresivo de Colegios a la presencialidad, los cuales cumplían con las medidas de bioseguridad y contaban con el apoyo del Ministerio de Educación nacional y de las secretarías de Educación municipales”. (Melo, Rodríguez, Ramos & Zarate, 2021).

En los entornos rurales, los efectos de la pandemia, tuvo grandes incidencias, no solo desde la conectividad y el acceso sino la soledad de las familias al permanecer aislados, hizo más evidente las brechas socioeconómicas entre el campo y la ciudad (Orduz, et al, 2021), lo que generó en términos educativos grandes retos para los docentes quienes tuvieron que acudir a la solidaridad y el trabajo comunitario para abordarlos y buscar soluciones contextualizadas y diferenciadas.

### **¿Después de la pandemia? Los análisis y las proyecciones**

La pandemia del COVID-19 tuvo, tiene y seguirá teniendo grandes afectaciones en la salud física y mental, la economía, con impactos sociales, culturales y políticos que llevarán un buen tiempo dimensionar y evaluar. Las consecuencias en términos de sufrimiento y destrucción están próximas a las catástrofes de las guerras mundiales, que la humanidad ya ha vivido.

La pandemia afectó la continuidad de la escuela en todas sus dimensiones. En términos de la Cepal-Unesco (2020):

“La pandemia de COVID-19 exacerbó las desigualdades sociales, la inequidad y la exclusión, al tiempo que se transformó paradójicamente en una oportunidad para el fortalecimiento de las relaciones sociales, guiadas por los sentimientos de solidaridad y colaboración en torno a la búsqueda del bien común, y también por la

responsabilidad por el cuidado del otro, como una dimensión esencial del cuidado y supervivencia de uno mismo. Fue necesario repensar la educación dando prioridad entre los nuevos contenidos a la preparación de las y los estudiantes para comprender la realidad, convivir y actuar en tiempos de crisis e incertidumbre, tomar decisiones a nivel individual y familiar e impulsar soluciones colectivas a desafíos urgentes que contribuyan a la transformación estructural del mundo.” (p.16)

Esto ha traído como consecuencia, un aumento en la demanda de servicios de educación en colegios oficiales y por el contrario una disminución de la demanda en los colegios privados, el aumento de las tasas de deserción y repitencia escolar y un evidente incremento de las brechas en el rendimiento académico en todos los niveles educativos.

De otra parte, se esperaba que, con el regreso a la presencialidad, se fomentarían las capacidades y habilidades sociales, sin embargo, los estudios demuestran la “afectación de las habilidades cognitivas y no cognitivas de los estudiantes, reducción del tiempo destinado al aprendizaje, síntomas de estrés, cambios en la forma en que los estudiantes interactúan, y una profundización de las desigualdades en el acceso y en los resultados educativos” (Di Pietro, Biagi, Costa, Karpiński y Mazza, 2020). Esto tendrá gran impacto en el desarrollo presente y futuro de los niños, especialmente de aquellos que viven en condiciones de vulnerabilidad. Estos efectos incluyeron: “el abandono de los estudios, situaciones de inseguridad alimentaria, abusos en el ambiente familiar, y problemas de salud física y emocional” (Melo et al, 2021). El regreso a las instituciones muestra

Otro de los grandes fenómenos encontrados como efectos de la pandemia y la no presencialidad, está referido con el hecho de la existencia en las instituciones educativas, de un primer rango de seres humanos; niños sin experiencia relacional en términos de tipo social y de salud, que generó los llamados “*niños sin defensas*”. Lo cual, se constituye en un hecho social que merece atención desde todas las instancias, pues aquellos niños que crecieron sin mayor intercambio social, viendo a los demás seres humanos con mascarillas, difícilmente logran adaptarse socialmente, además de tener una afectación en su sistema inmunológico, por estar aislados. Esta situación, en postpandemia, ha incrementado el número de niños en clínicas, hospitales y centros médicos, sin posibilidades de soportar síntomas de diversas enfermedades propias de los pre-jardines e instituciones infantiles, por cuanto los espacios de estas instituciones son básicos para la interacción con otros niños que les permiten adquirir y fortalecer su sistema inmunológico por exposición a este tipo de enfermedades.

Igualmente, en las instituciones educativas, se encuentra un segundo rango de seres humanos los adolescentes sin experiencias de interacciones grupales pues no tuvieron espacios relacionales ni encontraron en un tiempo significativo posibilidades para la reacción, discusión, diálogo y choque con prácticas y experiencias de diferente índole personal, social, cultural, deportiva, entre otras que hacen parte de la formación y desarrollo del ser humano y podríamos denominarlos “*adolescentes sin rebeldía*”.

De igual manera, por su parte, un tercer rango de seres humanos, en las instituciones de Educación Superior, los estudiantes universitarios que ingresaron en los semestres correspondientes al tiempo de la pandemia nunca tuvieron inducción ni acercamiento a la institución denominada Universidad, ni conocieron compañeros, ni sus espacios universitarios,

ni su universidad propiamente. Son los denominados “*universitarios sin ubicación institucional*”, con quienes las Universidades al regreso de la pandemia continuaron con los procesos y procedimientos tradicionales, como si no hubiesen sufrido la pandemia y son quienes vienen insistiendo en sus desarrollos presenciales aún en contra de la virtualidad y los apoyos tecnológicos.

Existe en las instituciones de Educación Superior, en este mismo tercer rango de seres humanos una franja de estudiantes que estaban en la mitad de sus carreras y en quienes se encuentran grandes vacíos y brechas en cuanto a su formación disciplinaria y aún formación profesional. Son los denominados “*universitarios sin ubicación profesional*”.

Estos rangos señalados anteriormente de seres humanos hacen parte de los actuales sistemas educativos y al hacer parte del sistema, las políticas de gobierno deberían proponer formas, técnicas modos y metodologías, que de alguna manera mediaran en el proceso formativo para mejorar las condiciones ya señaladas.

De acuerdo al estudio publicado por el Banco de la República “efecto de la pandemia sobre el sistema educativo: el caso de Colombia”, en el cual se presentan estadísticas del año 2019 y del año 2020, relacionado con matrícula en el Sistema Educativo Colombiano, en los niveles Primaria, Secundaria y Educación Superior se observaban estadísticas que mostraban diferencias significativas antes del año 2019 y luego la incidencia de la pandemia en el año 2020, en cuanto a problemas como reprobación y deserción. A manera de conclusiones, este estudio plantea:

- “Los indicadores de Educación básica y media muestran que la pandemia produjo un aumento de la demanda por servicios de la educación oficial, generó un aumento de las tasas de deserción y repitencia escolar y profundizó las brechas en los resultados de las pruebas saber 11. En educación superior se observa una disminución de los estudiantes matriculados y un aumento del endeudamiento de las Universidades privadas. Se mantienen las brechas en los resultados de Saber PRO, teniendo en cuenta diferentes características socioeconómicas de los estudiantes.
- De acuerdo con estadísticas del Ministerio de Educación, en 2020 se trasladaron de institución 266,657 estudiantes, de los cuales el 29% se trasladó de instituciones oficiales a privadas y el 71% de instituciones privadas a oficiales. Con relación al retiro de estudiantes, las cifras indican que 243,801 estudiantes abandonaron sus estudios en 2020, lo cual representa una tasa de deserción intraanual de 2.7%.
- Con respecto a la pérdida del año escolar durante la pandemia se observa un aumento importante en las tasas de reprobación, las cuales en promedio alcanzaron en 2020: 6.2% en primaria, 11.3% en secundaria y 7.9% en educación media.
- Como consecuencia de la pandemia, en 2020 se observa una reducción del número de estudiantes matriculados, tanto en instituciones oficiales como privadas, profundizando el proceso de descenso que se venía observando desde el año 2018. La caída es mayor en instituciones privadas, cuyos ingresos provienen en su mayoría de la matrícula de los estudiantes y en programas de formación técnica profesional y programas de especialización. Por áreas de conocimiento la mayor caída se registró en programas de ingeniería, arquitectura y afines y, en matemáticas y ciencias naturales.

- Con relación al acceso de la población a la educación superior, la tasa de cobertura se sitúa en 52.2% en 2019 y en 51.6% en 2020” (Melo et al, 2021).

Estos nuevos panoramas referentes a la incidencia de la pandemia en el sector educativo y la agudización de unos y otros, evidencian nuevas desigualdades que se solapan con las evidenciadas en tiempos de “normalidad”. Sin lugar a dudas, en cuanto al actor principal del proceso formativo: el maestro, se generan interrogantes a su formación como maestros en tiempos de postpandemia, no solo por lo que representó el trabajo arduo y decidido de los docentes, sino porque las huellas dejadas por la pandemia en la formación de las generaciones más jóvenes, deberán ser objeto de repensar la formación de los docentes, las instituciones educativas, las políticas en educación y el lugar más que preponderante de los docentes en toda sociedad.

De acuerdo con Southwell (2020, p. 172, (Eds) Dussel et al), se pone de manifiesto que:

“La experiencia vivida nos dejara, sin lugar a duda, muchos y nuevos aprendizajes que reactualizarán los modos en los que percibimos y producimos en la escuela. No se trata solamente de la incorporación de nuevos lenguajes y soportes, sino de una revisión muy significativa de sus modos de uso, de los nuevos caminos intelectuales que se proponen, de la potencialidad de esos nuevos lenguajes, la relación con el conocimiento que generan y las prácticas sociales que se habilitan con ellos. Para transformar la brecha instalada desde sus orígenes entre la escuela y lo contemporáneo, es necesaria una actualización en la renovación pedagógica para un diálogo más fluido con los saberes que se producen y circula tanto dentro como fuera de la escuela” (p.172).

Como experiencia límite, la humanidad debe reflexionar y considerar que cambios son necesarios realizar. “Es claro que la cultura de la digitalidad, los procesos de individualización y los saberes que se han dado en llamar, pomposamente, «habilidades del siglo XXI» podrán avanzar y generar efectos que sin la pandemia no se hubieran dado o hubieran tardado mucho más en aparecer” (Caruso, p.109, (Eds) Dussel et al). La experiencia demostró que en planeta y en todos niveles educativos ninguna institución podía considerarse preparada para enfrentar todas las consecuencias de la pandemia, particularmente el distanciamiento social. (Cardini y D’Alessandre, p. 110, (Eds) Dussel et al)

Por lo anterior, existe la necesidad latente de seguir preguntándonos, analizando y reestructurando las políticas en educación, los escenarios de desarrollo de lo educativo, la investigación en pedagogía, didáctica y evaluación, deben hacer de los sucesos vividos en la pandemia, lugares de proyección, revisión y surgimiento de nuevas propuestas que de una u otra manera respondan a las necesidades de los y las estudiantes, de las sociedades y sus intereses.

Un punto inicial de análisis, podrían ser las lecciones indicadas por De Souza (2020):

- *“Lección 1. El tiempo político y mediático condiciona cómo la sociedad contemporánea percibe los riesgos que corre”. (p.63)*
- *“Lección 2. Las pandemias no matan tan indiscriminadamente como se cree”. (p.65)*

- *“Lección 3. Como modelo social, el capitalismo no tiene futuro. El capitalismo puede subsistir como uno de los modelos económicos de producción, distribución y consumo, entre otros, pero no como el único, y mucho menos como el modelo que dicta la lógica de acción del Estado y la sociedad”. (p. 66)*
- *“Lección 4. La extrema derecha y la derecha hiperneoliberal han sido (con suerte) definitivamente desacreditadas”. (p.69)*
- *“Lección 5. El colonialismo y el patriarcado están vivos y se fortalecen en tiempos de crisis aguda”. (p.72).*

Y sus respectivos interrogantes, sustentados en la idea de que volver a la «normalidad» no será igual de fácil para todos.

- *“¿Cuándo se reconstituirán las ganancias anteriores?*
- *¿Estarán los empleos y salarios esperándolos y disponibles?*
- *¿Cuándo se recuperarán los retrasos educativos y profesionales?*
- *¿Desaparecerá el estado de excepción creado para responder a la pandemia tan rápido como la pandemia?” (De Souza p. 80, 2020)*

En los casos en los que se tomaron medidas en protección de la vida, también surgen interrogantes como:

- *¿el retorno a la normalidad implicará dejar de priorizar la defensa de la vida?*
- *¿Habrá un deseo de pensar en alternativas cuando la alternativa que se busca es la normalidad que existía antes de la cuarentena?*
- *¿Se pensará que esta normalidad fue la que condujo a la pandemia y conducirá a otras en el futuro?” (De Souza p. 80, 2020)*

Por tanto, De Souza (2020), concluye: “solo mediante una nueva articulación entre los procesos políticos y civilizadores será posible comenzar a pensar en una sociedad en la que la humanidad asuma una posición más humilde en el planeta en el que habita”. (De Souza p. 83, 2020). La humildad nos debería permitir no solo tener una mejor relación con el planeta que habitamos, sino a su vez, revisar con beneficio de inventario las situaciones y condiciones que fueron evidentes por la rapidez con que se propago la pandemia a lo largo de todos los continentes, que en líneas generales se traducen de acuerdo con el documento del Banco de la República (2021) en:

- *“La falta de preparación de los docentes y de los estudiantes para afrontar las formas de educación no presencial;*
- *La dificultad para ajustar los currículos y guías para los estudiantes con conectividad o sin ella;*
- *La reducción del tiempo dedicado al estudio por parte de los estudiantes;*
- *Las dificultades del ambiente familiar para ajustarse a las nuevas formas de educación.*
- *Las brechas observadas entre estudiantes de colegios oficiales y no oficiales, entre estudiantes de áreas rurales y urbanas, entre estudiantes de distintos departamentos, entre estudiantes de acuerdo con el sexo y entre estudiantes según diversos factores que afectan su condición socioeconómica, dentro de las cuales se puede considerar el estrato, el ingreso de los hogares y la educación y ocupación de los padres” (p.10).*

Es así como los tiempos de máxima incertidumbre nos deben posibilitar encontrar nuevas formas, intereses, soluciones y preocupaciones, que permitan que la política pública en educación realmente oriente la formación de la ciudadanía y de garantías de equidad en su formación.

El sistema educativo en todos los niveles de formación tiene grandes retos para afrontar no solo los derivados de la pandemia, sino las incidencias de los territorios y las necesidades recurrentes que se han derivado históricamente que hacen que la escuela siga viva para abordarlos y proyectar acciones para su posible solución.

### Referencias bibliográficas

- De Souza (2020). La cruel pedagogía del virus. Buenos Aires, Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales -CLACSO. //efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://biblioteca-repositorio.clacso.edu.ar/bitstream/CLACSO/15543/1/La-cruel-pedagogia-del-virus.pdf
- Di Pietro, G., Biagi, F., Costa, P., Karpiński Z. y Mazza, J. (2020). The likely impact of COVID-19 on education: Reflections based on the existing literature and international datasets, EUR 30275 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg. ISBN 978-92-76-19937-3, doi:10.2760/126686, JRC12107.
- Melo, L. Ramos, J. Rodríguez, J. Zárate H (2021). Efecto de la pandemia sobre el sistema educativo: El caso de Colombia. Bogotá, Banco de la República de Colombia. <https://repositorio.banrep.gov.co/handle/20.500.12134/10225>
- Cepal – Unesco (2020). La educación en tiempos de la pandemia de COVID-19. [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/45904/1/S2000510\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/45904/1/S2000510_es.pdf)
- Dussel, I, Ferrante, P, Pulfer, D (2020, (Eds)). Pensar la educación en tiempos de pandemia: entre la emergencia, el compromiso y la espera. Buenos Aires, Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales -CLACSO. [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://biblioteca-repositorio.clacso.edu.ar/bitstream/CLACSO/2348/1/Pensar-la-educacion.pdf](https://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://biblioteca-repositorio.clacso.edu.ar/bitstream/CLACSO/2348/1/Pensar-la-educacion.pdf) Unesco (2019).
- Marco de competencias de los docentes en materia de TIC. [https://www.oitcinterfor.org/sites/default/files/file\\_publicacion/UNESCO-COMP-Digitales-Docentes-371024spa.pdf](https://www.oitcinterfor.org/sites/default/files/file_publicacion/UNESCO-COMP-Digitales-Docentes-371024spa.pdf)
- Orduz, M, Tuay, R, Briceño, A, Acero, O. (2020). Realidades de la educación rural en Colombia, en tiempos de covid- 19. <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/32325/Realidades%20de%20a%20educacion%20rural%20en%20Colombia%2C%20en%20tiempos%20de%20covid-%2019.pdf?sequence=1>

## Física Experimental en Clases Virtuales: Indicios de su Implementación en Chile a Nivel Escolar

Carla Hernández Silva, Universidad de Santiago de Chile

Pablo Naranjo Palomo, Universidad de Santiago de Chile

Nelson Sepúlveda Navarro, Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación

Chile

### Resumen

Tras el primer año de confinamiento por la emergencia sanitaria de Covid-19, surgió la iniciativa de implementar un taller de capacitación online para profesores de física en Chile. El principal objetivo fue motivar a los docentes para incluir distintas herramientas en sus clases de física online que permitiera desarrollar actividades experimentales. El taller se llevó a cabo a lo largo de tres días a través de la plataforma Zoom y estuvo dividido en seis módulos con diferentes estrategias para la integración de tecnologías en clases virtuales. En este marco, se identificaron algunos elementos que caracterizan la práctica docente en clases de física experimental antes, durante y después del confinamiento por pandemia. A partir de la opinión de los profesores, se identifican oportunidades y desafíos para el uso de tecnologías en clases de física experimental. Además, se sugiere la incorporación de estas herramientas en la formación inicial y continua del profesorado para facilitar el trabajo práctico en clases presenciales.

*Palabras Clave:* enseñanza de la física, clases prácticas, tecnología, desarrollo profesional docente

### Introducción

Producto de la emergencia sanitaria por COVID-19 la totalidad de las actividades académicas se volvieron remotas en el mundo (UNESCO, 2021), lo cual representó una oportunidad en la transformación hacia la virtualidad de la educación (Dhawan, 2020). Pero en la realidad de la mayor parte de la comunidad vinculada a procesos de enseñanza y aprendizaje alrededor del

mundo, las investigaciones dan cuenta de múltiples carencias y debilidades que afectaron este proceso, tales como; falencias en infraestructura, adecuada conexión a internet, brechas digitales entre profesores y estudiantes, y entornos en los hogares no propicios para el aprendizaje (Pokhrel y Chhetri, 2021; Ametepe y Khan, 2021).

En el caso particular de las clases de física, uno de los aspectos más afectados fue la realización de los laboratorios prácticos debido a la dependencia del espacio físico e instrumentos habituales con los cuales se realizan las clases experimentales. Esto motivó a las y los docentes a buscar alternativas para replicar algunas experiencias en casa e integrar las tecnologías disponibles tales como internet, teléfonos móviles, simulaciones entre otras (Campari et al., 2021).

No obstante, la situación de emergencia sanitaria y confinamiento representó también una oportunidad para repensar el sentido de la actividad experimental en física (Hernández, 2020). Más allá del espacio del laboratorio, fue importante poner énfasis en otros aspectos del trabajo práctico, tal como el desarrollo de habilidades relacionadas con la colaboración, comunicación, análisis y síntesis, que son parte esencial del aprendizaje de la física y la formación científica en general (Pokhrel y Chhetri, 2021; Campari et al., 2021). En este sentido, diversos estudios han concluido que los cambios realizados durante la pandemia a las clases de física experimental deben permitir mejorar las clases presenciales de vuelta al laboratorio integrando los hallazgos y reflexiones generadas (Pols, 2020; Borish et al., 2022).

En este contexto, el presente capítulo describe una experiencia de desarrollo profesional docente realizada en Chile durante el periodo de confinamiento, que tuvo por objetivo entregar a las y los docentes de física diversas herramientas para implementar actividades prácticas en clases de física virtuales. En este marco, se identificaron aspectos importantes de la percepción y práctica docente respecto a la clase de física experimental, que permiten identificar intereses y desafíos del profesorado para su implementación de regreso a la presencialidad.

### **Metodología**

Entre el 25 y 27 de enero de 2021, se realizó un taller de verano para docentes que consistió en un programa de capacitación gratuita llamada “Física Experimental en Clases Virtuales”. El taller fue coorganizado entre académicos de la Universidad de Santiago de Chile (USACH), la Universidad Central de Chile (UCEN) y en colaboración con la Sociedad Chilena de Enseñanza de la Física (SOCHEF).

En el desarrollo de la iniciativa podemos distinguir tres etapas:

1. Diagnóstico. Se realizó un estudio de tipo exploratorio respecto a las clases de física experimental antes y durante la pandemia, previo al taller de capacitación.
2. Implementación y retroalimentación del taller. El taller se realizó en modalidad online a través de la plataforma Zoom durante tres días y al finalizar se aplicó un pequeño cuestionario de retroalimentación del taller.

3. Seguimiento. Un año después del taller, habiendo regresado a la presencialidad, se consultó a los participantes del taller acerca de cambios realizados respecto a sus clases de física.

En la etapa 1, el diagnóstico se llevó a cabo a través del formulario de inscripción vía Google Form, invitando a participar a docentes que realizaban clases de física de enseñanza media en Chile, es decir, para estudiantes de 13 a 18 años. Al enviar el formulario de inscripción, las y los participantes autorizaron el uso de sus respuestas con fines diagnósticos, resguardando el anonimato y la confidencialidad.

La inscripción se cerró en pocos días al alcanzar los 150 cupos ofrecidos, necesario para asegurar una buena dinámica de trabajo grupal durante el taller. De este modo el diagnóstico inicial fue realizado sobre una muestra de 79 mujeres (52,7%) y 71 hombres (47,3%). De la muestra total, el 44,6% de los participantes era de la región metropolitana (capital del país) y el 65,4% pertenecía a otras regiones, logrando una cobertura de todas las regiones de Chile.

El diagnóstico incluía preguntas abiertas y cerradas. En el caso de las preguntas abiertas, estas fueron analizadas por contenido con base en categorías emergentes. Además, se utilizó una matriz FODA (Sarli, 2015) para identificar fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas de la realización de clases experimentales durante el primer año de pandemia, considerando contextos de virtualidad por la emergencia sanitaria.

De las 150 personas inscritas y participantes del diagnóstico, fueron 81 docentes quienes participaron del taller posteriormente. En este segundo grupo muestral, la distribución por sexo de los participantes se mantuvo con 43 mujeres (53,1%) y 38 hombres (46,9%).

Respecto al programa del taller, este consistió en seis módulos de 90 minutos cada uno. La tabla 1 resume los tópicos abordados y los relatores a cargo de cada módulo, quienes tenían experiencia en los respectivos temas.

Fecha	Hora	Tema	Relator/a
<b>Lunes 25 de enero</b>	10.30 - 12.00 horas	Clases demostrativas interactivas basadas en predicciones para el aprendizaje activo	Dra. Carla Hernández (Universidad de Santiago de Chile - USACH)
	15.00 - 16.30 horas	Laboratorios remotos	Dr. Ignacio Idoyaga (Universidad de Buenos Aires - UBA) y Dr. Carlos Arguedas (Universidad Estatal a Distancia - UNED, Costa Rica)
<b>Martes 26 de enero</b>	10.30 - 12.00 horas	Análisis de imágenes astronómicas con SalsaJ	Mg. Elizabeth Villanueva (Sociedad Chilena de Enseñanza de la Física - SOCHEF)

	15.00 - 16.30 horas	Uso de Apps para actividades con sensores de teléfonos móviles	Rebecca Vieyra y Chrystian Vieyra (Vieyra Software)
<b>Miércoles 27 de enero</b>	10.30 - 12.00 horas	Técnicas de análisis de videos con software Tracker	Mg. Mauricio Echiburu (Universidad de Viña del Mar - UVM)
	15.00 - 16.30 horas	Arduinos en ciencias para la ciudadanía	Dr. Nelson Sepúlveda (Universidad Central de Chile - UCEN)

*Tabla 1. Tópicos y talleres realizados entre el 25 y 27 de enero del año 2021.*

Respecto a los módulos impartidos, cabe precisar que los temas fueron escogidos porque permitirían abordar diferentes técnicas de trabajo experimental y el uso de herramientas de libre acceso para el profesorado. A continuación, se describe brevemente cada uno de ellos:

### ***Clases demostrativas interactivas (CDI) para el aprendizaje activo***

Las CDI son una estrategia de aprendizaje activo de la física desarrollada por los reconocidos investigadores Sokoloff y Thornton (1997) en Estados Unidos. La estrategia se desarrolla en ocho pasos a través de los cuales el estudiantado predice, observa, discute y sintetiza sus ideas con base en los resultados. Su implementación favorece la incorporación de experimentos en clases de física teóricas o expositivas, ya que no se requiere de laboratorios o equipos para todo el estudiantado. Como su nombre lo dice, al ser una experiencia demostrativa el docente puede recurrir a diversas herramientas para visualizar fenómenos que cuestionen las creencias del estudiantado, y en este taller se propuso para ello el uso de videos disponibles en internet además de las simulaciones interactivas Phet (Wieman et al., 2008; Wieman et al. 2010). La estrategia ya había sido implementada en el contexto de un taller de capacitación docente en Chile que buscaba integrar las tecnologías de la información en clases de física (Tecpan y Hernández, 2019), donde los resultados revelaron una valoración positiva hacia su uso y un gran potencial de aplicación.

### ***Laboratorios remotos***

En este taller se presentó la diferencia entre laboratorios virtuales, masificados mayoritariamente para sustituir las actividades experimentales durante la pandemia, y los laboratorios remotos siendo estos últimos, un conjunto de hardware y softwares que permiten que las y los estudiantes realicen experimentos reales, manipulando los instrumentos a través de internet. En este taller se presentaron experimentos posibles de realizar desde esta

colaboración activa, realización de algunos experimentos, y la logística de gestión de tiempos para uso del laboratorio, cuya principal posibilidad es la manipulación de manera real, desde cualquier parte del mundo conectado a la red de internet. Se da cuenta de estas experiencias en los trabajos de (Idoyaga et al., 2020; Idoyaga y Arguedas, 2021; Idoyaga et al., 2022).

### ***Análisis de imágenes con SalsaJ***

El taller se orientó en presentar de manera práctica el software libre SalsaJ, para el uso en docencia para analizar y explorar imágenes astronómicas reales. Entre las características que destacan de este software son la cantidad mínima de recursos para poder operar, y ser una herramienta multiplataforma y multilingüe. En el taller se realizó la instalación del software, y la revisión de algunas imágenes astronómicas para estudiar por fotometría. Se da cuenta del uso de esta herramienta en los reportes de (Mora, 2022; Rollinde, 2019; Birriel y Wagoner, 2022).

### ***Uso de Apps para actividades con sensores de teléfonos móviles***

En este taller dirigido por los propios creadores de la aplicación gratuita Physics Toolbox Suite, presentaron las posibilidades con el uso de los sensores que provee un smartphone. En este taller se presentaron experiencias con el uso del acelerómetro, medidor de intensidad sonora, intensidad de luz, brújula y magnetómetro, útil en experiencias de laboratorio de física. Otras de las presentaciones que posee el Physics Toolbox Suite es la posibilidad de graficar a tiempo real los parámetros, en el taller se presentó la mirada científica de poseer un número importante de sensores desde el teléfono, y poder recopilar, registrar y exportar archivos de datos en .csv. Se pueden encontrar reportes del uso de la aplicación Physics Toolbox Suite en (Hootman y Pickett, 2021; Kapucu, 2021; Nuryantini, 2018; Vieyra, 2020).

### ***Técnicas de análisis de videos con software Tracker***

Desde la aparición y masificación de internet, se dispone de un gran repositorio de videos que, con gran cantidad y diversidad de fenómenos grabados, tanto dentro como fuera del laboratorio, en contextos formales e informales. En el caso de las clases de física, resulta de interés aprovechar este material para modelar y analizar situaciones que permitan conectar los contenidos con la vida cotidiana, considerando el interés que generan en el estudiantado sobre todo cuando los fenómenos estudiados. En este taller se presentó el software gratuito de código abierto Tracker, útil para análisis de video y herramientas de modelado para experiencias de física, como son fenómenos de caída libre (Montero, 2018), movimientos parabólicos, (Méndez y Rodríguez, 2014) y experiencias contextualizadas desde situaciones reales como el salto de Charly García (Echiburu y Parra, 2022) o la explosión en el puerto de Beirut el año 2020 (Echiburu et al., 2023).

### ***Arduinos en ciencias para la ciudadanía***

En este taller se presentó la versatilidad del uso de la placa Arduino UNO para el uso docente, instalación de software, programación y elementos básicos de electrónica. Se presentaron propuestas para el uso en Aprendizaje Basado en Proyecto; construcción de estación de bajo costo para monitoreo de parámetros ambientales, propuestas de dispensadores de alcohol gel con Arduino UNO, y basurero inteligente, propuestas posibles de desarrollar durante el semestre, integrando cursos de tecnología, física, medio ambiente o ciencias para la ciudadanía. También se presentó, que a partir de la plataforma AUTODESK Tinkercad es posible trabajar con un Arduino virtuales, de forma idéntica a la realización de un proyecto físico real. El uso de esta herramienta en la enseñanza de la física se ha ampliado en los últimos 5 años, ejemplos de estos se pueden encontrar en (Çoban y Çoban, 2020; Casaburo, 2021; Sepulveda y García, 2022).

Finalmente, y con fines de seguimiento, se contactó a inicios del segundo semestre 2022 a las y los profesores participantes del taller para consultar acerca de las clases experimentales realizadas durante 2021 después del taller, y en modalidad presencial una vez que terminó el periodo de confinamiento (considerado en este escrito como etapa “post-pandemia”). En este caso 23 profesores respondieron las preguntas de seguimiento y compartieron sus impresiones acerca de los cambios realizados en sus prácticas. Los resultados de cada etapa son presentados a continuación.

### **Resultados**

Dentro del diagnóstico realizado, cabe destacar que el 79,3% de los docentes indicó desarrollar actividades experimentales antes de la pandemia, pero luego esta cifra disminuye a 52,7% para el caso de las clases experimentales realizadas en modalidad virtual (sincrónicas o asincrónicas) durante el primer año de confinamiento.

Por otro lado, las mayores diferencias se identificaron al comparar a los docentes según el tipo de administración del colegio donde se desempeñaban. La principal disminución en la realización de actividades experimentales ocurrió en establecimientos municipales, pasando de un 86,1% antes de la pandemia a un 44,4% en pandemia, mientras que los establecimientos particulares (privados) disminuyeron de un 75,0% a un 56,3%. Este resultado es coherente con lo reportado por algunos estudios que reflejan un mayor impacto de la crisis sanitaria en escuelas de menores recursos (Pokhrel y Chhetri, 2021) las cuales corresponden mayormente a escuelas públicas en el caso de Chile (Villalobos, 2021; Ponce, 2021).

Respecto a la pregunta del diagnóstico “¿Cuáles son sus motivaciones para participar de este taller?”, el análisis de contenido de las respuestas revela tres categorías más frecuentes:

1. Adquirir conocimientos (f=118).

“Me gustaría ampliar mis conocimientos en relación con el dominio de competencias de tipo experimental en beneficio de mis estudiantes. Adicionalmente me desempeño como profesor formador de profesores de física, y la participación en este taller me permitiría transmitir los

conocimientos que adquiera a mis estudiantes, futuros profesores de física” (P59).

2. Compartir experiencias con otros docentes (f=17).

“Aprender y conocer experiencias de trabajo en Física, soy la única profesora de la disciplina en el colegio y me gustaría compartir con otros nuestras vivencias” (P32).

3. Incentivar la participación y motivación del estudiantado (f=12).

“Adquirir estrategias y herramientas que me permitan desarrollar clases más dinámicas desde el punto de vista experimental, para así promover el interés y la participación activa de mis estudiantes” (P113).

Respecto al desarrollo de las actividades experimentales en física realizadas durante el año 2020, en pandemia, la tabla 2 resume las principales respuestas identificadas para cada elemento de la matriz FODA utilizada.

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Desarrollar habilidades TIC (f=17).</li> <li>● Fomentar el trabajo asincrónico, desarrollando la autonomía y permitiendo a los estudiantes administrar su tiempo (f=17).</li> <li>● Brindar apoyo al aprendizaje de conceptos (f=6).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Disponibilidad de materiales (f=20).</li> <li>● Aumentar la motivación del estudiantado (f=17).</li> <li>● Existencia de plataformas y programas gratuitos (f=15).</li> <li>● Innovación pedagógica (f=11).</li> <li>● Participación de la familia en las actividades (f=7).</li> </ul>
DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Dificultad para supervisar y monitorear a los estudiantes (f=33).</li> <li>● Falta de experiencia de profesores y estudiantes en entornos virtuales (f=17).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Baja participación y Desmotivación (f=36).</li> <li>● Falta de recursos (f=32).</li> <li>● Conectividad de estudiantes (f=29).</li> <li>● Reducción de horas de clases (lectivas) sincrónicas (f=14).</li> <li>● Problemas familiares y emocionales (f=7).</li> </ul>

Tabla 2. Matriz FODA del diagnóstico (etapa 1).

En el caso de profesores que declararon no haber realizado clases experimentales en pandemia, hasta antes del taller, frente a la pregunta ¿Cuál o cuáles fueron los principales motivos? las principales respuestas identificadas se clasifican en cinco categorías emergentes:

1. Falta de recursos por parte de estudiantes y profesores (f=31);  
“Realicé un par de laboratorios virtuales, pero no realicé más por la falta de dispositivos de algunos estudiantes y la imposibilidad de realizar la actividad” (P13).
2. Falta de experiencia en modalidad online, tanto en manejo de software como en manejo de grupo (f=18);  
“Dificultad para articular el trabajo del grupo curso y poco conocimiento de aplicaciones que permitan realizar clases experimentales en esta modalidad” (P24).
3. Reducción del tiempo en el aula y priorización de contenidos (f=15);  
“Privilegiar el contenido por sobre otro tipo de habilidades” (P104).
4. Escasez de tiempo para planificar dichas actividades (f=9);  
“Principalmente sobrecarga, por ende, falta de tiempo para el diseño de actividades de este tiempo” (P6).
5. Políticas del centro educativo respecto al tipo de actividades y solicitud de materiales (f=9).  
“El principal motivo por los que no realice clases experimentales fue por qué los chicos consideraban que eran experiencias largas, la verdad es que no demandaba mucho tiempo, pero en el colegio nos solicitaron realizar otro tipo de actividades” (P123).

Una vez implementado el taller, se consultó a las y los docentes acerca de las estrategias presentadas en cada módulo. La figura 1 muestra cuáles fueron las estrategias que las y los docentes reconocían haber utilizado antes del taller (en modalidad presencial o virtual). Cabe precisar que en todas las preguntas referidas a las estrategias las y los docentes podían elegir más de una alternativa.

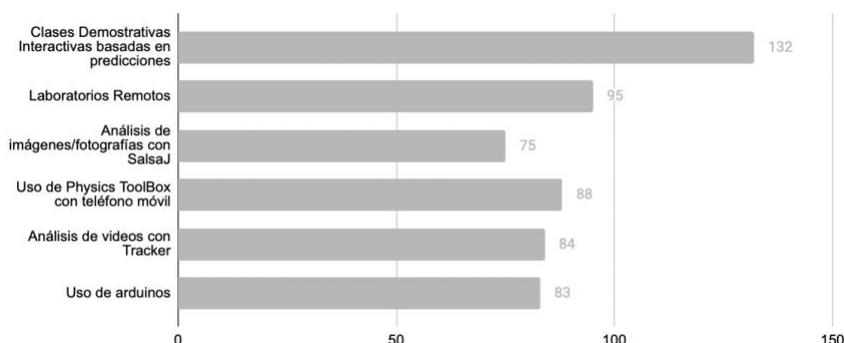


Figura 1. Frecuencia de respuestas a la pregunta: “De las estrategias/herramientas abordadas en el taller, selecciona aquellas que usted ha utilizado antes en sus clases de física (modalidad presencial o virtual)” (N=150).

En cuanto a la estrategia/herramienta abordada en el taller que los y las docentes consideran más factibles de utilizar en clases virtuales de física, las “clases demostrativas interactivas basadas en predicciones” es la más seleccionada, seguida por el uso de la aplicación “Physics Toolbox Suite con teléfono móvil”. Mientras que la considerada como menos factible corresponde al uso de arduinos, siendo la única opción marcada por menos de la mitad de las y los participantes (figura 1).

Por otro lado, las y los docentes indicaron que el “uso de Physics Toolbox con teléfono móvil” y las “clases demostrativas basadas en predicción” son las estrategias que consideraban en ese momento más factibles de implementar en la docencia post pandemia (clases presenciales). La figura 2 resume y compara los resultados a estas preguntas.

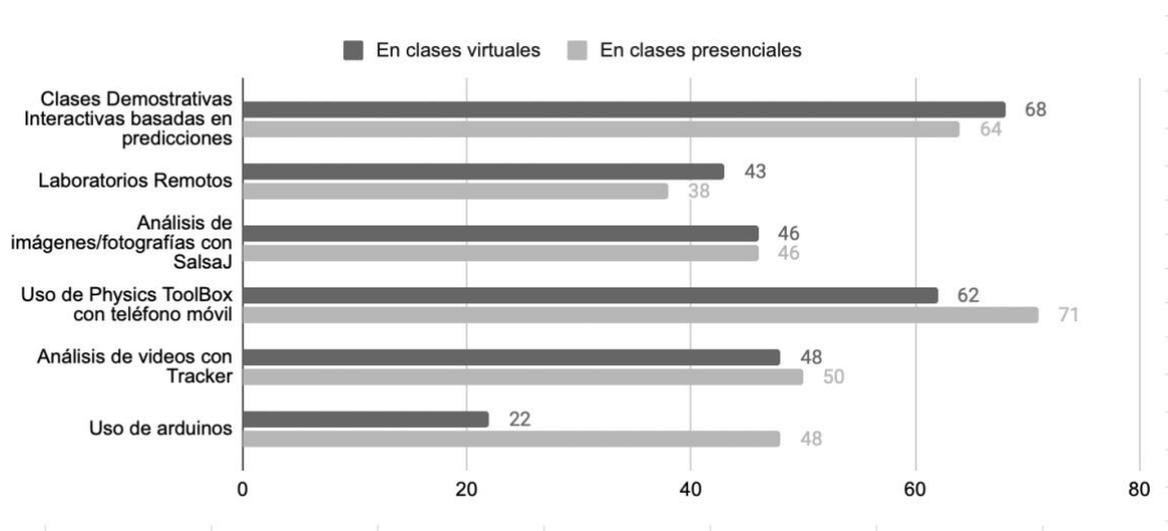


Figura 2. Gráfico de frecuencias, en las estrategias/herramientas abordadas en el taller que los y las profesoras consideraron más factible de utilizar en clases virtuales y en clases presenciales de física (N=81).

Como feedback del taller realizado, hubo una valoración altamente positiva por parte de las y los participantes, quienes destacaron la ejecución del taller y la facilidad de acceso a las herramientas compartidas en cada uno de los módulos. También se destacó la fecha y modalidad del taller, ya que permitió la participación de docentes de distintas zonas del país. La posibilidad de compartir con otros colegas de la disciplina también fue valorada positivamente, ya que en las escuelas son pocos los profesores de física que tienen colegas con quienes intercambiar experiencias:

“Mostraron variadas alternativas que se pueden implementar con muy poco presupuesto y que son de interés de los estudiantes” (P15).

“Los elementos que valoro como positivos del taller son estrategias y herramientas probadas en aula, tanto en universidades como en colegio. A partir de esto, a los y las profesoras que participamos del taller nos entrega una cuota de confianza y de factibilidad a la hora de pensar en nosotros llevarlo al aula” (P71).

“Herramientas tecnológicas interactivas de código abierto que fácilmente pueden utilizarse en el aula (virtual o presencial)” (P32).

Respecto al seguimiento realizado, y a diferencia de lo reportado en la figura 2, las y los docentes fueron consultados respecto a las estrategias que efectivamente lograron utilizar en contexto virtual después del taller, siendo las clases demostrativas la más utilizadas seguida por los laboratorios remotos. En el otro extremo, el análisis de imágenes/fotografías con SalsaJ seguida por el uso de Arduinos fueron señaladas como las menos utilizadas. También se les consultó respecto a las estrategias que efectivamente pudieron utilizar e integrar a sus clases presenciales en 2022 (post pandemia). En este caso, nuevamente las clases demostrativas interactivas aparecen como la estrategia más utilizada. Como las menos usadas en clases presenciales aparecen el análisis de imágenes con SalsaJ y el análisis de videos con Tracker. El resumen de respuestas de ambas preguntas se muestra en la figura 3.

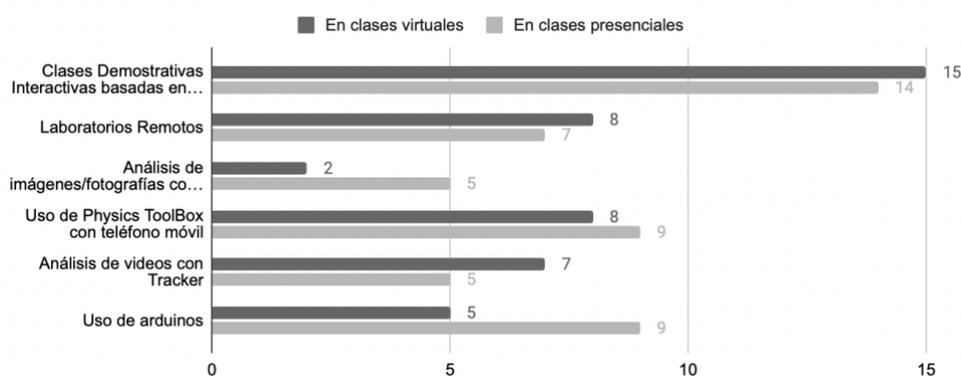


Figura 3. Gráfico de frecuencias, en las estrategias/herramientas abordadas en el taller que los y las profesores lograron de utilizar en clases virtuales y en clases presenciales de física (N=23).

En términos globales, los docentes indicaron que los mayores cambios realizados a sus clases de física post pandemia fue en las metodologías y estrategias utilizadas en clases. El resumen de respuestas a esta pregunta se presenta en la figura 4.

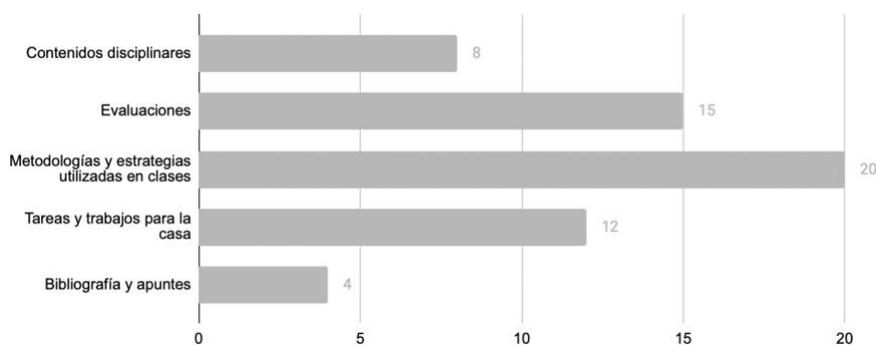


Figura 4. Frecuencia de respuesta a la pregunta: ¿A cuál o cuáles aspectos relacionados a la clase de física ha realizado usted algún cambio durante 2022, respecto a sus clases presenciales antes de la pandemia? (N=23).

Finalmente, frente a la pregunta “¿cuál ha sido el principal desafío que ha debido enfrentar en sus clases de física al retomar la presencialidad?” las y los docentes coinciden en lo siguiente:

- Poco tiempo para la realización de clases
- Motivación, actitudes y compromiso del estudiantado/Frustración y desánimo independiente del rendimiento académico.
- Falta de flexibilidad para evaluar
- La falta de recursos para realizar clases experimentales en la escuela/ No contar con laboratorios mejor equipados y actualizados
- Brechas de aprendizaje, habilidades y conocimientos/Necesidad de abordar aprendizaje no logrados en las clases online.
- Inasistencias y discontinuidad en la participación
- Relación entre pares y entre estudiantes y docentes

### Conclusiones

En este trabajo fue posible identificar una disminución en las clases de física experimental realizada por las y los docentes, comparando contextos presenciales (prepandemia) y las clases remotas en contexto de emergencia sanitaria. Esta disminución fue más notoria en el caso de docentes que ejercían clases en colegios públicos de administración municipal, lo cual es coherente con lo reportado en la literatura acerca de las brechas por nivel socioeconómico en el impacto de la pandemia (Villalobos, 2021; Ponce, 2021).

Además, fue posible identificar importantes razones por las cuales las y los docentes chilenos que no realizaron actividades experimentales en clases remotas, tales como, la dificultad de acceso a materiales por parte de los estudiantes, conexión inestable a internet por parte de los estudiantes, falta de tiempo para planificar las clases y la falta de conocimiento por parte de los docentes. Si bien la conectividad ha sido reportada como un factor que influyó severamente en la continuidad de la educación en pandemia (Pokhrel y Chhetri, 2021), la falta de tiempo y conocimiento de las y los docentes para preparar actividades prácticas utilizando tecnologías, es algo que puede abordarse desde la formación inicial y continua. Es más, el uso de la tecnología no debería ser relegado sólo a contextos de clases virtuales considerando la amplia literatura existente acerca de su incorporación en procesos de enseñanza y aprendizaje de la física (Hochberg, 2018; Salica, 2019; Dhawan, 2020; Banda y Nzabahimana, 2021). Al comparar las respuestas de las y los docentes respecto a las diversas estrategias y herramientas presentadas en el taller, se destaca el uso de las clases demostrativas interactivas basadas en predicciones, como la favorita para su uso en contextos presenciales y virtuales. Esto puede deberse a la factibilidad de su implementación, ya que no requiere de equipos o instrumentos adicionales.

En contraste, se identifica que la mayoría de los profesores y profesoras no conocían herramientas como la placa microcontroladora Arduino UNO, sin embargo, es considerada como una de las más factibles de utilizar en contextos de clase presencial, a diferencia de quienes lo utilizarían de manera virtual. Es probable que un mayor conocimiento acerca de la

potencialidad y versatilidad de uso que se puede dar a esta tecnología favorezca su incorporación en clases de física, sobre todo para abordar propuestas de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) (Sepulveda y Carrasco, 2023). Incluso, poder utilizar plataformas virtuales como AUTODESK Tinkercad permitiría reducir las limitaciones identificadas en este trabajo para la implementación de clases experimentales, dado que es posible prescindir de componentes electrónicos, sensores, o de las mismas placas microcontroladoras de manera física (La Rocca, 2020).

La reducción en el muestreo a lo largo de las tres etapas reportadas es la principal limitación de este estudio. Sin embargo, los resultados no pretenden ser representativos sino más bien indicadores a nivel descriptivo y exploratorio de lo acontecido con las clases de física experimental en pandemia. A partir de ellos, surgen oportunidades de nuevas investigaciones para profundizar, por ejemplo, en los cambios metodológicos realizados por una muestra mayor de docentes en nuestro país, tanto en clases de física como en otras disciplinas.

Por otra parte, se hace necesario fortalecer la formación inicial docente en el uso de tecnologías para clases de física a nivel escolar, considerando posibles escenarios adversos en el futuro y la posibilidad de no restringir las clases experimentales al uso de un laboratorio. Hay mucho del trabajo práctico que se puede realizar sin depender de instrumentos, por ejemplo, el análisis de datos y construcción de gráficas utilizando datos ya disponibles en artículos o catálogos abiertos de internet. Finalmente, cabe enfatizar en la importancia de generar más espacios de formación continua para que el profesorado en física pueda intercambiar experiencias y conocer las herramientas que constantemente están surgiendo para fortalecer el trabajo experimental en sus clases.

### Referencias bibliográficas

- Ametepe, J. D., & Khan, N. (2021). Teaching physics during COVID-19 pandemic: implementation and report of teaching strategies to support student learning. *Physics Education*, 56(6), 065030.
- Banda, H. J., & Nzabahimana, J. (2021). Effect of integrating physics education technology simulations on students' conceptual understanding in physics: A review of literature. *Physical Review Physics Education Research*, 17(2), 023108.
- Birriel, J. y Wagoner, J. (2022). Wavelength-Dependent Solar Limb Darkening with Smartphones, Solar Projection, and SalsaJ. *The Physics Teacher* 60, 732. <https://doi.org/10.1119/5.0061547>
- Borish, V., Werth, A., Sulaiman, N., Fox, M. F., Hoehn, J. R., & Lewandowski, H. J. (2022). Undergraduate student experiences in remote lab courses during the COVID-19 pandemic. *Physical Review Physics Education Research*, 18(2), 020105.
- Campari, E. G., Barbetta, M., Braibant, S., Cuzzuol, N., Gesuato, A., Maggiore, L., Marulli, F., Venturoli, G., & Vignali, C. (2021). Physics laboratory at home during the COVID-19 pandemic. *The Physics Teacher*, 59(1), 68-71.

- Çoban, A. y Çoban, N. (2020). Using Arduino in physics experiments: determining the speed of sound in air. *Phys. Educ.* 55 043005.
- Dhawan, S. (2020). Online learning: A panacea in the time of COVID-19 crises. *Journal of Educational Technology*, 49(1), 5–22. <https://doi.org/10.1177/0047239520934018>
- Echiburu, M., & Parra, R. (2022). “Me tiré por vos” un análisis físico del salto de Charly García. In *Anales (Asociación Física Argentina)*. Asociación Física Argentina, 33(2), 36-41.
- Echiburu, M., Hernández, C., & Pino, M. (2023). Teaching physics in real-life contexts: the Beirut explosion. *Physics Education*, 58(2), 025009. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ab94d6>
- Fausto C. (2021). Teaching physics by Arduino during COVID-19 pandemic: the free-falling body experiment. *Physics Education*, 56(6), Phys. Educ. 56 063001. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ac1b39>
- Hernández, C. (2020, 14 de mayo). *Adaptación de metodologías de aprendizaje activo a escenarios virtuales para la educación STEM* [Conferencia]. COVID-19: Enseñando STEM en Cuarentena. Disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=jDj7KdfxE9k>
- Hochberg, K., Kuhn, J., & Müller, A. (2018). Using smartphones as experimental tools—effects on interest, curiosity, and learning in physics education. *Journal of Science Education and Technology*, 27, 385-403. <https://doi.org/10.1007/s10956-018-9731-7>
- Hootman S. y Pickett C. (2021). A Semester-Long Study of Magnetic Fields Using Smartphones to Engage Non-Physics Majors. *The Physics Teacher* 59, 108 (2021). <https://doi.org/10.1119/10.0003463>
- Idoyaga, I., Vergas-Badilla, L., Moya, C.N., Montero-Miranda, E. y Garro-Mora, A.L. (2020). El Laboratorio Remoto: una alternativa para extender la actividad experimental. *Campo Universitario*, 1(2), 4-26. <https://campouniversitario.aduba.org.ar/ojs/index.php/cu/article/view/17/40>
- Idoyaga, I. y Arguedas-Matarrita, C. (2021). Análisis representacional de cuatro laboratorios remotos para la enseñanza de la física. *Revista De Enseñanza De La Física*, 33(2), 285–292. <https://doi.org/10.55767/2451.6007.v33.n2.35267>
- Idoyaga, I., Vargas-Badilla, L., Moya, C., Montero-Miranda, E., Maeyoshimoto, J., Capuya, F., & Arguedas-Matarrita, C. (2022). Conocimientos del profesorado universitario sobre la enseñanza de la química con laboratorios remotos. *Educación química*, 32(4), 154-167. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2021.5.79189>
- La Rocca, P., Riggi, F. y Pinto, C. (2020). Remotely teaching Arduino by means of an online simulator. *Phys. Educ.* 55 063003. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/abaa21>
- Kapucu S. (2021). Determining the angular velocity of a clock’s second hand and the average angular velocity of a metronome using a smartphone. *Phys. Educ.* 56 015001 <https://doi.org/10.1088/1361-6552/abb442>

- Mendez, G. y Rodríguez, S. (2014). Physics Tracker: Una implementación didáctica para la presentación del tema tiro parabólico en bachillerato. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED, (Extra)*. <https://doi.org/10.17227/01203916.3381>
- Montero, G., García A., Ríos V. y Román A. (2018). Estudio de la caída libre utilizando diferentes técnicas experimentales. *Lat. Am. J. Phys. Educ.*, 12(1). 1302, 1-8.
- Mora J. C. (2022). How to Use Salsaj Software to Perform Photometry, Astrometry, Image Processing in 3d. *Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica Serie de Conferencias (RMxAC)*, 54, 80–83. <https://doi.org/10.22201/ia.14052059p.2022.54.17>
- Nuryantini, A. Y., Sawitri A. y Nuryadin B. W. (2018). Constant speed motion analysis using a smartphone magnetometer. *Phys. Educ.* 53 065021. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/aae26c>
- Pokhrel, S., & Chhetri, R. (2021). A Literature Review on Impact of COVID-19 Pandemic on Teaching and Learning. *Higher Education for the Future*, 8(1), 133–141. <https://doi.org/10.1177/2347631120983481>
- Pols, F. (2020). A Physics Lab Course in Times of COVID-19. *Electronic Journal for Research in Science & Mathematics Education*, 24(2), 172-178.
- Ponce T., Vielma C. y Bellei C. (2021). Experiencias educativas de niñas, niños y adolescentes chilenos confinados por la pandemia COVID-19. *Revista iberoamericana de Educação*, 86(1), 97-115. <https://doi.org/10.35362/rie8614415>
- Rollinde, E. (2019). Modeling astronomy education, the case of F-HOU tools: Salsaj and Human Orrery. *Proceedings of the International Astronomical Union*, 15(S367), 53-56. <https://doi.org/10.1017/S1743921321000466>
- Salica, M. A., (2019). Carga cognitiva y aprendizaje con TIC: estudio empírico en estudiantes de química y física de secundaria. *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*. 24. 67-78. <https://doi.org/10.24215/18509959.24.e08>
- Sarli R., González S. y Ayres N. (2015). Análisis FODA. Una herramienta necesaria. *Facultad de Odontología. UNCuyo*. 2015. Volumen 9(1).
- Sepulveda N. y García Y. (2022). Aprendizaje basado en Proyectos con Arduino. *Universidad Central de Chile*. <https://www.ucentral.cl/aprendizaje-basado-en-proyectos-con-arduino>
- Sepulveda N. y Carrasco J. (2023). Vinculación con el Medio y Proyectos con Arduino: el caso del Diario Mural Inteligente. *Nuevas Perspectivas*, 1(2), 1-9. <https://revistanuevasperspectivas.aduba.org.ar/ojs/index.php/nuevasperspectivas/artic1e/view/25/27>
- Sokoloff, D. R., & Thornton, R. K. (1997). Using interactive lecture demonstrations to create an active learning environment. *The Physics Teacher*, 35(6), 340-347. <https://doi.org/10.1063/1.53109>
- Tecpan, S., & Hernández, C. (2019). Valoración del profesorado de física hacia las Clases Interactivas Demostrativas. *Revista de Enseñanza de la Física*, 31, 689-696.

- UNESCO. UNESCO Report, COVID-19 Educational Disruption and Response, 2020. Acceso el 13 de enero de 2021. <https://en.unesco.org/covid19/educationresponse/>
- Vieyra R., Vieyra C., Pendrill A-M., and Xu B. (2020). Gamified physics challenges for teachers and the public. *Phys. Educ.* 55 045014. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ab8779>
- Villalobos Muñoz, Katherine. (2021). How do primary school teachers work remotely in times of pandemic? Learning modalities and Chilean teachers' perceptions of distance education. *Perspectiva Educacional*, 60(1), 107-138. <https://doi.org/10.4151/07189729-vol.60-iss.1-art.1177>
- Wieman, C. E., Adams, W. K., & Perkins, K. K. (2008). PhET: Simulations that enhance learning. *Science*, 322(5902), 682-683. <https://doi.org/10.1126/science.1161948>
- Wieman, C. E., Adams, W. K., Loeblein, P., & Perkins, K. K. (2010). Teaching physics using PhET simulations. *The Physics Teacher*, 48(4), 225-227. <https://doi.org/10.1119/1.3361987>

## Augmented reality and active Learning for the teaching of physics in the upper middle level

César Augusto Linares López, Universidad de Guanajuato

México

### Abstract

The main objective of the present work was to implement a didactic strategy supported by augmented reality to promote an active learning model and improve the academic engagement of students in the physics courses of upper middle level. The intervention of the didactic strategy was carried out in two groups during the August – December 2020 semester in the physics 1 course, and in the same groups since January to June 2021 for the physics 2 course. The groups were divided into control and experimental in both courses, but the control group in physics 1 performed as the experimental group in physics 2 and vice versa. Augmented reality was incorporated into the lessons only in the experimental group. Subsequently, the level of final academic engagement of both groups in both courses and the scores obtained by the students in three progressive evaluations carried out at different times of the semester were contrasted, finding a significant increase in the values of emotional and behavioral engagement of the experimental group as well as a significant difference in the academic performance of both groups attributable to the didactic strategy implemented, although only the benefits in academic engagement were maintained in the medium term.

*Keywords:* augmented reality, active learning, didactic strategy, physics.

### Introduction

Although the knowledge of physics is essential to understand how the universe works and the basics concepts of physics support the development of science and technology (Puspitasari y Mufit, 2021), physics is still considered as one of the most difficult subjects in school (Mufit, 2016; Syafril, Latifah, Engkizar, Damri, Asril, and Yaumas, 2021).

Science teaching has always been a challenge for teachers of all levels (Blancas, 2015; Campanario and Moya, 1999), especially the teaching of physics, an area that attracts fewer students than other natural sciences such as chemistry and biology (Archer and Moote, 2020; Enemarie, 2021), It is necessary to undertake actions aimed at promoting the interest of students in the study of physics topics through methodologies that manage to capture their attention, that involve them more effectively in their own learning and keep them motivated during the learning process.

Active learning models offer the possibility of meeting these needs, because, although it is possible to find countless definitions in the active learning literature, most of them converge in that they are instructional methodologies that require the student to carry out meaningful learning activities, reflect on what they are doing and express their thoughts orally or in writing (Bonwell and Eison, 1991; Meltzer and Thornton, 2011; Drake, 2012).

In recent years, particular attention has been paid to augmented reality technology as a tool to promote an active learning model in physics classes (Bukit and Derlina, 2020) since it has been found that augmented reality in education has the potential to attract attention, stimulate and motivate students to explore subject content from other angles (Kerawalla, Luckin and Seljeflot, 2006) assist teachers in subjects where students cannot have first-hand experience, improve collaboration between students and between students and teachers, foster the creativity and imagination of students and help them take control of their own learning (Yuen, Yaoyuneyong & Johnson, 2011) and has a positive impact on students' motivation (Ibáñez, De Castro and Kloos, 2017).

For all the above, the objective of this project was to use augmented reality as a tool to improve the academic engagement of students in physics courses at the upper middle level.

### **Augmented reality**

Augmented reality can be defined as additional information (images, audios, videos, or links) that is obtained from observing an environment, captured through the camera of a device that previously has specific software installed (Blázquez, 2017). Several studies have documented the advantages of implementing augmented reality in education. Mesquida and Pérez (2017) and Marín, Cabero & Gallego (2018) agree that augmented reality has a positive impact on students' motivation to learn. Alkhatabi (2017) and Mustami, Syamsudduha, Safei and Ismail (2019), argue that augmented reality has shown the potential to make the learning process more active, effective and meaningful. There are even those who report that augmented reality contributes to improving the academic performance of students Cabero, Barroso, Llorente and Fernández (2019).

In the teaching of physics, the phenomenon of electromagnetism has benefited from the use of Augmented Reality technology, since Techakosit and Nilsook (2015), developed teaching materials using the 3Dmax® program and the BuildAr plug-in, which is an augmented reality viewer based on markers, demonstrating that the teaching materials can be used for the teaching of physics even at the bachelor's level or higher. To study the phenomenon of heat conduction in metals, Strzys et al. (2017) used data obtained from external sensors, an infrared

camera specifically as an introduction to a laboratory course on thermodynamics and augmented reality. More recently, in a study conducted by Fidan and Tuncel (2019), it was shown that integrating augmented reality in problem-based learning activities increased students' academic achievement and promoted their positive attitudes towards physics subjects.

### **Active learning**

In recent decades, active learning methodologies have been gaining ground in the educational field, and although it is not possible to find a universally accepted definition for active learning, it is generally defined as any method of instruction that involves students in the learning process by planning meaningful learning activities that make them reflect on what they are doing Bonwell and Eison, (1991). It is worth highlighting the part that emphasizes involving the student, since the definition is not restrictive in any sense, on the contrary, it admits almost any activity as long as the condition of involving the student in what he is doing is met, so that active learning methodologies do not rule out activities typical of traditional methodologies such as homework, but rather refers to activities that are introduced in the classroom (Prince, 2004).

An important variety of practices implemented in physics classes have been reported in the bibliography to stimulate active learning, such as the use of tutorials (Sarmiento, Budini, Giorgi and Yoaquino, 2018) and didactic prototypes (Bañales, Sánchez, and Ledezma, 2021) peer instruction (Campos, Tecpan and Zavala, 2021) interactive demonstration classes (Pagella, Pinato and Sosa, 2021), the use of information and communication technologies (Imbanchi-Rodríguez, Suárez and Becerra-Rodríguez, 2022) the use of simulations (Calle and Calle, 2022) cooperative learning, among others. All these strategies have proven effective in fostering an active learning environment.

### **Academic engagement**

Like active learning, there is still considerable variation in how academic engagement is defined and measured. One of the earliest theories of academic engagement was the participation-identification model (Finn, 1989). This theory defines academic engagement in school as having both a behavioral component, termed participation, and an emotional component, termed identification (Finn, 1993). Another important model was developed by Connell (1990) and colleagues (Connell and Wellborn, 1991; Skinner and Belmont, 1993), who distinguish between two ends of a continuum: Engagement and disaffected patterns of action. Given the great diversity of conceptions that can be found in the literature on the term academic engagement, it can be said, in general terms, that academic engagement is a complex term that focuses on the various patterns of motivation, cognition, and behavior that students exhibit (Alrashidi, Phan and Ngu, 2016).

The previous definition takes up motivation as a factor associated with academic engagement, without neglecting the behaviors and attitudes of students, elements that are recurrent in the various conceptions found in the academic engagement literature. In relation to the latter,

engaged students show behavioral involvement in learning and positive emotional tone, as well as persevere in the face of challenges (Connell, 1990; Connell and Wellborn, 1991). Unlike disengaged or disaffected students, who do not try hard, are bored, give up easily, and display negative emotions such as anger, guilt, and denial (Skinner and Belmont, 1993).

To explain the wide range of patterns associated with academic engagement, some authors propose that student engagement has multiple dimensions: behavioral, emotional, and cognitive (Fredricks and Blumenfeld, 2004). The first two dimensions can be found described in the early proposals (Finn, 1989), while in later proposals (Reeve and Tseng, 2011; Reeve, 2013; Montenegro, 2017), the three dimensions mentioned by Fredricks et al. (2004) and Lei et al. (2018), plus the addition of a fourth dimension called "agentic" and which refers to the student's constructive contribution to the flow of the instruction he receives.

Despite not having a universal definition of academic engagement, since the term is still constantly being updated, it has been shown through measurements that student engagement correlates positively with performance (Delfino, 2019) and negatively with the probability of dropping out of school (Truta, Parv and Topala, 2018) in addition to recent studies suggesting that the use of technology can have positive effects on improving academic engagement in students (Rashid and Ashgar, 2016; Bond and Bedenlier, 2019).

## Method

With the intention of knowing to what extent the use of augmented reality as an active learning tool contributes to improving the academic engagement of upper middle level physics students, the following hypothesis was proposed: The use of augmented reality in the units of physics learning will promote higher values of academic engagement in students. Therefore, the present quasiexperimental study was carried out for one year, in two groups of introductory physics courses without previous experience with augmented reality.

## Participants

During the August – December 2020 semester, in the Physics 1 course (statics and kinematics), 76 students between 16 and 17 years old were divided into two groups, control (traditional approach) and experimental (active learning). Both groups belonged to the same shift and had the same teacher. The control group was made up of 37 students and the experimental group by 39 students, both groups with a similar distribution of men and women. While in the semester between January and June 2021, for the physics 2 course (fluids and thermology), the same groups participated, under the same conditions, although with a reduction in the number of students, having the control group 33 students and the experimental group 31 students. The students agreed to participate in this study voluntarily and indicated their consent through an online form. The data about their personal information was hidden during the development of the investigation.

## Experimental procedure

The methodology was developed as described in figure 1, in the two groups of physics 1 and in the same groups of physics 2 of the upper middle level of the afternoon shift. The control group in the physics 1 course was the experimental group in the physics 2 course and vice versa. The latter to have a notion about the speed with which students return to their initial levels of engagement when being instructed again under a more traditional teaching approach.

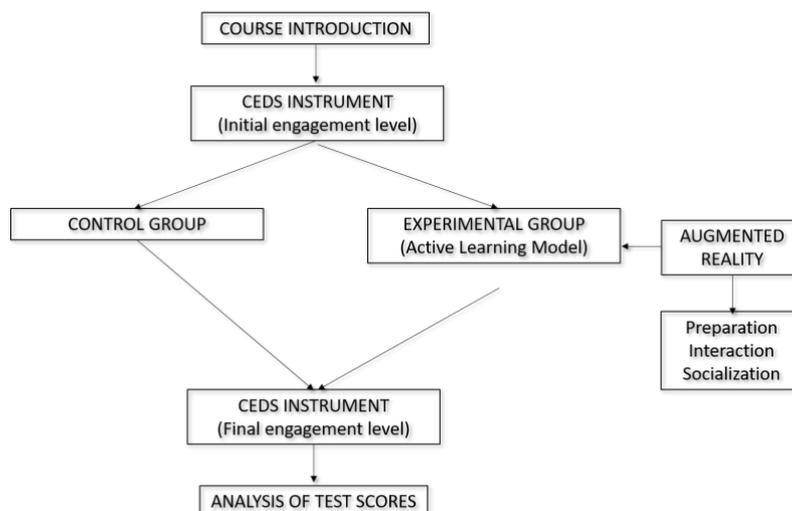


Figure 1. Experimental methodology

To diagnose the academic engagement of the students at the beginning and at the end of the courses, the course engagement and disaffection scale (CEDS) was used in its short version of 12 items and translated by Rodríguez-Medellín et al. (2020). While the implementation of augmented reality in the experimental group was carried out using the Merge Cube by ©Merge Labs Inc. (figure 2) as a trigger. The designs were incorporated as an image into the Merge cube or developed in Tinkercad, which is a free online 3D modeling program that runs in a web browser. To view the contents, the students had to install the free application Merge Object Viewer on their tablet or smartphone. The implementation of augmented reality consisted of three phases: preparation, interaction and socialization. In the preparation phase, the student was instructed in the use of the augmented reality tool (Merge Cube), in addition to being provided with the objectives of the learning experience, as well as the code that allowed them to visualize specific content. Subsequently, during the interaction phase, the students scanned the cube with the help of a smartphone or a tablet, to access the content and interact with its elements, they also made observations with which they wrote a collaborative report on the relationships between concepts and variables of a certain physical system. Finally, in the socialization phase, students shared their findings with their peers and drew conclusions based on the discussion of their own observations and those of their peers.

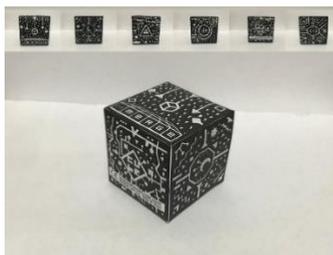


Figure 2. Merge Cube by ©Merge Labs Inc

### Augmented reality and active learning

There were no major difficulties in any of the augmented reality implementation phases and the response level of the students was high in both courses, some students made a Merge Cube larger than the conventional one (figure 2), because, as they wrote in their report, it was “more comfortable” to view the contents, and this gave them a feeling of greater immersion in the activity. This finding is consistent with what is reported in the literature on how the use of technology in class is related to a greater participation on the part of students (Rodríguez-Medellín et al. 2020; Soffer and Yaron, 2017) a greater interest in learning (Chin and Wang, 2021) and an increase in their motivation (Min, Haggerty and Whaley, 2021).

Along with corroborating that augmented reality has the potential to make the teaching process more active, effective, and meaningful (Alkhattabi, 2017; Saidin, Halim, and Yahaya, 2015) to develop problem-solving skills (Putra, et al., 2021) teamwork skills (Roopa, Prabha, and Senthil, 2021) improve communication (Papanastasiou, et al. 2019) and promote exploratory behavior from different perspectives (Alalwan, 2019) which are characteristics of an active learning model and were observed in the students of the experimental group in the different phases of implementation of augmented reality in this project.

### Academic engagement in physics 1

A descriptive analysis of the responses obtained at the beginning of the physics 1 course showed greater academic engagement on the part of the students of both groups (table 1 and table 2) than disaffection. For the two groups, higher values of behavioral engagement than emotional engagement were obtained and both groups obtained the lowest values in the engagement section for the statement that says I study for my physics class. In this same section, the students in the experimental group scored slightly lower than the students in the control group in the statement It is exciting when I make connections between ideas learned in the physics class.

		Beginning of the course				End of the course			
		M	SD	A	K	M	SD	A	K
<b>Engagement</b>									
	<b>Emotional engagement</b>								
1	I pay attention in my physics class	4,33	0,59	-0,20	-0,58	3,86	1,02	-1,08	1,64
2	I study for my physics class	3,19	1,28	-0,30	-0,85	3,72	0,94	-0,04	-0,97
3	I try to do the most I can in the physics class	4,33	0,83	-0,71	-1,16	4,00	1,10	-1,10	1,11
	<b>Behavioral engagement</b>								
4	I enjoy the time I spend in the physics class	4,44	0,88	-2,11	5,71	4,11	0,82	-0,87	0,72
5	It is exciting when I make connections between ideas learned in the physics class	4,36	0,90	-1,80	4,24	4,28	1,16	-1,74	2,24
6	The content we see in the physics class is interesting	4,53	0,56	-0,63	-0,65	4,28	0,70	-0,45	-0,82
<b>Disaffection</b>									
	<b>Emotional disaffection</b>								
7	It is difficult to attend the physics class	1,75	1,20	1,55	1,43	2,06	1,39	1,17	0,04
8	I only do enough to pass the physics class	2,42	1,44	0,60	-0,93	2,28	1,28	1,01	0,13
9	I do not do much work outside the physics class	2,86	1,27	0,36	-0,71	2,64	1,15	0,53	0,08
	<b>Behavioral disaffection</b>								
10	The classes of the physics teacher are very boring	1,58	0,94	1,62	1,70	1,50	0,74	1,13	-0,14
11	The physics class stresses me	1,89	1,09	0,79	-0,82	2,78	1,40	-0,11	-1,63
12	Being in the physics class is a waste of time	1,03	0,17	6,00	36,00	1,14	0,35	2,18	2,91

Table 1. Descriptive analysis of the responses obtained from the control group on the CEDS scale. Note: M: mean, SD: standard deviation, A: skewness, K: kurtosis

		Beginning of the course				End of the course			
		M	SD	A	K	M	SD	A	K
Engagement									
	Emotional engagement								
1	I pay attention in my physics class	4,26	0,94	-1,36	2,16	4,62	0,54	-1,01	0,00
2	I study for my physics class	3,54	1,17	-0,88	0,26	4,03	1,06	-1,16	1,37
3	I try to do the most I can in the physics class	4,26	0,91	-1,43	2,75	4,46	0,64	-0,79	-0,34
	Behavioral engagement								
4	I enjoy the time I spend in the physics class	4,23	0,93	-1,32	2,16	4,44	0,88	-1,98	4,84
5	It is exciting when I make connections between ideas learned in the physics class	3,82	1,12	-0,81	0,23	4,44	0,82	-1,29	0,77
6	The content we see in the physics class is interesting	4,46	0,88	-2,05	5,04	4,59	0,68	-1,41	0,74
Disaffection									
	Emotional disaffection								
7	It is difficult to attend the physics class	2,00	1,36	0,93	-0,65	2,23	1,44	0,63	-1,16
8	I only do enough to pass the physics class	2,51	1,47	0,40	-1,25	2,44	1,23	0,33	-0,91
9	I do not do much work outside the physics class	2,36	1,14	0,37	-0,37	2,15	1,16	0,54	-0,76
	Behavioral disaffection								
10	The classes of the physics teacher are very boring	1,72	1,15	1,37	0,69	1,23	0,43	1,33	-0,25
11	The physics class stresses me	2,03	1,31	1,07	-0,01	2,46	1,70	0,54	-1,47
12	Being in the physics class is a waste of time	1,21	0,89	4,23	16,78	1,13	0,47	3,68	12,76

Table 2. Descriptive analysis of the responses obtained from the experimental group on the CEDS scale. Note: M: mean, SD: standard deviation, A: skewness, K: kurtosis

In regarding to disaffection, the values obtained for both groups (table 1 and table 2) are very similar, obtaining the highest value for the statement that says I only do enough to pass the physics class, which highlights the need to undertake targeted strategies to improve student engagement through methodologies such as active learning.

Similarly, at the end of the physics 1 course, higher values were obtained (table 1 and table 2) of engagement than of disaffection in general, however, when analyzing the means for each item more carefully, an increase in the values for emotional engagement is observed in the experimental group at the end of the course (table 2), after having followed an active learning approach, specifically for the statements I pay attention in my physics class and I study for my physics class, this difference has been shown to be statistically significant when analyze it with a t test for dependent samples ( $p = 0.04$  in both cases). In contrast, in the control group (table 1) a decrease (significant,  $p = 0.01$ ) was observed in the mean of the students' responses for the statement I pay attention in my physics class, after having followed a teaching approach without intervention of augmented reality.

The previous results are congruent with what was observed for the experimental group (table 2), in which an increase in the values ( $p = 0.01$ ) of the statement It is exciting when I make connections between the ideas learned in the physics class corresponding to behavioral engagement and a decrease in the values ( $p = 0.02$ ) for the statement The classes of the physics teacher are very boring pertaining to behavioral disaffection. While in the control group (table 1) an increase ( $p = 0.01$ ) in the mean value was revealed for the statement The physics class stresses me which belongs to behavioral disaffection.

These results are in contrast to that reported by Sirakaya and Cakmak (2018), who found no differences in terms of academic engagement between the students (seventh grade) of the control and experimental group in a similar investigation with the augmented reality application UzayAR, but they are in line with what has been reported in various studies (Cabero et al., 2019; Khan, Johnston and Ophoff, 2019; Deepti, Archana and Ben, 2020; Anuar, Nizar and Ismail, 2021) which argue that one of the main advantages of augmented reality in education is that it increases the motivation of students for learning, and more specifically with the research of Mundy et al. (2019), Alzahrani (2020), Zafar and Zachar (2020) and Wen (2021), who claim the use of augmented reality can actually increase the level of academic engagement of students in a course.

### **Academic engagement in physics 2**

By carrying out a second intervention in the physics 2 course with the same groups, but reversing their order, so that the control group in physics 1 performed as the experimental group in physics 2 and vice versa, the observations made in the physics 1 course could be corroborated, higher values of engagement than of disaffection in general (table 3 and table 4), although the increase in the levels of engagement is more notable in the experimental group in physics 2 (table 4) than in the experimental group in physics 1 (table 2).

		Beginning of the course				End of the course			
		M	SD	A	K	M	SD	A	K
<b>Engagement</b>									
	<b>Emotional engagement</b>								
1	I pay attention in my physics class	4.36	0.78	-1.18	1.16	3.58	1.25	-0.95	0.06
2	I study for my physics class	3.45	1.03	-0.50	0.38	3.55	1.06	-0.62	0.35
3	I try to do the most I can in the physics class	4.36	1.06	-2.16	4.79	4.06	1.03	-1.23	1.37
	<b>Behavioral engagement</b>								
4	I enjoy the time I spend in the physics class	4.09	1.10	-1.24	0.90	3.79	1.17	-0.31	-1.42
5	It is exciting when I make connections between ideas learned in the physics class	4.18	1.04	-0.91	-0.52	4.21	0.89	-0.73	-0.62
6	The content we see in the physics class is interesting	4.48	1.06	-2.44	5.71	3.97	0.88	-0.52	-0.36
<b>Disaffection</b>									
	<b>Emotional disaffection</b>								
7	It is difficult to attend the physics class	1.91	1.13	0.61	-1.34	2.21	1.24	0.61	-0.54
8	I only do enough to pass the physics class	2.55	1.37	0.36	-0.93	2.67	1.36	0.49	-0.92
9	I do not do much work outside the physics class	2.48	1.15	0.11	-0.90	2.45	1.00	0.33	-0.04
	<b>Behavioral disaffection</b>								
10	The classes of the physics teacher are very boring	1.48	0.76	1.21	-0.06	1.76	1.12	1.65	2.45
11	The physics class stresses me	2.06	1.22	0.97	0.10	2.52	1.70	0.46	-1.60
12	Being in the physics class is a waste of time	1.12	0.42	3.69	14.03	1.27	0.63	2.18	3.49

Table 3. Descriptive analysis of the responses obtained from the control group on the CEDS scale. Note: M: mean, SD: standard deviation, A: skewness, K: kurtosis

This increase has been shown to be statistically significant for the statements I pay attention in my physics class, I study for my physics class and I try to do the most I can in the physics class ( $p = 0.04$ ,  $p = 0.03$  and  $p = 0.05$  respectively) belonging to emotional engagement, and in the values for the statements I enjoy the time I spend in the physics class and The content we see in physics class is interesting ( $p = 0.002$  and  $p = 0.001$ ) corresponding to behavioral engagement. In addition to a significant decrease ( $p = 0.024$ ) in the item The classes of the physics teacher are very boring concerning behavioral disaffection, after having been instructed through an active learning approach using augmented reality. Observations that again have more coincidences with what is widely documented in the literature than discrepancies (Deepti et al., 2020; Herpich et al., 2018; Barmaki et al., 2019) and (Radu and Schneider, 2019).

		Beginning of the course				End of the course			
		M	SD	A	K	M	SD	A	K
<b>Engagement</b>									
	<b>Emotional engagement</b>								
1	I pay attention in my physics class	3.90	0.91	-0.94	1.95	4.26	0.77	-0.49	-1.12
2	I study for my physics class	3.13	1.18	0.13	-0.79	3.68	0.98	-0.19	-0.89
3	I try to do the most I can in the physics class	4.10	0.98	-1.12	1.60	4.52	0.63	-0.94	-0.05
	<b>Behavioral engagement</b>								
4	I enjoy the time I spend in the physics class	3.71	1.30	-0.60	-0.77	4.52	0.68	-1.10	0.08
5	It is exciting when I make connections between ideas learned in the physics class	4.03	1.17	-1.14	0.85	4.32	0.70	-0.55	-0.75
6	The content we see in the physics class is interesting	4.10	0.91	-0.49	-0.95	4.71	0.46	-0.97	-1.13
<b>Disaffection</b>									
	<b>Emotional disaffection</b>								
7	It is difficult to attend the physics class	2.06	1.48	1.20	0.02	2.16	1.39	0.80	-0.61
8	I only do enough to pass the physics class	2.45	1.18	1.10	0.73	2.48	1.36	0.46	-0.73

9	I do not do much work outside the physics class	2.77	1.26	0.13	-0.89	2.94	1.21	0.01	-0.45
	Behavioral disaffection								
10	The classes of the physics teacher are very boring	1.97	1.28	1.09	0.11	1.39	0.80	2.46	5.93
11	The physics class stresses me	2.61	1.26	0.37	-0.70	2.00	1.03	0.78	0.40
12	Being in the physics class is a waste of time	1.23	0.76	4.42	21.32	1.16	0.52	3.22	9.44

*Table 4. Descriptive analysis of the responses obtained from the experimental group on the CEDS scale. Note: M: mean, SD: standard deviation, A: skewness, K: kurtosis*

Regarding the control group (table 4), a decrease was observed in the values for two items corresponding to engagement: I pay attention in my physics class ( $p = 0.003$ ) of emotional engagement and The content that we see in the physics class is interesting ( $p = 0.02$ ) of behavioral engagement. The other values of engagement and disaffection remained unchanged. In this group, a more dramatic decrease in levels of engagement and an increase in levels of disaffection were projected, but the results obtained reveal a significant decrease in only two of the six items concerning engagement, while the levels of disaffection did not show significant differences, which may suggest that the positive effects on students' academic engagement through this type of approach persist in the medium term.

Regarding the normality analysis, the asymmetry and kurtosis indices were used and most of the values obtained are less than  $\pm 2$ , which indicates a normal distribution of the data (George and Mallery, 2010).

### Academic performance

The relationship between the use of technology and academic achievement is not so clear, some studies argue that the relationship between the use of technology and academic achievement is negative (Harman and Sato, 2011; Sana et al., 2013) and (Lee, 2016) which is consistent with what was observed in the physics 2 course, where no significant differences were observed between the means of the scores obtained by the students of the control and experimental groups in any of the multiple-choice tests applied at three different moments (1<sup>st</sup>, 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup>) of the course (figure 3).

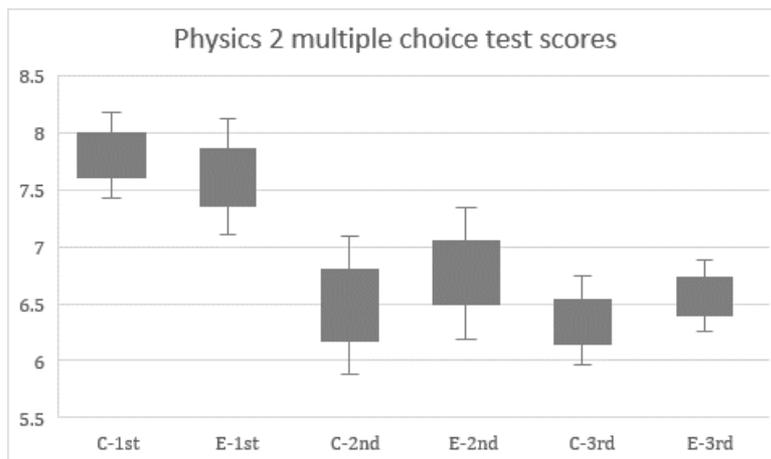


Figure 3. Box-and-whisker plots of the scores obtained by the students of the control (C) and experimental (E) groups in the multiple-choice tests during the physics 2 course.

While other research proposes that through an intelligent use of technology, students can improve their level of academic achievement (Cheng et al., 2015; Demir and Akpınar, 2018; Ibáñez, et al. 2020; Hanham et al., 2021). The results found in this project for the physics 1 course are subscribed to these last publications, since it was determined through a Student's t test, that there are no significant differences ( $p = 0.53$ ) between the means of the scores obtained by the students of the control group and the experimental group in a multiple-choice test carried out at the first moment of the course (figure 4). Situation that changed when analyzing the scores obtained by the students of both groups in multiple choice tests corresponding to a second and third moment of the course, where it was evidenced that there are significant differences ( $p = 0.04$  and  $p = 0.02$  respectively) in their means (figure 4).

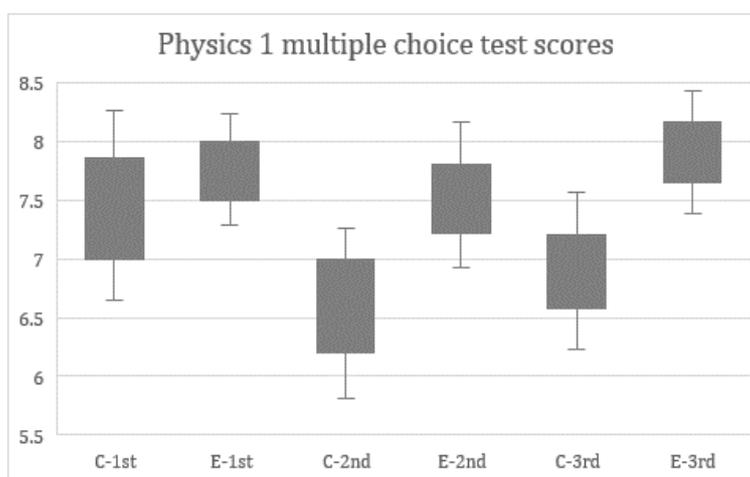


Figure 4. Box-and-whisker plots of the scores obtained by the students of the control (C) and experimental (E) groups in the multiple-choice tests during the physics 1 course.

It should be noted that the differences in academic performance became more pronounced as the course and the model described in this work progressed, so that the increase in academic performance of the students of the experimental group with respect to the control group, it is undoubtedly due to the intervention of augmented reality as a tool to promote active learning. These results confirm that academic engagement not only drives learning (Reschly and Christenson, 2012) but is also a good predictor of student persistence (Kimbark et al. 2017) and success (Groccia, 2018).

## Conclusions

In this project it was determined that augmented reality has characteristics that position it as an effective alternative to promote the motivation and participation of students in the teaching-learning process, the above is due in part to the fact that students are already familiar with this technology outside the classroom, so its incorporation into the classroom only requires strategic content planning and a smart device such as a cell phone. In this work, the design of a didactic strategy that included the use of augmented reality and its subsequent implementation in the physics 1 and physics 2 courses, generated an active learning environment in physics lessons of the upper middle level physics. The benefits of this intervention, evaluated in terms of emotional and behavioral engagement and emotional and behavioral disaffection, as well as in the academic performance of the students, revealed, in both courses, that the students who used augmented reality in class had greater benefits in the emotional dimension of academic engagement than in the behavioral dimension under this approach. The above, coupled with the fact that the increase in levels of disaffection for the group that was instructed with the intervention of augmented reality prior to an approach without participation of augmented reality was practically null, shows the benefits of augmented reality in academic engagement in the medium term.

## References

- Alalwan, N., Cheng, L., Al-Samarraie, H., Yousef, R., Alzahrani, A. I., & Sarsam, S. M. (2020). Challenges and prospects of virtual reality and augmented reality utilization among primary school teachers: A developing country perspective. *Studies in Educational Evaluation*, 66, 100876. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2020.100876>
- Alkhatabi, M. (2017). Augmented Reality as e-learning tool in primary schools' education: Barriers to teachers' adoption. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 12(2), 91–100. <https://doi.org/10.3991/ijet.v12i02.6158>
- Alrashidi, O., Phan, H. P., & Ngu, B. H. (2016). Academic Engagement: An Overview of Its Definitions, Dimensions, and Major Conceptualisations. *International Education Studies*, 9(12), 41-52. <http://dx.doi.org/10.5539/ies.v9n12p41>
- Alzahrani, N. M. (2020). Augmented reality: A systematic review of its benefits and challenges in e-learning contexts. *Applied Sciences*, 10(16), 5660. <https://doi.org/10.3390/app10165660>

- Anuar, S., Nizar, N., & Ismail, M. A. (2021). The Impact of Using Augmented Reality as Teaching Material on Students' Motivation. *Asian Journal of Vocational Education And Humanities*, 2(1), 1-8. <https://doi.org/10.53797/ajvah.v2i1.1.2021>
- Archer, L., Moote, J., & MacLeod, E. (2020). Learning that Physics is 'Not for Me': Pedagogic Work and the Cultivation of Habitus among Advanced Level Physics Students, *Journal of the Learning Sciences*, 29(3), 347-384 <https://doi.org/10.1080/10508406.2019.1707679>
- Bañales, C. K., Sánchez, R. S., & Ledezma, E. R. R. (2021). Momento de torsión con Aprendizaje Activo para estudiantes de edad adulta en el nivel Superior. *Latin-American Journal of Physics Education*, 15(1), 18.
- Barmaki, R., Yu, K., Pearlman, R., Shingles, R., Bork, F., Osgood, G. M., & Navab, N. (2019). Enhancement of anatomical education using augmented reality: An empirical study of body painting. *Anatomical sciences education*, 12(6), 599-609. <https://doi.org/10.1002/ase.1858>
- Blancas H. J. (2015). Enseñanza de ciencias naturales en educación básica. Retos y perspectivas. *AZ Revista de Educación y Cultura*. 91, 58-61.
- Blázquez, S. A. (2017). Realidad Aumentada en Educación [Augmented Reality in Education]. Universidad Politécnica de Madrid, Gabinete de Tele-Educación. [https://oa.upm.es/45985/1/Realidad\\_Aumentada\\_\\_Educacion.pdf](https://oa.upm.es/45985/1/Realidad_Aumentada__Educacion.pdf)
- Bond, M & Bedenlier, S. (2019). Facilitating Student Engagement Through Educational Technology: Towards a Conceptual Framework. *Journal of Interactive Media in Education*, 2019(1): 11, 1–14. <https://doi.org/10.5334/jime.528>
- Bonwell, C. C., & Eison, J. A. (1991). Active learning: creating excitement in the classroom (ASHEERIC Higher Education Report No. 1), George Washington University, Washington, DC. <https://eric.ed.gov/?id=ED336049>
- Bukit, Derlina, (2020). Blended learning on physics using augmented reality. *J. Phys.: Conf. Ser.*, 1485 012004. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1485/1/012004>
- Cabero, A. J., Barroso, O. J., Llorente, C. C., & Fernández M. (2019). Educational uses of augmented reality (AR): Experiences in educational science. *Sustainability*, 11(18), 4990. <https://doi.org/10.3390/su11184990>
- Calle, R. & Calle D. (2022). El aprendizaje activo de la Física durante la práctica del Péndulo Simple mediante la Simulación. *YACHANA Revista Científica*, 11(2), 75-91.
- Campanario, J. M., & Moya, A. (1999). ¿Cómo Enseñar Ciencias? Principales Tendencias y Propuestas [How to Teach Science? Main Trends and Proposals]. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), 179-192.
- Campos, E., Tecpan, S., & Zavala, G. (2021). Argumentación en la enseñanza de circuitos eléctricos aplicando aprendizaje activo. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 43. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0463>
- Cheng, M., Lin, Y., & She, H. (2015). Learning through playing Virtual Age: exploring the interactions among student concept learning, gaming performance, ingame behaviors,

- and the use of in-game characters. *Computers & Education*, 86, 18-29.  
<http://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.03.007>
- Chin, K. Y., & Wang, C. S. (2021). Effects of augmented reality technology in a mobile touring system on university students' learning performance and interest. *Australasian Journal of Educational Technology*, 37(1), 27-42. <https://doi.org/10.14742/ajet.5841>
- Connell, J. P. (1990). Context, self, and action: A motivational analysis of self-system processes across the life span. In D. Cicchetti & M. Beeghly (Eds.), *The self in transition: Infancy to childhood* (pp. 61–97). University of Chicago Press.
- Connell, J. P., & Wellborn, J. G. (1991). Competence, autonomy, and relatedness: A motivational analysis of self-system processes. In M. R. Gunnar & L. A. Sroufe (Eds.), *Self processes and development* (pp. 43–77). Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Delfino, A. P. (2019). Student engagement and academic performance of students of Partido State University. *Asian Journal of University Education*, 15(1), n1.
- Demir, K., & Akpınar, E. (2018). The Effect of Mobile Learning Applications on Students' Academic Achievement and Attitudes toward Mobile Learning. *Malaysian Online Journal of Educational Technology*, 6(2), 48-59. <http://dx.doi.org/10.17220/mojet.2018.04.004>
- Deepti, P. K., Archana, M., & Ben, H. (2020). Enhancing student motivation with use of augmented reality for interactive learning in engineering education. *Procedia Computer Science*, 172, 881 -885. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.05.127>
- Drake, J. R. (2012). A Critical Analysis of Active Learning and an Alternative Pedagogical Framework for Introductory Information Systems Courses. *Journal of Information Technology Education*, 11, 39-52. <https://doi.org/10.28945/1546>
- Enemarie, V. (2021). Attitude, motivation and self-regulatory skills as predictors of perception of difficulty and retention in physics. *VillageMath Educational Review (VER)*, 2(1), 23-31. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4705863>
- Fidan, M., & Tuncel M. (2019). Integrating augmented reality into problem based learning: The effects on learning achievement and attitude in physics education. *Computers & Education*, 142, 103635. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103635>.
- Finn, J. D. (1989). Withdrawing from school. *Review of Educational Research*, 59, 117–142. <https://doi.org/10.3102/00346543059002117>
- Finn, J. D., & Voelkl, K. E. (1993). School characteristics related to school engagement. *Journal of Negro Education*, 62(3), 249–268. <https://doi.org/10.2307/2295464>
- Fredricks, J. A., Blumenfeld, P. C., & Paris, A. (2004). School engagement: potential of the concept: state of the evidence. *Review of Educational Research*, 74, 59–119. <https://doi.org/10.3102/00346543074001059>
- George, D., & Mallery, M. (2010). *SPSS for windows step by step: A simple guide and reference*, 17.0 update (10a ed.). Pearson.
- Groccia, J. E. (2018). What is student engagement?. *New directions for teaching and learning*, 2018(154), 11-20. <https://doi.org/10.1002/tl.20287>

- Hanham, J., Lee, C. B., & Teo, T. (2021). The influence of technology acceptance, academic self-efficacy, and gender on academic achievement through online tutoring. *Computers & Education*, 172, 104252. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104252>
- Harman, A., & Sato, T. (2011). Cell phone use and grade point average among undergraduate university students. *College Student Journal*, 45(3), 544-549.
- Herpich, F., Guarese, L. M. R., Cassola, T. A., & Tarouco, M. R. L. (2018). Mobile Augmented Reality impact in Student Engagement: An Analysis of the Focused Attention Dimension. *International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI)*, 2018, 562-567. <https://doi.org/10.1109/CSCI46756.2018.00114>
- Ibáñez, M. B., De Castro, A. J., & Kloos, C. D. (2017). An empirical study of the use of an augmented reality simulator in a face-to-face physics course. In 2017 IEEE 17th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT) (pp. 469-471). IEEE.
- Ibáñez, M. B., Portillo, A. U., Cabada, R. Z., & Barrón, M. L. (2020). Impact of augmented reality technology on academic achievement and motivation of students from public and private Mexican schools. A case study in a middle-school geometry course. *Computers & Education*, 145, 103734. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103734>
- Imbanchi-Rodríguez, I. A., Suárez, O. J., & Becerra-Rodríguez, D.F. (2022). Comprensión de circuitos eléctricos apoyados en el aprendizaje activo y en dispositivos móviles. *Eco Matemático*, 13 (1), 43-51. <https://doi.org/10.22463/17948231.3356>
- Kerawalla, L., Luckin, R., Seljeflot, S., & Woolard, A. (2006). "Making it real": exploring the potential of augmented reality for teaching primary school science. *Virtual Reality*, 10, 163-174. <https://doi.org/10.1007/s10055-006-0036-4>
- Khan, T., Johnston, K., & Ophoff, J. (2019). The Impact of an Augmented Reality Application on Learning Motivation of Students. <https://doi.org/10.1155/2019/7208494>
- Kimbark, K., Peters, M. L., & Richardson, T. (2017). Effectiveness of the student success course on persistence, retention, academic achievement, and student engagement. *Community College Journal of Research and Practice*, 41(2), 124-138. <https://doi.org/10.1080/10668926.2016.1166352>
- Lee, S.B.; Lee, S.C.; Suh, Y.H. (2016). Technostress from mobile communication and its impact on quality of life and productivity. *Total Qual. Manag. Bus. Excell.*, 27, 775–790. <https://doi.org/10.1080/14783363.2016.1187998>
- Lei, H., Cui, Y., & Zhou, W. (2018). Relationships between student engagement and academic achievement: A meta-analysis. *Social Behavior and Personality: an international journal*, 46(3), 517-528. <https://doi.org/10.2224/sbp.7054>
- Marín, D. V., Cabero, A. J., & Gallego, P. O. (2018). Motivación y realidad aumentada: alumnos como consumidores y productores de objetos de aprendizaje [Motivation and augmented reality: learners as consumers and producers of learning objects]. *Aula Abierta*, 47(3), 337-346. <https://doi.org/10.17811/rifie.47.3.2018.337-346>

- Meltzer, D. E., & Thornton, R. K. (2011). Resource Letter ALIP–1: Active-Learning Instruction in Physics. *American Journal of Physics*, 80(6), 478-496. <https://doi.org/10.1119/1.3678299>
- Mesquida, M. & Pérez, A. (2017). Estudio de apps de Realidad Aumentada para su uso en campos de aprendizaje en un entorno natural. *EDUTEC. Revista Electrónica de Tecnología Educativa* 62(19), 19-33. <https://doi.org/10.21556/edutec.2017.62.1017>
- Min, W. O., Haggerty, N., & Whaley, A. (2020). Effects of video modeling using an augmented reality ipad application on phonics performance of students who struggle with reading. *Reading & Writing Quarterly*, 1, 1–16. <https://doi.org/10.1080/10573569.2020.1723152>
- Montenegro, A. (2017). Understanding the concept of student agentic engagement for learning. *Colombian Applied Linguistics Journal*, 19(1), 117-128. <http://dx.doi.org/10.14483/calj.v19n1.10472>
- Mufit, (2016). A study about understanding the concept of force and attitude towards learning physics on first-year students in the course of general physics; as preliminary investigation in development research
- Mundy, M. A., Hernandez, J., & Green, M. (2019). Perceptions of the effects of augmented reality in the classroom. *Journal of Instructional Pedagogies*, 22.
- Mustami, M. K., Syamsudduha, S., Safei, & Ismail, M. I. (2019). Validity, practicality, and effectiveness development of biology textbooks integrated with augmented reality on high school students. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, 11(2), 187-200. <https://doi.org/10.1504/ijtel.2019.098789>
- Pagella, L., Pinato, J., & Sosa, L. (2021). Aplicación de estrategias de aprendizaje activo de campo magnético y fuerza magnética en bachillerato. *Avances en la enseñanza de la Física. Revista del Departamento Académico de Física*, 3(1). <https://doi.org/10.36411/AEF.3.1.57>
- Papanastasiou, G., Drigas, A., Skianis, C., Lytras, M., & Papanastasiou, E. (2019). Virtual and augmented reality effects on K-12, higher and tertiary education students' twenty-first century skills. *Virtual Reality*, 23(4), 425-436. <https://doi.org/10.1007/s10055-018-0363-2>
- Puspitasari, R., & Mufit, F. (2021). Conditions of learning physics and students' understanding of the concept of motion during the covid-19 pandemic. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1876, No. 1, p. 012045). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1876/1/012045>
- Prince, M. (2004). Does active learning work? A review of the research. *Journal of Engineering Education*, 93(3), 223-231. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x>
- Putra, A., Sumarmi, S., Sahrina, A., Fajrilia, A., Islam, M., & Yembuu, B. (2021). Effect of Mobile-Augmented Reality (MAR) in digital encyclopedia on the complex problem solving and attitudes of undergraduate student. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, 16(7), 119-134. <https://doi.org/10.3991/ijet.v16i07.21223>

- Radu, I., & Schneider, B. (2019). What can we learn from augmented reality (AR)? Benefits and drawbacks of AR for inquiry-based learning of physics. In Proceedings of the 2019 CHI conference on human factors in computing systems (pp. 1-12).  
<https://doi.org/10.1145/3290605.3300774>
- Rashid, T., & Ashgar, H. M. (2016). Technology use, self-directed learning, student engagement and academic performance: Examining the interrelations. *Computers in Human Behavior*, 63, 604-612. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.05.084>
- Reeve, J., & Tseng, C. M. (2011). Agency as a fourth aspect of students' engagement during learning activities. *Contemporary Educational Psychology*, 36(4), 257-267.  
<http://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2011.05.002>
- Reeve, J. (2013). How students create motivationally supportive learning environments for themselves: The concept of agentic engagement. *Journal of Educational Psychology*, 105(3), 579-595. <https://doi.org/10.1037/a0032690>
- Reschly, A. L., & Christenson, S. L. (2012). Jingle, jangle, and conceptual haziness: Evolution and future directions of the engagement construct. In S. L. Christenson, A. L. Reschly, & C. Wylie (Eds.), *Handbook of research on student engagement* (pp. 3–19). Springer Science + Business Media. [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-2018-7\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-2018-7_1)
- Rodríguez-Medellín, R., Zamarripa, J., Marentes-Castillo, M., Otero-Saborido, F., Baños, R., & Morquecho-Sánchez, R. (2020). Mexican validation of the engagement and disaffection in physical education scale. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(6), 1821. <https://doi.org/10.3390/ijerph17061821>
- Roopa, D., Prabha, R., & Senthil, G. A. (2021). Revolutionizing education system with interactive augmented reality for quality education. *Materials Today: Proceedings*, 46, 3860-3863. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.02.294>
- Sana, F., Weston, T., & Cepeda, N. J. (2013). Laptop multitasking hinders classroom learning for both users and nearby peers. *Computers & Education*, 62, 24-31.  
<http://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.10.003>
- Saidin, N. F., Halim, N. D. A., & Yahaya, N. (2015). A review of research on augmented reality in education: Advantages and applications. *International education studies*, 8(13), 1-8.  
<http://dx.doi.org/10.5539/ies.v8n13p1>
- Sarmiento, L. M., Budini, N., Giorgi, S., & Yoaquino, G. (2018). Aplicación de estrategias de aprendizaje activo de la física en un curso introductorio de electromagnetismo. *Revista de Enseñanza de la Física*, 30, 211-218.
- Sirakaya, M., & Cakmak, E. K. (2018). The effect of augmented reality use on achievement, misconception and course engagement. *Contemporary Educational Technology*, 9(3), 297-314. <https://doi.org/10.30935/cet.444119>
- Skinner, E., & Belmont, M. J. (1993). Motivation in the classroom: reciprocal effects of teacher behavior and student engagement across the school year. *Journal of Educational Psychology*, 85(4), 571–581. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.85.4.571>

- Soffer, T., & Yaron, E. (2017). Perceived learning and students' perceptions toward using tablets for learning: The mediating role of perceived engagement among high school students. *Journal of Educational Computing Research*, 55(7), 951-973. <https://doi.org/10.1177/0735633117689892>
- Strzys, M. P., Kapp, S., Thees, M., Klein, P., Lukowicz, P., Knierim, P., Schmidt, A., & Kuhn, J. (2017). Physics holo.lab learning experience: Using smartglasses for augmented reality labwork to foster the concepts of heat conduction. *European Journal of Physics*, 39(3). <https://doi.org/10.1088/1361-6404/aaa8fb>
- Syafril, S., Latifah, S., Engkizar, E., Damri, D., Asril, Z., & Yaumas, N. E. (2021). Hybrid learning on problem-solving abilities in physics learning: A literature review. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1796, No. 1, p. 012021). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1796/1/012021>
- Techakosit, S., & Nilsook, P. (2015). Using Augmented Reality for Teaching Physics. *The Sixth TCU International e-Learning Conference, Thailand*, 282-287. <https://doi.org/10.1109/ICALT.2017.105>
- Truta, C., Parv, L., & Topala, I. (2018). Academic engagement and intention to drop out: Levers for sustainability in higher education. *Sustainability*, 10(12), 4637. <https://doi.org/10.3390/su10124637>
- Wen, Y. (2021). Augmented reality enhanced cognitive engagement: Designing classroom-based collaborative learning activities for young language learners. *Educational Technology Research and Development*, 69(2), 843-860. <https://doi.org/10.1007/s11423-020-09893-z>
- Yuen S., Yaoyuneyong G., Johnson E. (2011). Augmented reality: An overview and five directions for AR in education. *Journal of Educational Technology Development and Exchange*, 4(1), 119-140. <https://doi.org/10.18785/jetde.0401.10>
- Zafar, S., & Zachar, J. J. (2020). Evaluation of HoloHuman augmented reality application as a novel educational tool in dentistry. *European Journal of Dental Education*, 24(2), 259-265. <https://doi.org/10.1111/eje.12492>
- Zafeiropoulou, M., Volioti, C., Keramopoulos, E., & Sapounidis, T. (2021). Developing Physics Experiments Using Augmented Reality Game-Based Learning Approach: A Pilot Study in Primary School. *Computers*, 10(10), 126. <https://doi.org/10.3390/computers10100126>

## Enseñanza de Mecánica Clásica a estudiantes de Nivel Medio Superior mediante Aprendizaje Activo

Rubén Sánchez-Sánchez, Instituto Politécnico Nacional  
César Eduardo Mora Ley, Instituto Politécnico Nacional

México

### Resumen

Las metodologías activas de enseñanza han mostrado ser una buena opción para las escuelas de Nivel Medio Superior en varios países, por esta razón hemos tratado de reproducir algunos resultados similares para una zona de enseñanza en Latinoamérica. Investigamos el potencial que tienen estas metodologías aplicadas a un grupo de estudiantes de una escuela de Nivel Medio Superior en México, para evaluarlos en sus conocimientos generales en el área de la Mecánica Clásica, comparándolos con los resultados obtenidos al aplicar una metodología de enseñanza tradicional.

*Palabras Clave:* aprendizaje activo, educación, mecánica.

### Introducción

En el presente trabajo se realiza una investigación acerca de cómo el Aprendizaje Activo de la Física (Crouch *et ál.*, 2004; Sokoloff & Thornton, 1997a; Sokoloff & Thornton 1997b; Sokoloff & Thornton 1998), puede contribuir en la mejora en cuanto a la calidad de la enseñanza de conceptos de la Mecánica Clásica básicos para estudiantes de nivel Medio Superior. La investigación se desarrolló en el Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos (CECyT) No. 13 Ricardo Flores Magón del Instituto Politécnico Nacional de la Ciudad de México. En este trabajo se utilizaron dos grupos del CECyT No. 13, en dos de ellos se siguió la forma tradicional de enseñanza de los conceptos de fuerza y de las leyes de movimiento de la Mecánica Clásica. La forma en cómo se dan las clases de manera tradicional tiene que ver con el pobre desempeño que adquieren los alumnos para la adquisición de conocimientos en la Física y particularmente de las leyes de movimiento de Newton, para su correcta aplicación en muchas

situaciones en las que se requiera. Recordemos el hecho de que el concepto de fuerza es fundamental para la comprensión de una gran parte de la Mecánica de Newton.

En este trabajo de investigación se utilizaron dos grupos del CECyT No. 13, en dos de ellos se siguió la forma tradicional de enseñanza de los conceptos de fuerza y de las leyes de movimiento de la Mecánica Clásica. Y en uno de ellos se utilizó la metodología de enseñanza basada principalmente en el Aprendizaje Activo de la Física, conocida como Clases Demostrativas Interactivas (CDI), que han desarrollado Sokoloff y Thornton (1997a; 1997b; 1998), en los Estados Unidos con la ayuda de su material didáctico (Sokoloff & Thornton, 2004; Sokoloff, Thornton & Laws, 2004).

El propósito de este trabajo es averiguar el nivel de habilidad alcanzada por los estudiantes en sus conocimientos de las leyes de Newton al utilizar esta metodología activa de enseñanza.

### **Aproximación del problema de enseñanza con una metodología activa**

La forma en cómo se trata el problema del aprendizaje es mediante la aplicación de un ciclo de cognitivo mediante una secuencia didáctica basada en predecir, observar, discutir y sintetizar, conocido como ciclo PODS, el cual después de cuestionar ligeramente a los estudiantes, se puede repetir o no, de acuerdo con las respuestas o explicaciones que den del fenómeno estudiado. El profesor es quien decide si el ciclo se repite, o si con los pasos anteriores, se ha alcanzado un nivel de aprendizaje aceptable.

### **Descripción de los grupos**

Las instrucciones tradicional y activa se llevaron a cabo en tres grupos de estudiantes, con edades que oscilaban entre los trece y los diecisiete años, y correspondientes al nivel educativo de Medio Superior (preuniversitario), de México. En este trabajo el grupo A, es un grupo de estudiantes que llevaron la enseñanza tradicional y el grupo B, es un grupo donde se implementó la metodología didáctica activa previamente descrita en la sección pasada.

### **Ejemplo de secuencia didáctica para la primera ley de Newton**

Las siguientes aproximaciones estratégicas involucran la participación y el compromiso de los estudiantes con el material, en forma importante, durante la clase (Change the life, 2021).

El docente comienza con algunas preguntas conceptuales iniciales (xTalks Office of Digital Learning, 2017) a los estudiantes, tratando de indagar los conocimientos previos de los estudiantes alrededor de la primera ley de Newton, (esto se recomienda hacer con anticipación a la misma clase).

Se trabajará el experimento sobre una mesa. En esa mesa se coloca hielo seco, éste provoca una disminución de la fuerza de fricción de la mesa. Se invita a los estudiantes a que coloquen un pequeño disco de unicel encima y observen lo que sucede.

Después se repite el experimento, pero aplicando un pequeño impulso inicial al disco, el disco se mueve sobre el hielo seco que está sobre la mesa.

### **Preguntas después del experimento**

En el primer caso, ¿cuáles son las fuerzas que actúan sobre el disco?, ¿cómo es su movimiento?

En el segundo caso, ¿cuáles son las nuevas fuerzas que actúan en el disco?, ¿Cómo es el movimiento del disco, después de que cesa la fuerza impulsora?, ¿sufre alguna aceleración? Si la fuerza cesó, ¿cuánto valdría está en el movimiento del disco?

### **Discusiones y síntesis de los estudiantes**

Ahora los alumnos en sus equipos deben discutir y reflexionar sobre las observaciones, que ellos mismos han hecho del experimento y de sus respuestas a las preguntas anteriores. Posteriormente, el docente debe guiarlos para que razonen de manera lógica sobre estas discusiones y conjuntamente llegarán a conclusiones más generales, mostrando entonces sus acuerdos.

### **Observaciones de los estudiantes para el docente**

El movimiento de los cuerpos es en una línea recta y con velocidad constante que no se altera nunca, siempre y cuando la fuerza neta o resultante sea cero.

### **Ejemplo de secuencia didáctica para la segunda ley de Newton**

El docente inicia con algunas preguntas, al igual que en la secuencia anterior, y se trabaja con el mismo material básicamente. Aquí el profesor explica lo que se hará y les pide que escriban sus predicciones en una hoja en blanco

Con ayuda de una calza se inclina la pendiente de la mesa y se coloca ahí el mismo disco de unicel, y a los estudiantes se les pide que observen el movimiento del disco.

Se puede hacer el ensayo nuevamente agregando otra calza a la mesa, de manera que se pueden tener varias inclinaciones de la mesa, y probar el movimiento del disco de maneras diferentes, pudiendo comparar el movimiento del disco en cada caso, y tratando de calcular el valor de la aceleración sufrida por el disco en cada caso.

### **Preguntas después del experimento**

¿Cómo es el peso del disco?, ¿cómo describes el peso del disco?, ¿qué dirección toma el peso del disco?, ¿cómo se movería el disco al aplicar una fuerza muy grande y de manera constante?, Si la masa del disco fuera pequeña ¿cómo sería la fuerza requerida constante para moverlo? Y si, la masa fuera muy grande ¿cómo sería su aceleración bajo esa misma fuerza (capaz de provocarle movimiento)? Hablando de estados de movimiento. Si al disco le aplicamos una fuerza neta y constante, ¿cómo sería el estado de movimiento?, ¿sería igual a

cualquiera de los dos estados vistos anteriormente?, ¿cómo se mueve el disco al aplicarle una fuerza en forma constante?

### **Discusiones y síntesis de los estudiantes para el docente**

Se puede decir que se trata de una fuerza ejercida sobre un cuerpo que es capaz de acelerarlo, y lo que se observa es el cambio de velocidad logrado.

### **Conclusiones de los estudiantes**

Observamos que la dirección de la fuerza es sobre la misma línea en que observamos el movimiento del disco y entonces está sobre la misma línea que su aceleración. También el sentido de la fuerza se corresponde al sentido que toma el movimiento del disco y es el mismo que su aceleración que observamos.

### **Ejemplo de secuencia didáctica para la tercera ley de Newton**

En esta clase se encuentran dos alumnas atadas por la cintura y tapadas de oídos y ojos. Además, están ligadas por la cintura mediante una cuerda. Dicha preparación se hace de forma individual, de tal manera que ellas no se percaten de lo que ha pasado. Una tercera estudiante, situada a la izquierda de las dos primeras, les aplica un breve y repentino jalón, después del experimento a las estudiantes se les retiran los tapones de sus oídos, cuidando que aún no vean que se encuentran ligadas de la cintura por la cuerda. Ahora se realizan preguntas hacia el Grupo, y hacia cada una de ellas.

### **Pregunta después del experimento**

En este caso se pregunta al grupo, y en forma individual a cada una de las estudiantes, a las que se les quitan los tapones de sus oídos una a una, de tal modo que la otra alumna no percibe que está amarrada a su compañera. ¿Cuántas fuerzas se han manifestado en este evento?

### **Observaciones del docente y de los estudiantes**

Como se ha venido trabajando se les pidió que: en sus equipos de trabajo obtengan sus conclusiones; las cuales se reflexionaron grupalmente, para llegar a conclusiones generales.

Los alumnos concluyeron que, al manifestarse las fuerzas, en primer lugar, no se originan de la nada, son el resultado de la interacción o acción mutua de por lo menos dos cuerpos o sistemas, a este respecto se les advirtió que no debían olvidar que en la naturaleza se tienen fenómenos que manifiestan fuerzas.

## Conclusiones generales de las leyes de Newton

En la gran mayoría de los casos, las masas que interaccionan son diferentes, y, por lo tanto, se observarían distintas aceleraciones en las masas.

Por último, en esta propuesta didáctica, se pide que los alumnos concluyan tratando de realizar el dictado de las leyes de Newton del Movimiento, según lo visto.

## Test de prueba

Como instrumento de evaluación para los estudiantes del estudio, se procedió a elaborar un test en donde se tomaron varias de las ideas halladas en obras sobre Mecánica Clásica, en particular se consideraron varios prototipos de preguntas de los libros de Bravo (1990), Hestenes, Wells, Swackhamer (1992) y de Riveros-Rotgé, Jiménez, Riveros-Rosas (2004). Las ideas para las preguntas del test son las siguientes.

1. Un camión grande choca frontalmente con un pequeño auto compacto. Durante la colisión. (se dan cinco opciones de respuesta y un diagrama).
2. Una persona lanza una pelota directamente hacia arriba. Considere el movimiento de la pelota únicamente después de haber dejado la mano de la persona, pero antes de que pase por el nivel desde donde salió, y considere despreciable la fuerza aplicada por el aire. Para estas condiciones las fuerzas que se aplican sobre la pelota son (se dan cinco opciones de respuesta y un diagrama).
3. En el esquema siguiente se muestra el movimiento de un disco de hockey que resbala con rapidez constante  $v_0$  en línea recta del punto A al punto B, sobre una superficie horizontal sin fricción. Se desprecia la fuerza ejercida por el aire. El disco se mira desde arriba. Cuando el disco llega al punto "B" repentinamente recibe un golpe en la dirección de la flecha negra. Si el disco hubiera estado en reposo en el punto "b", entonces el golpe habría lanzado al disco en un movimiento en el plano horizontal, con una rapidez  $v_k$  en la dirección del golpe. A lo largo de la trayectoria sin fricción que se muestra, la(s) fuerza(s) principal(es) sobre el disco después de recibir el golpe, es (son): (se dan cinco opciones de respuesta posible junto con el diagrama).
4. Un camión grande se descompone en el camino y un auto pequeño lo empuja hacia el pueblo. Mientras el auto todavía empuja al camión, alcanza la velocidad máxima permitida en la carretera: (se dan cinco opciones de respuesta junto a un diagrama).
5. Una chica está balanceándose en un columpio; empezando en un punto más alto que A. Considera las siguientes fuerzas diferentes 1. Una hacia abajo debida a la gravedad. Una fuerza aplicada por las cuerdas que apunta de A a O. Una fuerza en la dirección del movimiento de la chica. Una fuerza que apunta de O al punto A. (Se dan cinco opciones de respuesta y un diagrama).
6. ¿Qué es la fuerza? (Se dan cuatro opciones de respuesta).

7. Hay una pesada caja en reposo y Luis trata de moverla, empujándola tal como se ve en el dibujo. Sin embargo, a pesar de todos sus esfuerzos, la caja no se mueve. (se dan cuatro opciones de respuesta y un diagrama).
8. Sobre una mesa hay un libro. Silvia le da un empujón horizontal y el libro comienza a deslizarse sobre la mesa, pero poco a poco va perdiendo velocidad y termina por detenerse después de haber recorrido una corta distancia. Tres compadres observan la escena del movimiento de un libro sobre una mesa y este luego se detiene, y como ya se les agotaba el tema de conversación y les quedaba bastante cerveza, se ponen a discutir para explicarse el movimiento del libro y dicen: A. Paulino: Si el libro se detuvo es que sobre él debe haber actuado una fuerza. Esta es la fricción, que siempre se opone a los movimientos, como si los odiara. B. Chucho: ¡No don Paulino! Después del empujón inicial al libro, yo no vi a nadie que lo sujetara, y aún veo bastante bien. Claro que tuvo que haber una causa. Estoy de acuerdo con usted en que la causa es la fricción, pero la fricción no es una fuerza, es solamente la causa por la que los objetos en movimiento se detienen. C. Agustín: No estoy de acuerdo con ninguno de los dos. Yo vi una película educativa en la que se discute esto mismo, y lo que pasa es que la fuerza del empujón se va como agotando, y cuando se termina, el libro se detiene. (tres opciones de respuesta).
9. Un ascensor se eleva por medio de un cable de acero sujeto por su parte superior (despreciando la fricción), entonces el ascensor va subiendo con rapidez constante. (se dan cuatro opciones de respuesta).
10. Tres personas distintas Adán, Bernabé y Caín leen en un libro el párrafo: “Las leyes de la mecánica no son aplicables a los seres vivos. En efecto, según la mecánica, para que un cuerpo que está en reposo comience a moverse, hay que aplicarle una fuerza externa, es decir, alguien o algo debe empujarlo. Pero esto no es cierto en el caso de los seres vivos. Por ejemplo, si se despierta un gato puede empezar a moverse por sí mismo, sin que nadie lo empuje”. A continuación, se transcriben las opiniones de las tres personas después de leer el párrafo anterior: A. Adán: Conuerdo con el autor. Como sabemos, para que un auto se mueva, no es necesario aplicarle una fuerza externa, ya que en el interior del motor se efectúan procesos que le permiten moverse sin necesidad de fuerzas externas, pues poseen su propia energía. B. Bernabé: Lo que dice este libro es una tontería. Lo que ocurre es que la Tierra empuja al gato. Si el gato quiere moverse, este empuja a la Tierra y ésta misma lo empuja a él. El empujón de la Tierra es una fuerza externa. C. Caín: Al gato nada lo empuja externamente, pero internamente sí. Él puede mover sus músculos, y estos, mueven sus patas, las cuales lo mueven a él. (tres opciones de respuesta).

### Proceso de obtención de datos

A cada grupo, donde se aplicó el estudio, se le valuó con el mismo test primero en calidad de pre-test, y posterior a la aplicación de la metodología didáctica en calidad de post-test. Se recogieron y anotaron los datos con el esquema dicotómico. Apuntando un número “1” en la

pregunta del test donde el estudiante respondía de manera correcta, y anotando un número “0” en caso de que el estudiante contestará de manera incorrecta a la respectiva pregunta.

### Obtención de las Curvas Características al Ítem del modelo de Rasch

En esta sección mostramos las Curvas Características al Ítem según el modelo de Rasch dicotómico (Fischer, Molenaar, 1995; Boone, Staver, 2014), para los tres grupos estudiados del CECyT No. 13 del IPN, en la Ciudad de México. Las gráficas se obtuvieron utilizando el lenguaje de programación *R*, (The *R* Foundation, s.f.; Matlof, 2011; Saiz *et ál.*, 2020; Teetor, 2011; Tilman, 2016; Chan, 2018; Kronthaler, Zöllner, 2021; Rossini *et ál.*, 2021).

Con el fin de realizar los cálculos necesarios para trazar las gráficas correspondientes a las Curvas Características al Ítem del modelo de Rasch (Khine, 2020) de la teoría *Ítem Response Theory* o por sus siglas en inglés *IRT* (Hambleton, Swaminathan, 1985; Linden, Hambleton, 1997), se hizo uso del software *ltm* desarrollado por Rizopoulos (2021).

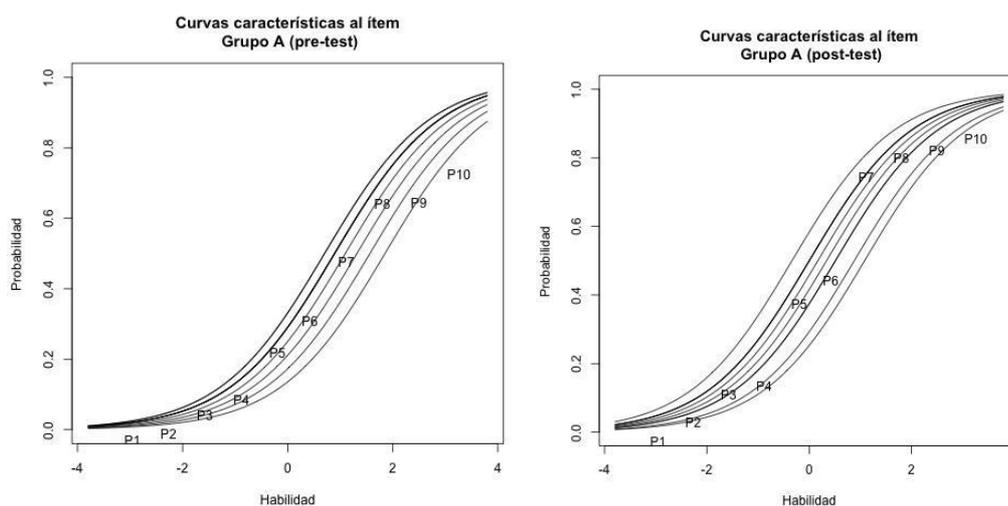


Figura 1. (IZQ) Curvas características al ítem para el grupo A en la etapa del pre-test. (DER) Curvas características al ítem para el grupo A en su etapa del post-test.

En la figura 1 se muestran las Curvas Características al Ítem (Baker, Kim, 2017; Boeck, Wilson, 2004) para el grupo A de control. Las curvas muestran la probabilidad de que un estudiante conteste bien a cada una de las preguntas en función de su habilidad, las preguntas están marcadas con las letras P1, P2, ..., P10 indicando el número de pregunta o ítem del test o prueba.

Asimismo, en la figura 2 se muestran las Curvas Características al Ítem correspondientes al grupo B o grupo experimental, el cual llevó la metodología didáctica del Aprendizaje Activo de la Física. El inciso (a) de la figura muestra al grupo B en su pre-test y el inciso (b) al mismo grupo en su etapa del post-test.

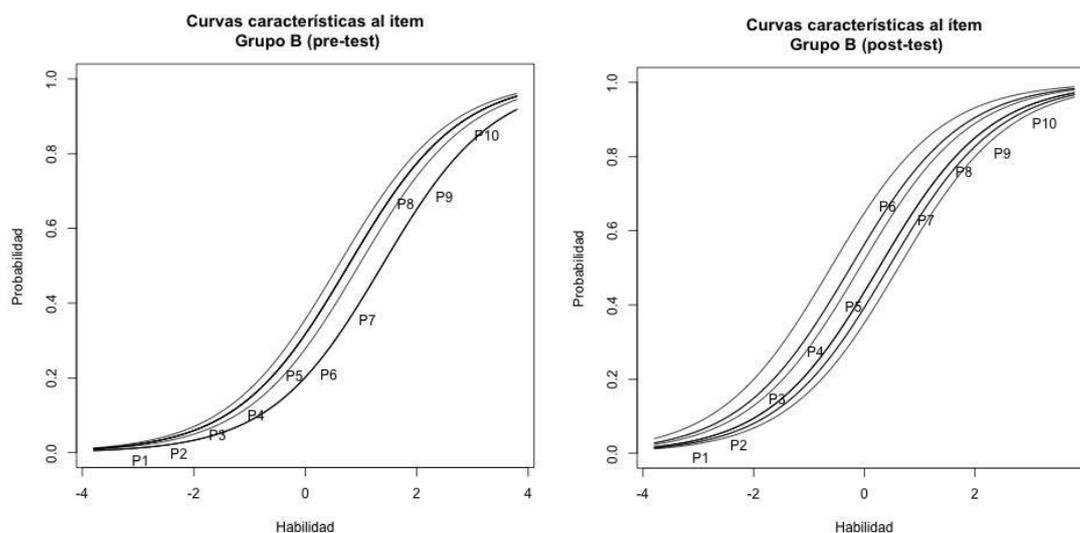


Figura 2. (IZQ) Curvas características al ítem para el grupo B en la etapa del pre-test. (DER) Curvas características al ítem para el grupo B en su etapa del post-test.

### Parámetros de Habilidad

Para calcular los parámetros de habilidad de los estudiantes se usó el software *eRm* de Mair *et al.* (2022).

Al observar la figura 3, notamos que tuvimos a dos estudiantes del grupo A que lograron un parámetro de habilidad positivo en la etapa del post-test. Mientras que en la etapa preliminar del pre-test todos los valores de los parámetros de habilidad de los estudiantes eran negativos.

Si observamos las barras de la figura 4, observamos a quince estudiantes del grupo B que lograron alcanzar un parámetro de habilidad positivo en la etapa del post-test. También observamos en esa misma figura 4 que todos los estudiantes alcanzaban valores negativos en sus parámetros de habilidad en su etapa de pre-test, previo a recibir clases con el Aprendizaje Activo de la Física.

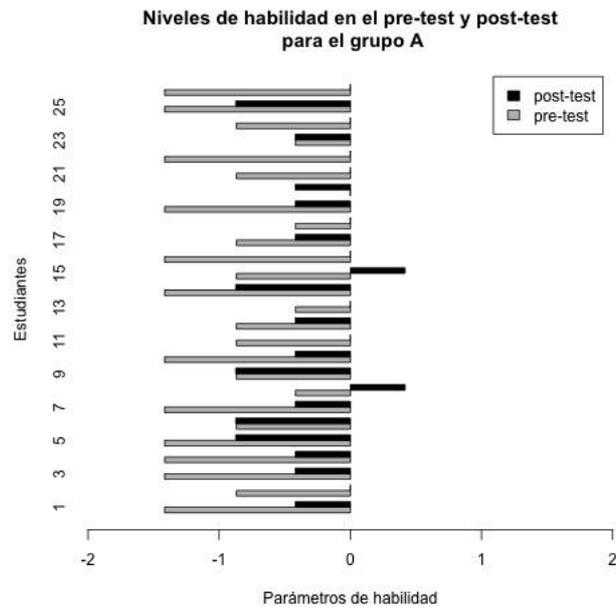


Figura 3. Diagrama de barras para los parámetros de habilidad de los estudiantes del grupo A. Se muestran los valores en el pre-test en color gris y en el post-test en color negro.

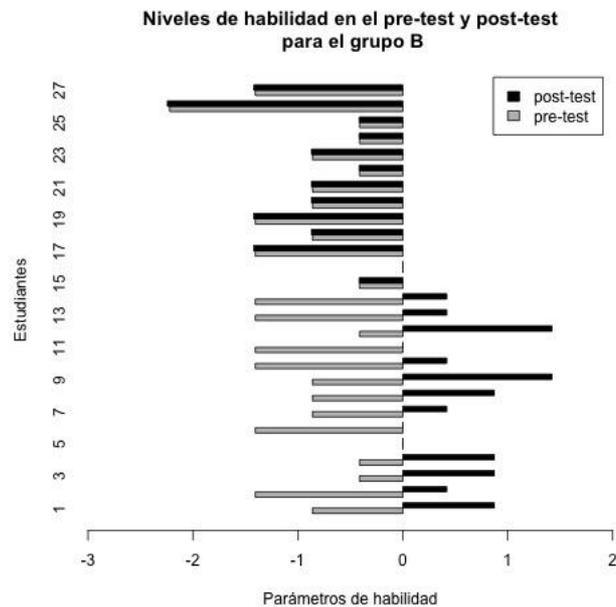


Figura 4. Diagrama de barras para los parámetros de habilidad de los estudiantes del grupo B. Se muestran los valores en el pre-test en color gris y en el post-test en color negro.

<b>Parámetros de habilidad para el grupo A</b>			
Pre-test		Post-test	
Valor	Frecuencia	Valor	Frecuencia
-0.0025	1	0.4167	2
-0.4175	4	-0.0014	9
-0.8683	9	-0.4193	10
-1.4158	12	-0.8731	5

*Tabla 1. Parámetros de habilidad para el grupo de control (Grupo A). Se muestran los valores y las frecuencias de cada valor, tanto en la etapa del pre-test como en la etapa posterior a la metodología didáctica (post-test).*

Los resultados numéricos también se pueden colocar en tablas de frecuencias. En la tabla 1 se muestran los parámetros de habilidad para el grupo A, mientras en la tabla 2 se muestran los valores de este parámetro para el grupo B. Las tablas son útiles para corroborar los resultados mostrados gráficamente para los parámetros de habilidad en las figuras 3 y 4.

<b>Parámetros de habilidad para el grupo B</b>			
Pre-test		Post-test	
Valor	Frecuencia	Valor	Frecuencia
-0.0009	2	1.4204	2
-0.4126	7	0.8710	4
-0.8605	8	0.4183	5
-1.4054	9	0.0016	4
-2.2219	1	-0.4154	4

		-0.8693	4
		-1.4207	3
		-2.2444	1

*Tabla 2. Parámetros de habilidad para el grupo de control (Grupo A). Se muestran los valores y las frecuencias de cada valor, tanto en la etapa del pre-test como en la etapa posterior a la metodología didáctica (post-test).*

Para poder clasificar estos parámetros de habilidad  $\vartheta$  utilizamos el criterio que utilizan Baker y Kim (2017, p. 11). El criterio se muestra en la tabla 3.

<b>Parámetros de Habilidad <math>\vartheta</math></b>	
Intervalo	Criterio
$\vartheta < -2.625$	Muy bajo
$-2.625 < \vartheta < -1.5$	Bajo
$-1.5 < \vartheta < 1.5$	Medio
$1.5 < \vartheta < 2.625$	Alto
$2.625 < \vartheta$	Muy alto

*Tabla 3. Criterios para clasificar los parámetros de habilidad de los estudiantes.*

Las tablas 1 y 2 pueden representarse gráficamente con diagramas de barras. La figura 5 muestra las distribuciones de frecuencias de los parámetros de habilidad para el grupo A, en sus etapas de pre-test y post-test.

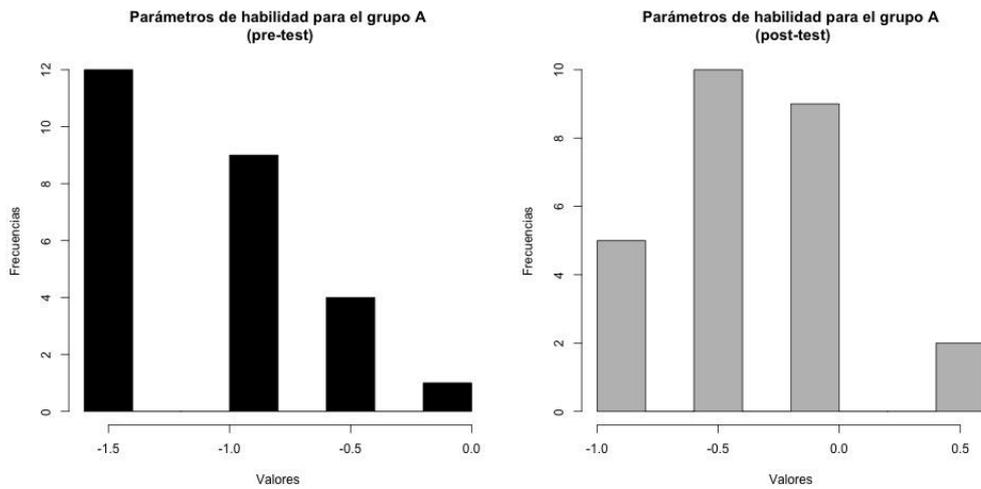


Figura 5. Diagramas de barras para las frecuencias de los parámetros de habilidad de los estudiantes del grupo A. Se muestran los valores en el pre-test en color negro (IZQ) y en el post-test en color gris (DER).

La figura 6 muestra las distribuciones de frecuencias de los parámetros de habilidad para el grupo B, en sus etapas de pre-test y post-test.

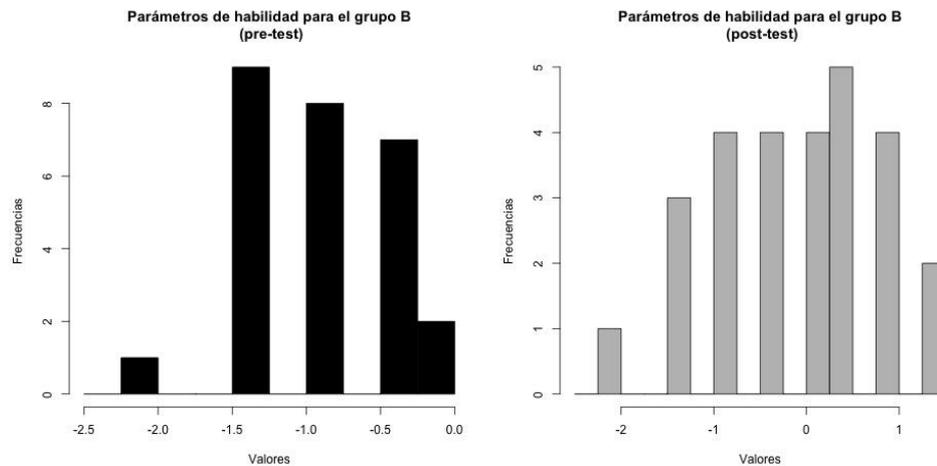


Figura 6. Diagramas de barras para las frecuencias de los parámetros de habilidad de los estudiantes del grupo B. Se muestran los valores en el pre-test en color negro (IZQ) y en el post-test en color gris (DER).

## Conclusiones

En general se observa una mayor probabilidad de contestar el test de manera correcta, si los estudiantes llevan una metodología de enseñanza-aprendizaje que sea activa, y donde los estudiantes interactúan no sólo con los fenómenos estudiados, sino que dan y comparten sus

explicaciones individuales con sus compañeros. Pues fue el grupo experimental el que obtuvo mejores resultados en los parámetros de habilidad, en este caso de estudio.

También podemos decir que las Curvas Características al Ítem, mostradas en las figuras 1(a), 1(b) muestran una mejoría en cuanto a la probabilidad de contestar bien cada pregunta o ítem (P1, P2, ..., P10) del test en la etapa del post-test para el grupo A, que fue el resultado de aplicar una clase tradicional al grupo. Asimismo, las Curvas de las figuras 2(a), 2(b), muestran una mejoría en la etapa del post-test para el grupo B, que llevó la secuencia didáctica, basada en el Aprendizaje Activo de la Física. No obstante, que ambos grupos tuvieron avances en su conocimiento de las leyes de Newton, al observar los valores numéricos de los parámetros de habilidad, tenemos que el grupo experimental B, ha salido en general con mejores resultados que el grupo de control A. Por lo que, en este caso de estudio, se observó que, aunque los parámetros de habilidad están dentro del rango medio, la eficiencia en aprendizaje del grupo experimental B, fue mejor que la que obtuvo el grupo de control A.

Así, el Aprendizaje Activo de la Física exige un compromiso mayor del estudiante y del profesor, que involucra la participación del estudiante en su propio proceso de enseñanza-aprendizaje, favorecida por las intervenciones de sus compañeros de clase, y guiada por las sugerencias del profesor. En este caso de estudio, el Aprendizaje Activo de la Física ha obtenido mejores resultados que una enseñanza tradicional, la cual consiste sólo en la exposición de los temas en el pizarrón por parte del profesor y la toma de notas de clase, por parte de los estudiantes, y esto complementado con los trabajos escolares que se dejan para el hogar, en forma de tareas.

### Agradecimientos

Los autores quieren expresar su agradecimiento a los proyectos de la Secretaría de Investigación y Posgrado del Instituto Politécnico Nacional con número 20221303, titulado “El desarrollo social educativo desde la perspectiva teórica de Pierre Bourdieu”, y 20221757 “Aprendizaje Activo y Significativo de la Física mediante Physlets”. Asimismo, expresan su agradecimiento por el apoyo otorgado al Sistema Nacional de Investigadores del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) de México.

### Referencias bibliográficas

- Baker, F. B., & Kim, S.-H. (2017). *The Basics of Item Response Theory Using R*. Springer Verlag.
- Boeck, P., & Wilson, M. (2004). *Explanatory Item Response Models. A Generalized Linear and Nonlinear Approach*. Springer Verlag.
- Boomsma, A., Duijn, M. A. J., & Snijders, T. A. B. (eds.) (2001). *Essays on Item Response Theory. Lecture Notes in Statistics 157*. Springer Verlag.
- Boone, W. J., Staver, J. R., & Yale M. S. (2014). *Rasch Analysis in the Human Sciences*. Springer Verlag.
- Bravo, S. (1990). *¿Usted también es Aristotélico?* UNAM Instituto de Geofísica.

- Chang, W. (2018). *R Graphics Cookbook*. O'Reilly.
- Change the live. (2021). *What is Active Learning and strategies* [video]. Youtube.  
<https://www.youtube.com/watch?v=odYYRRKKIY>
- Crouch, C. H., Fagen, A. P., Callan, J. P., & Mazur, E. (2004). Classroom demonstrations: Learning tools or entertainment? *American Journal of Physics*, 72(6), 835-838. DOI: 10.1119/1.1707018. <https://works.swarthmore.edu/fac-physics/203>
- Fischer, G. H., & Molenaar, I. W. (1995). *Rasch Models. Foundations, Recent developments, and Applications*. Springer Verlag.
- Hambleton, R. K., & Swaminathan, H. (1985). *Item Response Theory. Principles and Applications*. Springer Verlag.
- Hestenes, D., Wells, M., & Swackhamer, G. (1992). Force Concept Inventory. *The Physics Teacher* 30, 141-158.
- Khine, M. S. (2020). *Rasch Measurement. Applications in Quantitative Educational Research*. Springer Verlag.
- Kronthaler, F., & Zöllner, S. (2021). *Data Analysis with RStudio*. Springer Verlag.
- Linden, W. J., & Hambleton, R. K. (1997). *Handbook of Modern Item Response Theory*. Springer Verlag.
- Mair, P., Hatzinger, R., Maier, M. J., Rusch, T., & Debelak, R. (2022). *Package 'eRm'. Extended Rasch Modeling* [manual]. Consultado el 7 de octubre de 2022.
- Matlof, N. (2011). *The Art of R Programming. A tour of Statistical Software Design by Norman Matlof*. No Starch Press.
- Riveros-Rotgé, H., Jiménez-Cisneros, E., & Riveros-Rosas, D. (2004). *Cómo mejorar mi clase de Física*. Trillas.
- Rizopoulos, D. (2002). *Package 'ltm'. Latent Trait Models under IRT*. [manual]. Consultado el 7 de octubre de 2022.
- Saiz, A. Z., González, C. Q., Hurtado-Gil, L., & Mondéjar-Ruiz, D. (2020). *An Introduction to Data Analysis in R*. Springer Verlag.
- Sokoloff, D. R., & Thornton, R. K. (1997a). Using Interactive Lecture Demonstrations to Create an Active Learning Environment. *The Physics Teacher*, 35(6), 340-347.
- Sokoloff, D. R., & Thornton, R. K. (1997b). *RealTime Physics: Active Learning Laboratory*. [Proceedings of the International Conference on Undergraduate Physics Education], 1101-1118. American Institute of Physics, College Park.
- Sokoloff, D. R., & Thornton, R. K. (1998). Assessing student learning of Newton's laws: The Force and Motion Conceptual Evaluation and the Evaluation of Active Learning Laboratory and Lecture Curricula. *Am. J. Phys.*, 66(4), 338-352.  
<http://dx.doi.org/10.1119/1.18863>

- Sokoloff, D. R., & Thornton, R. K. (2004). *Interactive Lecture Demonstrations: Active Learning in Introductory Physics*. John Wiley & Sons.
- Sokoloff, D. R., & Thornton, R. K., & Laws, P. (2004). *RealTime Physics Modules 1, 2, 3 & 4*. John Wiley & Sons.
- Teetor, P. (2011). *R Cookbook: Proven Recipes for Data Analysis, Statistics, and Graphics*. O'Reilly.
- The R Foundation. (s.f.). *The R Project for Statistical Computing*. Consultado el 7 de octubre de 2022. <https://www.r-project.org>
- Tilman, M. D. (2016). *The Book of R. A first Course in Programming and Statistics by Tilman M. Davies*. No Starch Press.
- Rossini, A. J., Heiberger, R. M., Hornik, K., Maechler, M., Sparapani, R.A., Eglén, S. J., Luque, S. P., Redestig, H., Spinu, V., Henry, L., & Branham, J. A. (2018). ESS – Emacs Speaks Statistics. ESS version 18.10.3 snapshot. [html, manual]. Consultado el 7 de octubre de 2022. <https://ess.r-project.org/Manual/ess.html>
- xTalks Office of Digital Learning. (2017). Jeff Gore – Active Learning of Physics (11-22-16) [video]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=e3RZskqVqzU>

## Enseñanza del concepto de corriente eléctrica en educación elemental mediante Filosofía para Niños

Juan José del Carmen Cervantes, Instituto Politécnico Nacional  
César Eduardo Mora Ley, Instituto Politécnico Nacional

*México*

### Resumen

El concepto de corriente eléctrica es tan simple de escribir y a la vez difícil de entender por los estudiantes. En el presente trabajo se presenta una propuesta para tratar el concepto por medio de la didáctica filosófica que está basada en el programa de Filosofía para Niños desarrollado por Lipman. La propuesta contempla un recurso narrativo para iniciar una comunidad de investigación que lleve a construir el concepto de corriente eléctrica a partir de los conocimientos previos y de las aportaciones de los demás, fundamentando en cada participación los comentarios a través de la lógica y la reflexión propia.

*Palabras Clave:* didáctica filosofía, filosofía para niños, corriente eléctrica, comunidad de indagación.

### Filosofía para Niños y Jóvenes

En la comunidad de profesores se busca constantemente mejorar la práctica docente y a veces al terminar una clase nos damos cuenta de que nos faltó comentar algo o se nos ocurre un nuevo ejemplo para la próxima vez que se estudie el tema, esto con la finalidad de dar una mejor clase a los estudiantes. En otras ocasiones, se buscan nuevas metodologías que se ajusten al tema que se dará en clase y es aquí donde el profesor debe estudiarlas muy bien, de tal manera que se obtenga el mayor provecho de ellas, de lo contrario la metodología puede resultar aburrida y poco estimulante para el alumno (Mora & Moltó, 2019). En el presente trabajo se presenta una propuesta para el aprendizaje del concepto de corriente eléctrica por medio de la didáctica filosófica desarrollada por Sumiacher (2016) y el programa de Filosofía

para Niños desarrollada por Lipman (Mora et al., 2021; Mora & Sánchez, 2022). Esta propuesta puede servir de base para enseñar otros saberes de física o cualquier otra ciencia.

El programa de Filosofía para Niños (FpN) está desarrollado para hacer el ejercicio de filosofar, es decir de realizar la actividad de la elaboración reflexiva del pensamiento filosófico de tal manera que se encuentre significado de las cosas y de la vida, con la posibilidad de mejorar el pensamiento. No se busca que el niño o niña sea filósofo o filósofa, sino que sea más atento, reflexivo, considerado y razonable para que tenga una mejor capacidad de juicio. Se busca que los niños encuentren en la filosofía un lugar donde tengan cabida sus inquietudes naturales para atreverse a preguntar y contestar lo que nadie se atreve (Del Carmen & Mora, 2021). El programa de Filosofía para Niños atiende la problemática de la educación del pensar cultivando en el niño destrezas de razonamiento de manera progresiva en la totalidad de su ser. Así los estudiantes empiezan a preguntar el porqué de todas las cosas, a elaborar cuestiones referentes a propósito y causas, a realizar inferencias a partir de los objetos que manipula, que ve, que escucha o siente en su entorno (Pineda, 1992). La metodología de FpN también puede ser implementada en educación STEM para educación elemental (Mora, 2022).

Cazares (2016), hace hincapié en que los primeros pasos de las niñas y niños y adolescentes son la razón del sistema educativo en los que se debe formar ciudadanos críticos, listos para impactar en las realidades en las que estén inmersos. En este sentido el programa de filosofía para niños desarrollado por Lipman no es únicamente aplicable en educación primaria sino a todos los niveles. Esto justifica la aplicación de FpN con jóvenes de nivel medio superior. La escuela debe ser el espacio para que los alumnos expresen todos sus pensamientos y los profesores puedan junto con ellos llegar a un pensamiento multidimensional compuesto por el pensamiento crítico, creativo y cuidadoso de él, de quien lo rodea y lo que lo rodea. Prueba de la necesidad de expresar ideas son las redes sociales que sin embargo terminan solo siendo un espacio de desahogo de ideas ante el enojo y la frustración de no tener otro espacio donde se puedan analizar y explorar las ideas que tienen (Cazares, 2016).

Respecto a la didáctica filosófica, Sumiacher (Alonso, 2016), retoma la FpN de Lipman para enseñar saberes. El primer paso en la didáctica filosófica es que el profesor debe cuestionar la legitimidad de las ideas que desea enseñar exigiendo lógica en las reflexiones. Posteriormente se deben desmenuzar en forma analítica los puntos principales que se desean enseñar y enseguida se retoma el programa de FpN, finalizando con participaciones de los estudiantes exponiendo lo que han aprendido durante la clase.

El Programa de Filosofía para Niños parte de la idea de que la filosofía no es una disciplina solamente académica, reservada a los especialistas ya que el proceso mismo de filosofar puede ser adoptado como forma de vida que todos podemos adoptar. La filosofía como cuestionamiento y como reflexión permite estimular a los niños para que den razones acerca de sus propios problemas a través de las discusiones en clase (Lipman, citado por Trequattrini 2011).

De manera general los pasos para aplicar el Programa de Filosofía para Niños son los siguientes (Mora et al., 2021):

- Se dispone a los alumnos en círculo para posibilitar el diálogo.

- Se lee una lectura preparada según el tema a abordar. Para ello se pueden emplear distintas técnicas de lectura: Un párrafo cada uno, lectura dramatizada, entre otras. También el docente lee cuando llega su turno.
- Luego se pide a los alumnos que formulen en forma de pregunta cuantas interrogantes les haya sugerido la lectura. También para esto se pueden emplear diversas dinámicas de trabajo.
- Las preguntas se van escribiendo en el pizarrón indicando junto a ellas el nombre de la persona que la formula y la línea o página de la lectura que la sugiere. Los alumnos y alumnas deben tomar nota de todas las preguntas en su cuaderno de clase. Estas preguntas se convierten entonces en el plan de trabajo para el debate en el aula.
- Terminado el listado de preguntas, se les pide que seleccionen aquellas que se deseen comenzar a tratar.
- Con la primera pregunta elegida comienza el diálogo. El modo de dirigir el debate responde a las orientaciones que la propia metodología propuesta por Lipman ofrece para conseguir un debate filosófico.
- Para orientar y ayudar al diálogo se utilizan ejercicios previamente elaborados con las lecturas.
- Durante el diálogo se planteará la necesidad de investigar y profundizar en determinados temas que se suscitan. En dicha investigación se pueden utilizar todos los recursos necesarios para llevarla a buen término: búsqueda de documentación, aclaración de conceptos, trabajos complementarios, entre otros.
- Después de cada sesión los alumnos deben escribir un pequeño resumen y valoración de lo que juntos han debatido; es lo que se llama página de diario. La lectura de uno de ellos puede servir como introducción para la siguiente sesión.
- Cuando el tema se da por debatido es importante recoger todo lo que se ha aportado, para ello se puede confeccionar una redacción que ocupará un lugar específico en el cuaderno de clase.
- Luego de terminar la clase, el cierre de la sesión tiene la función de sintetizar las experiencias, así como generar la atmósfera de que ha finalizado la clase.

### **Procedimiento para el aprendizaje del concepto de corriente eléctrica por medio de la didáctica filosófica**

Considerando el marco de referencia del programa de Filosofía para Niños de Lipman y la didáctica filosófica de Sumiacher, se construye la siguiente planeación didáctica para el aprendizaje del concepto de corriente eléctrica.

Objetivo: Definir el concepto corriente eléctrica.
--

<p>Tiempo total de trabajo:</p> <p>50 minutos</p>	<p>Materiales: Cuento corto (autoría propia):</p> <p>Ayer tuve el sueño más escalofriante de mi vida, tenía tanto miedo de bajar de mi cama, pero tenía que prender la luz y evitar que un monstruo saliera de debajo. Corrí y presione el interruptor, pero no encendió la luz entonces trate de encender una lámpara de baterías, pero solo vi un destello y se apagó. Entonces salió el monstruo debajo de la cama y justo cuando estaba a punto de atraparme desperté.</p>
<p>Características del grupo de trabajo:</p> <p>1er Sesión: Profesores de la institución</p> <p>2da sesión: Estudiantes de tercer grado de primaria.</p>	<p>Estilo docente</p> <p>El estilo docente será problematizador realizando preguntas literales, problematizadoras y filosóficas durante el desarrollo de la comunidad de indagación.</p>

<p>DESGLOSE ANALÍTICO DE LOS TEMAS A TRABAJAR:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● La corriente es un fenómeno causado por el desplazamiento de electrones o iones</li> <li>● La corriente eléctrica es el flujo neto de carga eléctrica que circula de forma ordenada por un medio conductor</li> <li>● En la corriente directa el desplazamiento de electrones se realiza en un solo sentido.</li> <li>● En la corriente alterna el desplazamiento cambia de sentido de forma periódica</li> <li>● Los materiales conductores pueden ser sólidos, líquidos o gases</li> <li>● El flujo de electrones entre dos puntos se da debido a una diferencia de potencial eléctrico y poco a poco el movimiento se detiene hasta que hay un equilibrio</li> <li>● Para mantener el flujo, debe haber una constante diferencia de potencial</li> <li>● El flujo convencional de electrones es del punto de mayor potencial al de menor potencial</li> </ul>	<p>Roles dentro de la comunidad de indagación:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Profesor de grupo.</li> <li>● Coordinador de la comunidad de indagación</li> <li>● Estudiantes</li> </ul>
--	---

<ul style="list-style-type: none"> <li>• El flujo real de electrones es del punto de menor potencial al de mayor potencial</li> <li>• Circuito eléctrico es el conjunto de elementos eléctricos por donde fluyen los electrones.</li> <li>• Circuito abierto es la condición en que existe una desconexión de algunos de los elementos del circuito</li> </ul>	
--	--

<p>Preguntas detonantes en la comunidad de indagación para propiciar el pensamiento filosófico:</p> <p>Literales:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Por qué el foco no prendió?</li> <li>2. ¿Qué diferencia hay entre la corriente de las baterías de la lámpara y la de la instalación eléctrica donde se conecta el foco de la habitación?</li> </ol> <p>problematizadoras:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Qué harías tú para demostrar el hecho de que no haya encendido el foco?</li> <li>2. ¿Qué harías para describir la falla en la lámpara y decirle a la persona del sueño la razón de la falla?</li> </ol> <p>Preguntas filosóficas:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Crees que en la realidad es posible que el foco no encendiera debido a hechos sobrenaturales, explica porque si o no?</li> <li>2. ¿Qué es para ti la corriente eléctrica y porque es importante en tu vida?</li> </ol>

### Plan de Acción

TIEMPO	ACTIVIDADES
INICIO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En un trozo de papel cada uno escribe su nombre y en otro escriben una pregunta acerca de la historia leída y posteriormente se colocan en urnas diferentes</li> <li>• Se inicia con una lectura del cuento</li> <li>• Se agrupan los estudiantes en equipos para discutir una pregunta que surge de la narración</li> <li>• Se comienza la comunidad de indagación con una pregunta seleccionada al azar de la urna</li> </ul>

DESARROLLO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se establece la comunidad de indagación y se intercalan las preguntas literales, problematizadoras y filosóficas donde los estudiantes responderán de manera razonada.</li> <li>• Durante la sesión el profesor ligara el desglose analítico de conceptos aceptados por la comunidad científica con las ideas propuestas por los estudiantes para desarrollar habilidades de pensamiento.</li> </ul>
CIERRE	<p>Los estudiantes comentan lo que aprendieron acerca de la masa, volumen y peso.</p> <p>Evaluación de la sesión</p> <p>¿Cómo se sintieron en esta sesión?</p> <p>¿Qué aprendieron en la sesión?</p>

Respecto a la evaluación de la sesión, Cázares (2014), propone que para evaluar auténticamente se deben establecer criterios objetivos, pero considerando a los alumnos que se evaluarán como agentes participes en los procesos de diseño, calificación y valoración, donde pueda planificar algunos criterios y asumir una actitud autocrítica de sus propios logros y alcances. La evaluación de Filosofía para Niños y Jóvenes (FpN y J) como propone Cázares consiste en asumir una postura de inclusión y participación de los alumnos en la generación de procesos de evaluación, atendiendo a la heteroevaluación, la evaluación entre pares y la autoevaluación. Para ello se debe tener una clara planificación de las competencias filosóficas que alcanzarán los alumnos en cada ciclo escolar.

Los criterios que caracterizan la evidencia de aprendizaje a partir de las cuales se evalúan las competencias filosóficas y dicho más propiamente del desarrollo de habilidades de pensamiento pueden ser las siguientes:

- Evidencias de desempeño y actitud: en este criterio los alumnos se expresan de forma verbal donde se puede ver sus habilidades de indagación, de conceptualización, de traducción y razonamiento las cuales deben acompañarse de las reglas del pensamiento cuidadoso ante la comunidad de compañeros y del docente.
- Evidencias de producto: son evidencias tangibles que manifiesten ideas y reflexiones, tales como dibujos, ideas escritas, preguntas, moldeados, maquetas carteles, etc.

En la tabla 1 se muestra una rúbrica de desempeño para evaluar en una comunidad de indagación, en la tabla 2 una lista de verificación para autoevaluación y evaluación grupal de desempeño propuestos por Cázares (2014):

Nombre del alumno: _____			
Grupo: _____			
Relación con sus compañeros en la comunidad de indagación	Los compañeros de clase aprecian el apoyo que les brindas tanto al escuchar sus ideas como cuando necesitas clarificar tus ideas y expresión de pensamientos	Los compañeros de clase perciben que los escuchas y respetas sus opiniones e ideas, durante la sesión de indagación	No hay una relación clara con tus compañeros de clase durante las indagaciones que se realizan
Habilidades de FpN y J	Respetas las reglas de la comunidad de indagación participando, levantando la mano, escuchando con atención, procurando elaborar preguntas relevantes para la reflexión en el grupo. Cuando se dialoga procuras dar ideas que ayuden a pensar a los demás y a ti mismo	Respetas la mayoría de las reglas de la comunidad de indagación procurando hacer de la clase un espacio en donde se escuche, se hagan preguntas y se reflexione.	Aún no logras respetar las reglas de participación en la comunidad de indagación.
Elaboración de evidencias en clase	Desarrolladas con calidad y esmero todas las evidencias que el docente solicita, tanto individuales como grupales.	Elaboradas todas las evidencias solicitadas.	No colaboras en la elaboración de las evidencias.
Participación en la comunidad de indagación	Sueles participar de manera ordenada procurando respetar los turnos solicitados. Te gusta aportar ideas que hagan pensar a tus compañeros, cuidando no herir sus sentimientos.	Participas en clase con gusto levantando la mano cuando consideras conveniente preguntar o comentar algo al respecto de lo que se discute en clase.	No te gusta participar en grupo.

*Tabla 1. Rubrica de desempeño para evaluar en una comunidad de indagación.*

Criterios	Altamente competente	Competente	En desarrollo
Logramos pensar de manera más profunda			
Escuchamos las ideas de los compañeros cuando dialogamos			
Formulamos preguntas que nos ayudaron a pensar y a discutir			
Respetamos la diferencia de pensamiento de mis compañeros			
Respetamos el círculo durante toda la sesión			
Levantamos la mano para pedir la palabra			
Pudimos divertirnos pensando sobre historias que escuchamos			
Elaboramos ideas, comentarios, ejemplos o analogías que ayudaron a explicar las ideas			

*Tabla 2. Lista de verificación para autoevaluación y evaluación grupal de desempeño.*

A continuación, se presentan algunos de diálogos de una clase de nivel medio superior aplicando la didáctica filosófica para el aprendizaje del tema de corriente eléctrica de acuerdo con la planeación antes mencionada.

Profesor ¿Porque la lámpara no encendió y porque en otro momento dio un destello de luz y luego se apagó?

- Equipo 1. Creemos que hubo un corto o una falla dentro del circuito
- Profesor: ok entonces hay que analizar porque hubo un corto o la falla
- Equipo 2. Se fundió el foco
- Profesor: ok ¿se fundió antes o al momento de encender el foco?
- Equipo 3. Las pilas no son alcalinas
- Profesor: y ¿Qué pasa si no son alcalinas?
- Equipo 3: que la lámpara solo de un destello y luego se apaga

- Profesor: si claro, lo que tú comentas se llama caída de tensión que es un decremento de voltaje y estas en lo correcto, pudo ser que las baterías tengan poca carga y por eso solo dio un destello.
- Profesor: ¿qué otra causa pudo haber para que no encendiera la lámpara?
- Equipo 4: Se fue la luz
- Profesor: Ok, o podemos decir que no hay energía o corriente eléctrica o que no hay flujo de electrones en el circuito, o que no hay tensión.
- Equipo 1. también pudo ser que al tratar de encender la lámpara el manejo brusco del interruptor lo haya dañado o se haya zafado.
- Profesor: si, eso suele pasar, es por eso por lo que existen manuales de operación de los equipos. Respecto a lo que comentas acerca de que se haya zafado el interruptor, le llamamos falso contacto, que también es una falla común y cuando se revisa cualquier sistema eléctrico se debe verificar que no existan falsos contactos.
- Equipo 2: también pudo ser que haya habido un defecto de fábrica del foco
- Equipo 3: o también pudo ser que la instalación eléctrica no servía
- Profesor: Por supuesto, la probabilidad de que el foco haya salido con un defecto desde su fabricación y como consecuencia no encendió, y también es posible que durante la instalación eléctrica haya existido errores humanos o que el material utilizado haya sido de mala calidad.
- Equipo 4: o qué tal si había bajo voltaje
- Profesor: Si claro, si la tensión no es suficiente o no va de acuerdo con las especificaciones del foco, entonces no encenderá.

La primera parte de la didáctica permite que los estudiantes se sientan involucrados en el tema y para ello se presenta el recurso narrativo para posteriormente iniciar la comunidad de indagación y escuchar las ideas de cada alumno que participa en los pequeños equipos de trabajo.

Como se puede observar en los diálogos, los estudiantes tienen diversas respuestas a la misma pregunta y al escucharlos la clase se vuelve incluyente y participativa, además si una respuesta no es exactamente correcta, se puede completar de acuerdo con los conceptos científicos lo cual permite que los alumnos sientan que sus respuestas no estaban mal, sino que solo falta utilizar un lenguaje adecuado. El dialogo debe continuar hasta que poco a poco se llegue a un concepto de la corriente eléctrica que este fundamentado en un conjunto de premisas que se desarrollaron durante la clase junto con los estudiantes y finalmente los estudiantes puedan exponer conclusiones con un pensamiento propio basado en sus ideas previas, su experiencia con el concepto de la corriente eléctrica, lo que percibió en la comunidad y las aportaciones del profesor.

## Referencias bibliográficas

- Alonso, A. (2016). *Filosofía con niños y adolescentes*, México: UNAM.
- Cázares, L. (2014). *Imbricar Filosofía para Niños y Jóvenes en los centros escolares*. (1ra ed.). España: Octaedro.
- Del Carmen, J. & Mora, C. (2021). Aprendizaje de los conceptos de masa y volumen utilizando FPN con estudiantes de 3er grado de primaria. *Lat. Am. J. Sci. Educ.*, **8**(1), 22007-1 - 22007-5.
- Mora, C. & Moltó, E. (2019). *Algunos fundamentos del proceso de enseñanza y aprendizaje de la física*. México; Colofón S.A. de C.V. ISBN 978-607-635-079-9.
- Mora, C. (2022). *Early STEM Implementation in PreK and Kindergarten in Mexico*, chapter 18, In Kenedy, T. & Tunnicliffe, L. (Eds) (2022). *Play and STEM Education in the Early Years*. UK: Springer. ISBN 978-3-030-99829-5.
- Mora, C. & Sánchez, R. (2022). *Educación STEAM para preescolar*, En: Rodríguez, L. M. (Comp.)(2022), *INVESTIGACIÓN Y TECNOLOGÍA EDUCATIVA Diálogos multidisciplinares entre educación y epistemología 2021*. México: Gedisa, ISBN 978-607-8231-77-5.
- Mora, C., Del Carmen, J., Villamil, D. (2021). *Filosofía para Niños y la Enseñanza de Física*, México: Editorial Comunicación Científica. ISBN: 978-607-99636-3-7
- Pineda R., D. A. (1992). *Filosofía para niños: un acercamiento*. Santafé de Bogotá: Universitas.
- Sumiacher, D. (2016). *La Didáctica Filosófica*. En: Alonso, A. (Comp.)(2016), *Filosofía con niños y adolescentes*, México: UNAM.
- Trequattrini, I. (2011). Filosofía para Niños y Niñas como estrategia educativa para el fomento de la salud bucal. Alumnos del 4º grado de la Unidad Educativa Monseñor Olegario Villalobos del Municipio Maracaibo Estado Zulia. *Revista de Artes y Humanidades UNICA*, **12**(2), 212-245.

## Diseño de cuatro laboratorios remotos para la enseñanza de las ciencias naturales en la universidad

Gabriel Leonardo Medina, Universidad de Buenos Aires

Jorge Maeyoshimoto, Universidad de Buenos Aires

Gabriela Lorenzo, Universidad de Buenos Aires

Ignacio J. Idoyaga, Universidad de Buenos Aires

*Argentina*

### Resumen

Este trabajo describe 4 laboratorios remotos diseñados en el Laboratorio de Experimentación con Tecnologías de la Información y la Comunicación para la Innovación y el Aprendizaje (LETICIA) del Centro de Investigación y Apoyo a la Educación Científica (CIAEC) de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad de Buenos Aires. Estos dispositivos configuran la faceta de desarrollo del trabajo de investigación en torno al modelo del laboratorio extendido. Los laboratorios remotos (LR) son un conjunto de tecnologías de *hardware* y *software* que permiten a profesores y estudiantes, a través de internet, operar equipos de laboratorio. La manipulación del equipamiento robotizado se realiza a distancia, en cualquier momento y desde cualquier lugar. Los 4 laboratorios descritos en el artículo son: LR Valoración Ácido-Base, LR Ley de Snell, LR Campo Magnético y LR Respiración Celular. En cada uno de ellos se detallarán sus características técnicas tales como tiempo de uso, vistas disponibles, tipo de lectura, tipo de LR, entre otros. Los LR se presentan como una alternativa para mantener la actividad experimental en entornos altamente tecnológicos. Las diferentes características técnicas permiten a los estudiantes acercarse a la actividad experimental y trabajar la observación y otros procedimientos relacionados al quehacer experimental.

*Palabras Claves:* laboratorio remoto, actividad experimental, enseñanza de las Ciencias

## Introducción

Las instituciones educativas del nivel superior garantizaron la continuidad pedagógica, durante la pandemia de COVID-19, desplegando dispositivos de enseñanza mediados por tecnologías digitales. Esta Enseñanza Remoto de Emergencia (ERE) (Hodges et al., 2020) forzó la introducción de una gran cantidad de innovaciones en las prácticas educativas. Una vez superada la pandemia, la experiencia acumulada por la comunidad educativa facilitó el establecimiento de nuevas modalidades híbridos

(Elisondo y Chesta, 2022). La educación en ciencias naturales se enfrenta a desafíos particulares en estos nuevos entornos altamente tecnológicos. Particularmente, las prácticas experimentales de laboratorio, fundamentales para la construcción de conocimiento científico, son difíciles de sostener en espacios digitales. Para abordar este desafío, en el Centro de Investigación y Apoyo a la Educación Científica (CIAEC) de la Universidad de Buenos Aires se viene desarrollando un modelo didáctico denominado Laboratorio Extendido (Idoyaga, 2023).

El modelo emerge como un constructo teórico ante la necesidad de diseñar la enseñanza de las ciencias en los nuevos escenarios híbridos. Provee una serie de principios generales que permiten repensar y llevar adelante actividades experimentales en distintas interfaces sinérgicas (Scolari, 2018), entre las que se encuentran los laboratorios remotos (LR). No se trata de una única aproximación, sino de una combinación de recursos que trabajan juntos para aumentar las probabilidades de que se generen aprendizajes relacionados con la experimentación.

Este trabajo describe 4 laboratorios remotos diseñados en el Laboratorio de Experimentación con Tecnologías de la Información y la Comunicación para la Innovación y el Aprendizaje (LETICIA) del Centro de Investigación y Apoyo a la Educación Científica (CIAEC) de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad de Buenos. Estos dispositivos configuran la faceta de desarrollo del trabajo de investigación en torno al modelo del laboratorio extendido.

## Los Laboratorios Remotos en la enseñanza de las ciencias naturales

Los LR son un conjunto de tecnologías de *hardware* y *software* que permiten a profesores y estudiantes, a través de internet, operar equipos de laboratorio. La manipulación del equipamiento robotizado se realiza a distancia, en cualquier momento y desde cualquier lugar. Mas aún, los LR permiten evidenciar la incertidumbre empírica inherente a las mediciones (Idoyaga, et al., 2020). En educación superior, esto conlleva una ventaja: permitirle a profesores y estudiantes trabajar en situaciones similares al ejercicio profesional y a la experimentación científica.

Investigaciones recientes dan cuenta de que los LR son una innovación prometedora para mejorar la enseñanza (Arguedas-Matarrita et al., 2019) y el aprendizaje de competencias científicas en todos los niveles de la educación (Kärkkäinen y Vincent-Lancrin, 2013). La utilización de estos recursos permite accionar conocimientos prácticos en contextos reales. En consecuencia, son realmente potentes para el fortalecimiento de la educación en ciencias e ingenierías en las modalidades a distancia e híbridas.

## Los Laboratorios Remotos de LETICIA

En los siguientes párrafos se describe cada uno de los 4 LR diseñados en LETICIA, que fueron utilizados por diferentes instituciones educativas de nivel superior de la Argentina e Hispanoamérica durante la ERE. En cada uno de ellos se detallarán sus características técnicas. La Tabla 1 detalla los aspectos que se comentarán de los LR relevados que se comentarán en los próximos apartados.

Característica Técnica	Detalle
Tipo de LR	<p>Los LR pueden clasificarse en Laboratorio en Tiempo Real (LTR) o Laboratorio Diferido (LD).</p> <p>LTR: la experiencia se realiza al mismo tiempo que se manipula y opera en forma sincrónica el instrumental.</p> <p>LD: la experiencia se basa en una serie de experimentos reales pregrabados esto permite que el usuario tenga la misma experiencia que en un LTR. Los LD posibilitan que un proceso irreversible pueda realizarse una y otra vez, y que la práctica pueda repetirse. Esta particularidad aumenta la autonomía de los estudiantes y permite a los profesores diseñar actividades personalizadas.</p>
Tipo de Lectura	<p>Los LR pueden ser de Lectura Directa, Indirecta o Mixta.</p> <p>Directa: la medición se obtiene por observación directa de los instrumentos que componen el LR.</p> <p>Indirecta: la medición se da a través de dispositivos tecnológicos que cuenten con un display para mostrar datos.</p> <p>Mixta: combina la lectura directa y la indirecta. El LR presenta ambas opciones.</p>
Disciplina	<p>Los LR pueden ser utilizados en distintos campos disciplinares: Física, Química y Biología</p>
Versiones Disponibles	<p>Los LR pueden tener diferentes versiones disponibles. Estas versiones presentan particularidades como por ejemplo el trabajo con graficadores.</p>

Cantidad de Usuarios	<p>Los LR pueden ser Multiusuarios o de Usuarios Acotados.</p> <p>Multiusuario: permite el acceso de tantos usuarios como soporten los recursos informáticos. Está íntegramente relacionado con los LD.</p> <p>Usuarios Acotados: permite el acceso de una cantidad acotada de estudiantes. Está íntegramente relacionado con los LTR. La cantidad de usuarios estará definida por el número de réplicas disponibles.</p>
Duración de la Sesión	La actividad en un LR está limitada al tiempo de duración de la sesión. En este tiempo el estudiante puede configurar y observar la experiencia.
Número de Experiencias a Realizar	Los LR tienen una cantidad acotada de experiencias a realizar. Esto depende de las opciones disponibles en la configuración y, en algunos casos, de las versiones disponibles.
Número de Vistas Disponibles	Los LR tienen una cantidad de vistas disponibles. Cada una de ellas enfoca ciertas partes del laboratorio. Estas vistas están esencialmente relacionadas a los tipos de lectura.
Número de Pantallas	Los LR tienen una cantidad de pantallas que los estudiantes recorren para realizar las experiencias en el laboratorio.
Cantidad de modos de interacción	Los LR permiten una cantidad de interacciones en su interfaz gráfica de usuario. Estas pueden ser gestionadas a través de botones, iconos o simplemente la observación de la experiencia.

*Tabla 1. Características Técnicas de los laboratorios remotos.*

### **Laboratorio Remoto: Valoración Ácido-Base**

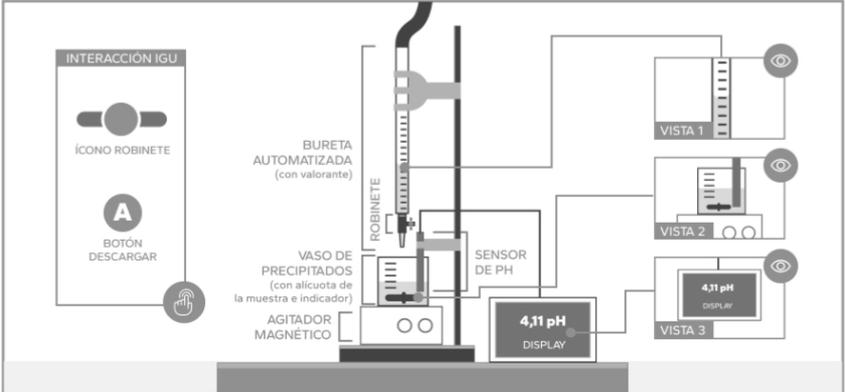
El LR Valoración Ácido-Base (Figura 1) permite realizar valoraciones de ácido acético y ácido clorhídrico con hidróxido de sodio de forma potenciométrica, utilizando un sensor de pH, o colorimétrica, utilizando fenolftaleína como indicador. La determinación del punto de equilibrio o del punto final posibilita el cálculo de la concentración de las muestras.



# LETICIA

## VALORACIÓN ÁCIDO-BASE

### LABORATORIO REMOTO



**PROPIEDAD:** UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES (UBA) / UNIVERSIDAD ESTATAL A DISTANCIA (UNED)

RLMS: LABSLAND (ESPAÑA-ESTADOS UNIDOS)



TIPO DE LR: **LABORATORIO DIFERIDO**

LECTURA: **DIRECTA / MIXTA**

DISCIPLINA: **QUÍMICA**

VERSIONES DISPONIBLES:  
- VALORACIÓN ÁCIDO-BASE II  
- VALORACIÓN ÁCIDO-BASE III

**.UBA** FARMACIA Y BIOQUÍMICA

Este LR permite realizar valoraciones de ácido acético y ácido clorhídrico con hidróxido de sodio de forma potenciométrica, utilizando un sensor de pH, o colorimétrica, utilizando fenoltaleína como indicador. La determinación del punto de equilibrio o del punto final posibilita el cálculo de la concentración de las muestras.



MULTIUSUARIO



20'

DURACIÓN DE LA SESIÓN



24

EXPERIENCIAS A REALIZAR



2/3

VISTAS DISPONIBLES



3

PANTALLAS



2

MODOS DE INTERACCIÓN

Figura 1. Ficha técnica de laboratorio remoto: valoración ácido- base

Este LR fue desarrollado por la Universidad de Buenos Aires (UBA) de Argentina y la Universidad Estatal a Distancia (UNED) de Costa Rica. Utiliza el Sistema de Gestión de

Laboratorios Remotos (RLMS por sus siglas en inglés) provisto por Labsland, una empresa que es un spin off de la Universidad de Deusto y tiene sedes en Estados Unidos y en España.

Este LR es utilizado en la asignatura Química del Ciclo Básico Común (CBC) de la UBA, en la Cátedra Idoyaga, y cuenta con mas de 9000 en el período 2021/2023.

Se trata de un LD que permite el acceso a múltiples usuarios al mismo tiempo. La lectura es mixta. Los estudiantes pueden leer el volumen en la bureta y observar de manera directa el viraje del indicador a través de las vistas 1 y 2 y/o acceder al valor de pH de manera indirecta observando el display disponible en la vista 3 (Figura 1). La duración total de la sesión es de 20 minutos, tiempo suficiente para que los estudiantes configuren las opciones posibles y observen la experiencia completa. El número total de experiencias que se pueden realizar es de 24. Este valor se calcula de la siguiente manera: el LR permite elegir entre 2 valorantes y 3 analitos lo cual da un total de 6 combinaciones posibles. Así mismo, este LR permite realizar la experiencia con la técnica potenciométrica o colorimétrica. Por lo tanto, al realizar estas 6 combinaciones en ambas técnicas se alcanza un total de 12 experiencias. Finalmente, existen dos versiones de este LR, empleando ácido acético o ácido clorhídrico como analito. Considerando la posibilidad de realizar la actividad con dos diferentes ácidos obtenemos un total de 24 experiencias a realizar.

El dispositivo presenta tres pantallas ordenadas de manera secuencial. La primera cuenta con un video explicativo y una ilustración que muestra los diferentes instrumentos que componen el laboratorio. La segunda corresponde a la pantalla de configuración que permite al estudiante elegir entre las opciones de analito y valorante. Finalmente, la última pantalla denominada observación, incluye las vistas disponibles del LR y permite la interacción con el laboratorio mediante iconos y botones. En este caso tenemos dos modos de interacción: a través de un icono de robinete y de un botón de descargar simbolizado con la letra "A". En ambas interacciones se logra descargar un volumen de valorante ubicado en la bureta automatizada al vaso de precipitados conteniendo la alícuota de la muestra y la fenolftaleína como indicador.

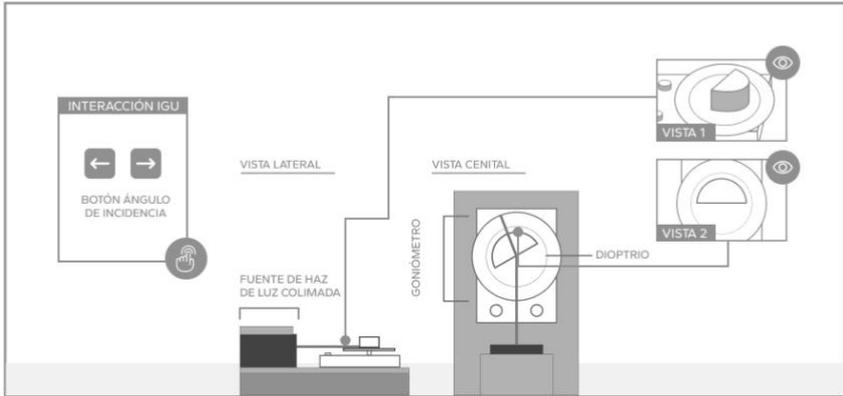
### **Laboratorio Remoto: Ley de Snell**

El LR Ley de Snell (Figura 2) permite estudiar la relación entre el ángulo de incidencia y el ángulo de refracción de la luz en diferentes dioptrios (aire-acrílico, aire-agua, aire-aceite). La posibilidad de incidir desde el medio más refringente permite evidenciar el fenómeno de reflexión total interna.


LETICIA

## LEY DE SNELL

### LABORATORIO REMOTO



**PROPIEDAD:** **UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES (UBA) / UNIVERSIDAD ESTATAL A DISTANCIA (UNED) / CONSEJO DE FORMACIÓN EN EDUCACIÓN (CFE) / UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL (UTN)**

RLMS: LABSLAND (ESPAÑA-ESTADOS UNIDOS)



Este LR permite estudiar la relación entre el ángulo de incidencia y el ángulo de refracción de la luz en diferentes dioptrios (aire-acrílico, aire-agua, aire-aceite). La posibilidad de incidir desde el medio más refringente permite evidenciar el fenómeno de reflexión total interna.

**TIPO DE LR:** **LABORATORIO DIFERIDO / LABORATORIO EN TIEMPO REAL**

**LECTURA:** **DIRECTA**

**DISCIPLINA:** **FÍSICA**

**VERSIÓN DISPONIBLE:**  
**- LEY DE SNELL**

**.UBA FARMACIA Y BIOQUÍMICA**

 <b>20'</b> <small>MULTIUSUARIO O USUARIOS ACOTADOS</small>	 <b>6</b> <small>DURACIÓN DE LA SESIÓN</small>	 <b>2</b> <small>EXPERIENCIAS A REALIZAR</small>
 <b>3</b> <small>VISTAS DISPONIBLES</small>	 <b>1</b> <small>PANTALLAS</small>	 <b>1</b> <small>MODOS DE INTERACCIÓN</small>

Figura 2. Ficha técnica de laboratorio remoto: ley de Snell

Este LR fue desarrollado por la Universidad de Buenos Aires (UBA) de Argentina, la Universidad Estatal a Distancia (UNED) de Costa Rica, la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) de

Argentina y el Consejo de Formación en Educación (CFE) de Uruguay. Utiliza el RLMS provisto por Labsland.

Este LR es utilizado en la asignatura Física e Introducción a la Biofísica del CBC de la UBA, en la Cátedra Cisale, y en la asignatura Física B de las carreras de Farmacia, Bioquímica y Química de la Universidad Argentina John F. Kennedy. Cuenta con más de 6000 usos en el período 2021/2023.

Este LR tiene una versión como LD y otra LTR. La primera permite el acceso a múltiples usuarios al mismo tiempo. Al contrario, la segunda permite un solo usuario a la vez. El tipo de lectura en este LR es directo. Los estudiantes pueden observar el dispositivo desde una vista lateral (vista 1) y una vista cenital (vista 2) (Figura 2). Ambas vistas permiten observar el haz de luz colimada incidiendo en el dioptrio y leer los ángulos de incidencia, refracción y reflexión según corresponda. Durante los 20 minutos que dura la sesión los estudiantes pueden configurar las opciones posibles y observar la experiencia completa. El total de experiencias es 6. Este valor se calcula de la siguiente manera: el LR permite elegir entre 3 materiales (acrílico, agua y aceite) y configurar 2 posiciones (incidiendo en la cara rectangular plana del semicilindro o incidiendo en la cara curva).

El LR presenta tres pantallas ordenadas de manera secuencial. La primera cuenta con un video explicativo y una ilustración que muestra los diferentes instrumentos que componen el laboratorio. La segunda corresponde a la pantalla de configuración que permite al estudiante elegir entre 3 materiales posibles y 2 posiciones. Finalmente, la última pantalla titulada observación, incluye las vistas disponibles del LR y los modos de interacción con el laboratorio. En este caso se tiene un único modo de interacción a través de dos botones que modifican el ángulo de incidencia (izquierda y derecha). Al interactuar con estos botones se logra rotar el ángulo 10 grados.

### **Laboratorio Remoto: Campo Magnético**

El LR Campo Magnético (Figura 3) permite explorar la relación entre la intensidad del campo magnético asociado a un conductor rectilíneo y la distancia. La posibilidad de modificar la intensidad de corriente del conductor permite analizar otras relaciones.

LETICIA

## CAMPO MAGNÉTICO

### LABORATORIO REMOTO

**PROPIEDAD:** **UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES (UBA) / UNIVERSIDAD ESTATAL A DISTANCIA (UNED) / CONSEJO DE FORMACIÓN EN EDUCACIÓN (CFE)**  
 RLMS: LABSLAND (ESPAÑA-ESTADOS UNIDOS)

**TIPO DE LR:** **LABORATORIO DIFERIDO**

**LECTURA:** **MIXTA**

**DISCIPLINA:** **FÍSICA**

**VERSIONES DISPONIBLES:**  
 - **CAMPO MAGNÉTICO**  
 - **CAMPO MAGNÉTICO CON GRÁFICO**

**.UBA FARMACIA Y BIOQUÍMICA**

**20'**

MULTIUSUARIO

**4**

DURACIÓN DE LA SESIÓN

**2**

EXPERIENCIAS A REALIZAR

**3**

VISTAS DISPONIBLES

**2**

PANTALLAS

**2**

MODOS DE INTERACCIÓN

Figura 3. Ficha técnica de laboratorio remoto: campo magnético

Este LR fue desarrollado por la Universidad de Buenos Aires (UBA) de Argentina, la Universidad Estatal a Distancia (UNED) de Costa Rica y el Consejo de Formación en Educación (CFE) de

Uruguay. Utiliza el RLMS provisto por Labsland. Este LR es utilizado en la formación docente en Uruguay y en la asignatura Física C de las carreras de Farmacia, Bioquímica y Química de la Universidad Argentina John F. Kennedy. Cuenta con más de 1000 usos en el período 2021/2023.

Se trata de un LD que permite el acceso a numerosos usuarios al mismo tiempo. La lectura en el LR es mixta. Los estudiantes pueden leer en la regla de manera directa la distancia entre el sensor y el conductor en la vista 1e y acceder al valor del campo magnético observando el display en la vista 2 (Figura 3). La duración total de la sesión es de 20 minutos, tiempo suficiente para que los estudiantes configuren las opciones posibles y observen la experiencia completa. El total de experiencias a realizar es 4. El estudiante puede elegir entre diferentes intensidades de corriente (4A, 8A, 12A y 16A). Cabe aclarar que si bien existen dos versiones de este LR (una con gráfico y una sin gráfico) al poder elegir solo las mismas corrientes no se duplica el total de experiencias a realizar.

El LR muestra tres pantallas. La primera cuenta con un video explicativo y una ilustración de la composición del laboratorio. La segunda, configuración, permite que el estudiante elija entre 4 diferentes corrientes para llevar adelante la experimentación. Finalmente, la última pantalla, llamada observación, incluye las vistas disponibles del LR y los modos de interacción con el laboratorio. En este caso existen dos modos de interacción: uno a través un botón denominado acercar automáticamente y otra que recurre a un botón denominado acercar manualmente simbolizado con la letra "A". En ambos casos al interactuar con los botones logramos se logra mover el sensor de campo magnético sobre la regla.

#### **Laboratorio Remoto: Respiración Celular**

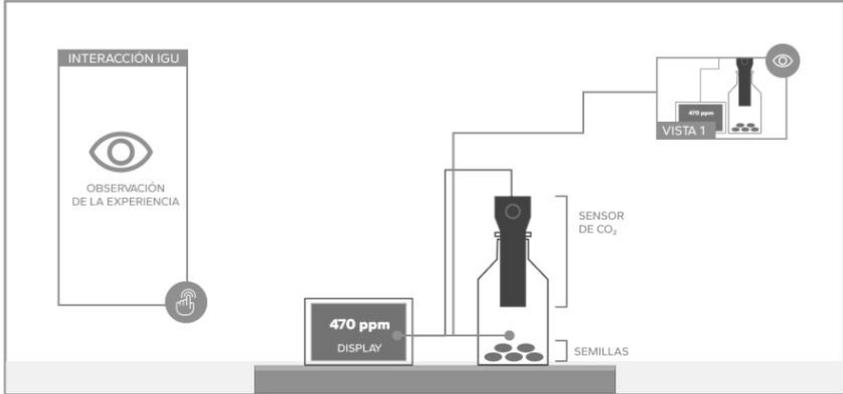
El LR Respiración Celular (Figura 4) permite determinar la tasa de liberación de dióxido de carbono asociada al proceso de respiración celular en semillas. La posibilidad de seleccionar distintos tipos de activación permite estudiar cómo se afecta el proceso.



# LETICIA

## RESPIRACIÓN CELULAR

### LABORATORIO REMOTO



PROPIEDAD: **UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES (UBA) / UNIVERSIDAD ESTATAL A DISTANCIA (UNED) / CONSEJO DE FORMACIÓN EN EDUCACIÓN (CFE)**  
RLMS: LABSLAND (ESPAÑA-ESTADOS UNIDOS)



TIPO DE LR: **LABORATORIO DIFERIDO**

LECTURA: **INDIRECTA**

DISCIPLINA: **BIOLOGÍA**

VERSIONES DISPONIBLES:  
- **RESPIRACIÓN CELULAR**  
- **RESPIRACIÓN CELULAR CON GRAFICO**

**.UBA** FARMACIA Y BIOQUÍMICA

Este LR permite determinar la tasa de liberación de dióxido de carbono asociada al proceso de respiración celular en semillas. La posibilidad de seleccionar distintos tipos de activación permite estudiar como se afecta el proceso.

 MULTIUSUARIO	 <b>20'</b> DURACIÓN DE LA SESIÓN	 <b>3</b> EXPERIENCIAS A REALIZAR
 <b>1</b> VISTAS DISPONIBLES	 <b>3</b> PANTALLAS	 <b>1</b> MODOS DE INTERACCIÓN

Figura 4. Ficha técnica de laboratorio remoto: respiración celular

Este LR fue construido por la Universidad de Buenos Aires (UBA) de Argentina, la Universidad Estatal a Distancia (UNED) de Costa Rica y el Consejo de Formación en Educación (CFE) de

Uruguay. Utiliza el RLMS de Labsland. Este LR es utilizado para la formación de docentes en Uruguay y Costa Rica. Cuenta con más de 500 usos en el período 2021/2023.

Se trata de un LD que permite el acceso a múltiples usuarios al mismo tiempo.

La lectura en el LR es indirecta. Los estudiantes pueden observar, a través de la vista 1, el display donde se indica la concentración de dióxido de carbono. La vista 1 se centra en observar el display, el recipiente con las semillas y el sensor (Figura 4). La duración total de la sesión es de 20 minutos, tiempo adecuado para realizar las experiencias. El total de experiencias a realizar es 3. El estudiante puede elegir entre 3 condiciones de activación (agua destilada, solución de ácido acético y semilla sin activar). Cabe aclarar que si bien existen dos versiones de este LR (una con gráfico y una sin gráfico) al tener las mismas opciones para la activación no se duplica el total de experiencias a realizar.

El LR muestra tres pantallas. La primera cuenta con un video explicativo y una ilustración del montaje. La segunda, configuración, permite que el estudiante elija entre 3 condiciones de activación para llevar adelante la experimentación. Finalmente, la última pantalla, denominada observación, incluye la única vista disponible del LR. En este LR no hay disponible botones o iconos para interactuar con el laboratorio. La única manera de interactuar es a través de la observación y el registro de la experiencia.

### **Conclusiones y Perspectivas**

Los LR descriptos se presentan como una alternativa para mantener la actividad experimental en entornos altamente tecnológicos. Las diferentes características técnicas, enunciadas en los párrafos anteriores para cada laboratorio, permiten a los estudiantes acercarse a la actividad experimental y trabajar la observación y otros procedimientos relacionados al quehacer experimental.

Como perspectivas de este trabajo, desde el CIAEC se constituyó una línea de investigación que encara el estudio del uso de los laboratorios remotos en educación superior. Bajo esta línea varios integrantes del centro se encuentran desarrollando sus tesis de maestría y doctorado. En el marco de las tesis de maestría se encuentran los trabajos de Florencia López (Dionofrio et al., 2021) quien analiza el rol que le otorgan los profesores a los LR en la enseñanza de la Física experimental y los trabajos de Fernando Capuya (Capuya et al., 2023) quien se enfoca en uso de laboratorios remotos por parte de estudiantes y profesores para la enseñanza de la Química. En cuanto a las tesis de doctorado, actualmente, Gabriel Medina se encuentra analizando las interfaces semióticas de los laboratorios remotos.

En suma, la investigación, el desarrollo y la innovación en el uso de LR en educación superior constituye una línea de trabajo que busca dar respuestas a necesidades emergentes de profesores y estudiantes en los nuevos contextos educativos. Este aporte a la didáctica de las ciencias naturales, que tomó fuerza en la pandemia, reviste importancia estratégica en la definición de las nuevas prácticas y modalidades de la educación científica.

## Referencias bibliográficas

- Arguedas-Matarrita, C., Orduña, P., Mellos, L., Conejo-Villalobos, M., Concari, S., Ureña, F., Bento da Silva, J., GarciaZubia, J., Rodriguez-Gil, L., Hernandez-Jayo, U., Marchisio, S. and da Mota Alves, J. (2019). Remote experimentation in the teaching of physics in Costa Rica: First steps. 2019 5th Experiment International Conference (exp.at'19). Funchal (Madeira Island), Portugal, 2019, pp. 208-212, <https://doi.org/10.1109/expat.2019.8876553>
- Capuya, F., Montero Miranda, E., Arguedas Matarrita, C., & Idoyaga, I. (2023). Laboratorios Remotos: Un recurso para el aprendizaje de la temática de gases en cursos universitarios masivos en Argentina durante la pandemia de la COVID. *Innovaciones Educativas*, 25(38), 246–262. <https://doi.org/10.22458/ie.v25i38.4121>
- Dionofrio, J., Moya, C. N., López, F., Maeyoshimoto, J., Lorenzo, G., & Idoyaga, I. (2021). Laboratorios remotos en la educación en física: la percepción de los estudiantes. *Revista De Enseñanza De La Física*, 33, 249–255. Recuperado a partir de <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/35570>
- Elisondo, R. C. y Chesta, R. (2022). *Innovar en tiempos de pandemia: rupturas necesarias y urgentes*. Anuario Digital De Investigación Educativa.
- Hodges, C. Moore, S. Lockee, B. Trust, T. y Bond, A (2020). *The Difference Between Emergency Remote Teaching and Online Learning*. EDUCAUSE Review.
- Idoyaga, I. (2023). El Laboratorio extendido: nuevas perspectivas para el diseño de la enseñanza de las ciencias naturales en contextos digitales. *Revista Innovaciones Educativas*, 25, 45-59.
- Idoyaga, I.; Moya, C. N.; Montero-Miranda, E. Sánchez-Brenes, R. Maeyoshimoto, J. E. y Arguedas-Matarrita, C. (2020). El Laboratorio Remoto de Validación Ácido-Base en Curso de Química en la Universidad. En Actas del XI Congreso Internacional ATICA2020 y VII Conferencia Internacional ATICAAcces2020. Veracruz.
- Kärkkäinen, K. y Vincent-Lancrin, S., (2013). Sparking Innovation in STEM Education with Technology and Collaboration: A Case Study of the HP Catalyst Initiative. OECD Education Working Papers, 91. DOI: <http://dx.doi.org/10.1787/5k480sj9k442-en>
- Scolari, C. A. (2018). *Las leyes de la Interfaz: diseño, ecología, evolución, tecnología*. Barcelona, España. Gedisa.

## Experiencia educativa para la enseñanza de la biodiversidad, en contexto de pandemia

María Emilia Ottogalli, Universidad Nacional de Córdoba

*Argentina*

### Resumen

La pandemia por COVID-19 se manifestó como consecuencia del desequilibrio provocado por una crisis ambiental- climática, debido a las acciones de los seres humanos. Para sobrellevarla, la sociedad adaptó sus actividades, entre ellas las escolares, en donde las propuestas pedagógicas migraron a la virtualidad, desafiando al profesorado a planificar actividades que integren las tecnologías de la información y la comunicación. Para varios autores, esta contingencia se presentó como una oportunidad para repensar las prácticas de enseñanza y de aprendizaje, otorgándole a las tecnologías digitales el lugar de mediadoras de los procesos educativos, así como una instancia para desarrollar propuestas contextualizadas, adaptadas al entorno cotidiano del estudiantado y que contribuyan a su formación como ciudadanos críticos. En ese marco, la biodiversidad surge como un tópico adecuado para ello, sumado a la relevancia que tiene para los seres humanos por los beneficios que les aporta y por las problemáticas que emergen, a consecuencia del deterioro de las relaciones entre los ecosistemas y los seres humanos. Por lo tanto, en este trabajo se presenta una secuencia de enseñanza y aprendizaje con actividades en línea para que el estudiantado se familiarice con algunas especies nativas de Córdoba, reconozca las causas de su disminución y las consecuencias en los ecosistemas locales. En la secuencia se alterna el uso de diferentes plataformas virtuales y modalidades (sincrónicas/ asincrónica, grupal/ individual) y su concreción posibilitó avances desde sus concepciones iniciales, así como establecer debates y reflexiones sobre el estado actual de la biota nativa.

*Palabras claves:* biodiversidad; tecnologías de la información y la comunicación; enseñanza en línea; Secuencia de enseñanza y aprendizaje; pandemia por COVID-19.

## Antecedentes

En el año 2020 el mundo se enfrentó a una crisis sanitaria debido a la irrupción de la enfermedad viral COVID-19, que fue atravesando fronteras entre países y terminó catalogándose como una pandemia. Este evento permitió visibilizar la complejidad de los vínculos entre los seres humanos con su entorno natural y evidenciar las consecuencias de una inadecuada relación. Para Cornejo et al. (2020) el surgimiento de esta pandemia se vincula con el estado desequilibrado que emerge de una crisis ambiental-climática global causada por la intervención de los seres humanos. Como consecuencia de ello diferentes organismos, como el Fondo Mundial para la Naturaleza (World Wildlife Fund - WWF), comenzaron a llamar la atención sobre el papel fundamental de conservar y mantener la naturaleza para sostener la salud humana y, por tanto, la vida en el planeta (Rincón Ariza, 2021).

El progreso de la pandemia se vio acompañado de una reorganización de las rutinas de los seres humanos, quienes debían quedarse en sus hogares, o al menos quienes tenían la posibilidad de hacerlo, hasta que pasara esa situación y adaptar las actividades a la virtualidad. Una de las consecuencias de esto fue la pérdida del espacio escolar y del aula, lo que, a su vez, derivó en diversas situaciones imprevistas. Por un lado, la necesidad de hacer frente a estudiantes acostumbrados al uso de las tecnologías pero no necesariamente con el conocimiento para utilizarlas en sus aprendizaje, docentes que, con o sin conocimiento de esas tecnologías, debieron migrar sus clases a escenarios digitales en un tiempo récord, adultos sobrecargados de actividades laborales que además debían hacer un acompañamiento de los procesos escolares de los niños y niñas a cargo (Díaz-Barriga, 2020) o familias que no podían hacerlo ya sea por impedimentos laborales o académicos, como por ejemplo, no haber terminado el secundario.

Sumado a todo ello, la ausencia a las clases presenciales obligó a las instituciones escolares a reorganizarse. Así, cada escuela debió diseñar propuestas que permitieran la continuidad del trabajo escolar durante el tiempo de aislamiento, apoyándose en las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) (Barrón Tirado, 2020).

Si bien el uso de las TIC no era una novedad en el ámbito educativo, cobraron un rol protagónico ineludible durante el tiempo de pandemia. Así, desde una perspectiva sociocultural, Ocelli y García (2018), refieren que las TIC pueden considerarse como herramientas culturales mediadoras de las acciones humanas y del aprendizaje, ya que permiten acceder a información, interactuar con ella, problematizar, crear o discutir con otros, etc. Sin embargo, como menciona Barrón Tirado (2020) las TIC por sí solas no tienen una función pedagógica, su uso no siempre conlleva procesos pedagógicos innovadores y muchas veces terminan convirtiéndose solo en un elemento didáctico que no llega a modificar de fondo las prácticas educativas. Por ello, para que se genere una integración efectiva de las TIC a los procesos de enseñanza y de aprendizaje, es necesario, no sólo su inclusión, sino reconocer que implica un ejercicio intelectual y que se debe poner en juego el conocimiento disciplinar, pedagógico y tecnológico que posee cada docente (Manso et al., 2011, citado en Ocelli y García Romano, 2018).

Esto último pone en evidencia que los procesos de enseñanza requieren formación y profesionalización, reivindicando así la función docente. En el desarrollo de su tarea el

profesorado pone en juego características personales o rasgos propios de la enseñanza de su asignatura, pero también capacidades propias de la actividad de enseñar, como la planificación, la evaluación, la coordinación de la dinámica grupal, la organización y disciplina y la actividad institucional, entre otras (Feldman, 2010).

En ese sentido, los y las docentes eligen los contenidos y planifican sus clases teniendo en cuenta el grupo de estudiantes a los cuales está dirigida la enseñanza. Sin embargo, la pandemia obligó a las instituciones escolares, y por ende a los docentes, a revisar las prioridades pedagógicas. Así, en muchos casos, los objetivos de la enseñanza y de los aprendizajes priorizaron el cumplimiento de los contenidos estipulados en el diseño curricular, el desarrollo de programas ya establecidos y la asignación de las calificaciones correspondientes.

Si bien es una realidad que la sociedad debió hacer frente a situaciones complejas y adaptarse a eventos imprevistos a medida que la pandemia transcurría, en algunos casos también surgieron oportunidades de cambio o desarrollo. En el contexto educativo, esta situación sanitaria podría haber sido un momento para analizar las opciones de aprendizaje que esta circunstancia ofrecía al estudiantado (Díaz- Barriga, 2020), tomar el imprescindible uso de las TIC como una oportunidad para repensar las prácticas de enseñanza y de aprendizaje, otorgándoles el lugar de mediadoras de los procesos educativos (Ocelli y García Romano, 2018) o emplear la pandemia para reflexionar sobre la enseñanza centrada en contenidos disciplinarios alejados de la realidad (Barrón Tirado, 2020).

En relación a esta última idea, Catret et al. (2013) destacan que no es posible pensar en los procesos de enseñanza y de aprendizaje de las ciencias de manera descontextualizada, entendiendo por contextualizar la posibilidad de relacionar la ciencia con la vida cotidiana del estudiantado y que cobre sentido luego en su vida personal, profesional y social. Es decir, una enseñanza que les permita formarse como ciudadanos críticos con la posibilidad de intervenir en la sociedad en la que viven. En esta línea, Bermudez et al. (2020) reflexionan y recuperan la necesidad de una “Didáctica en el territorio” (p.8) que contextualiza las prácticas de enseñanza en problemáticas socioambientales cotidianas, orienta la acción docente hacia prácticas que contemplen dimensiones humana y político-social de la enseñanza, alejándola de enfoques instrumentalistas de la enseñanza y otorga al profesorado la capacidad y libertad de adaptar sus contenidos, más “desde el borde de lo explicitado o prescripto” (p. 9), considerando a las problemáticas del contexto como vías de ingreso para pensar esos contenidos y actividades, y que a su vez promueven la formación de ciudadanos críticos.

Si bien se podrían destacar diversas problemáticas para abordar una enseñanza contextualizada, en este trabajo se considera, como Bermudez et al. (2020), que las cuestiones referidas a la biodiversidad propician el marco ideal para ello ya que conjugan contenidos disciplinares de biología con prácticas socioculturales.

Respecto a la biodiversidad, es un constructo que ha atravesado un proceso de revisión de su significado a lo largo de la historia (Bermudez et al., 2021), trascendiendo los límites científicos para instalarse como un concepto estructurante en la enseñanza de la biología y llegando a integrarse en las discusiones socio-políticas y culturales (Díaz et al., 2015).

Para la Plataforma Intergubernamental sobre Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos (IPBES, por su sigla en inglés), la BD se define como:

La variabilidad de los organismos vivos a todos los niveles, incluyendo, entre otros, ecosistemas terrestres, marinos y otros sistemas acuáticos, y los complejos ecológicos de los que forman parte. Esto incluye variación en las características genéticas, fenotípicas, filogenéticas y funcionales, como así también cambios en abundancia y distribución en el tiempo y el espacio dentro y entre especies, comunidades biológicas y ecosistemas. (Díaz et al., 2015, p. 12).

Esta BD es importante para los seres humanos porque ofrece beneficios ecosistémicos como el agua y alimentos, control del clima y enfermedades, generación de la fertilidad, valor espiritual, recreacional o estético y, porque, además, aporta beneficios que tienen que ver con los sentimientos que provocan diferentes especies o paisajes (Pérez-Harguindeguy et al., 2015).

Por otro lado, la BD es un tópico de interés para la sociedad por las problemáticas que emergen, a consecuencia del deterioro de las relaciones entre los ecosistemas y los seres humanos (Bermudez y De Longhi, 2015; Santos y Salcedo, 2014), creando desequilibrios en el hábitat y generando nuevas y desconocidas amenazas para el ser humano (Cornejo et al., 2020) como la pandemia de la COVID – 19. En ese sentido, la IPBES señala que los estudios realizados en la última década evidencian un descenso cada vez más rápido en la cantidad y la calidad de los recursos y la diversidad de las especies, a causa de diversos factores como los cambios en el uso de la tierra y los mares, el aumento en la explotación de los recursos y los organismos, el cambio climático, la contaminación y las especies exóticas invasoras (Cornejo et al., 2020). Además de ello y desde una dimensión sociocultural de la BD (Castro Moreno et al., 2021), diversos autores alertan la erosión de los conocimientos ancestrales como consecuencia de luchas de poder, asimetrías de conocimientos y del empleo de prácticas cuestionables sobre los pobladores originarios (Maffi, 2005; Toledo y Barrera-Bassols, 2008 citados en Pérez Mesa, 2019).

En el ámbito de la investigación educativa se destacan varios trabajos relacionados a la enseñanza y el aprendizaje de la BD. Por ejemplo, un estudio llevado a cabo en Brasil evidenció que, durante la enseñanza de este constructo, independientemente del nivel educativo, predominaban las explicaciones biológicas-ecológicas por sobre las socio-culturales (Orozco Marín, 2017). En Colombia detectaron que estudiantes de noveno básico (14 años) homologaban el concepto BD con el componente específico y tenían un desconocimiento de la biota local (De La Cruz y Pérez, 2020). Así mismo, en Argentina, un estudio desarrollado con estudiantes de escuelas secundarias (11 a 17 años) comprobó la influencia de los contextos socioculturales y socioeconómicos del estudiantado al identificar especies vegetales y animales (Bermudez et al., 2017, 2018; Bermudez y Lindemann-Matthies, 2020). Además, en el mismo país, se detectó que estudiantes de secundaria tenían un conocimiento más pobre de la flora sobre la fauna (Bermudez et al., 2018, 2022), exhibiendo un fenómeno denominado como *ceguera hacia las plantas*. Este término fue enunciado por Wandersee y Schussler (2001), quienes lo caracterizan como la imposibilidad de ver o centrar la atención en las plantas, considerarlas únicamente como telón de fondo de la vida animal, pasar por alto su importancia o la falta de experiencia al identificarlas.

Sin dudas, se necesita más investigación sobre cómo abordar la enseñanza de conceptos que presentan dificultad al estudiantado y que son importantes para comprender el concepto de biodiversidad (Orozco Marín, 2017), así como materiales didácticos con referencias directas al uso del entorno local (Catret et al., 2013).

Al enseñar BD, particularmente su conservación es importante planificar un recorrido didáctico que acerque al estudiantado a la BD nativa, la problemática de su conservación, sus comportamientos, las interacciones de los ecosistemas, las consecuencias de las perturbaciones provocadas por el ser humano sobre los ecosistemas, entre otros aspectos (Campos, 2012). Además, de ello, Catret et al. (2013) subraya la importancia del uso del entorno local en la contextualización de la enseñanza de las ciencias, manifestando que no se puede plantear una enseñanza de las ciencias al margen del contexto de cada estudiante y que utilizar el entorno local como contexto permite integrar el pensamiento cotidiano con el científico y ofrece un enfoque globalizador al integrar elementos naturales como sociales y culturales.

Es así que, para este trabajo se propuso el diseño, implementación y evaluación de una secuencia de enseñanza y de aprendizaje, para el abordaje de la BD nativa de la provincia de Córdoba (Argentina) y las problemáticas que la atraviesan, mediadas por tecnologías educativas, en el contexto de enseñanza remota provocado por la pandemia de COVID-19.

### **Desarrollo de la experiencia**

Este trabajo se desarrolló desde un paradigma cualitativo de la investigación, a partir del diseño de una *secuencia de enseñanza y aprendizaje* (SEA). Para el desarrollo de la misma, participaron 70 estudiantes de primer año (12 y 13 años), que asisten a una escuela ubicada en la provincia de Córdoba, Argentina. La SEA se realizó en el marco de la asignatura biología, como se mencionó anteriormente, tuvo su despliegue durante el año 2020, en pleno desarrollo de la pandemia de COVID-19. La duración fue de 2 meses y estuvo mediada por las TIC.

Las actividades de la SEA se dividen en dos fases: (1) la de diseño, donde el grupo de investigación planifica las SEA, (2) la de prueba, en la que se estudia el funcionamiento en la práctica, con su posterior evaluación. A continuación, describiremos la segunda fase desde el momento en que se pone a prueba la SEA, con sus resultados y reflexiones que surgen de ello.

En ese sentido, el inicio de la secuencia se llevó a cabo a través del servicio de videoconferencia Google Meet, en donde a través de una videollamada, se presentó al grupo de estudiantes una dinámica lúdica que permitió exteriorizar los conocimientos sobre especies nativas, tanto de plantas como de animales. La misma se desarrolló en la plataforma Quizizz e incluyó actividades de opción múltiple o espacios vacíos para completar el nombre de la especie. En el juego se presentaban especies de aves, mamíferos y especies vegetales. Esta actividad permitió exponer que el grupo de estudiantes reconoció especies como el hornero (*Furnarius rufus*), el espinillo (*Acacia caven*) o el puma (*Puma concolor*). Sin embargo, desconocían el nombre de otros animales como el Aguará guazú (*Chrysocyon brachyurus*), el carancho (*Caracara plancus*), la corzuela (*Mazama gouazoubira*), o especies vegetales como el

aguaribay (*Schinus molle*) o el piquillín (*Condalia microphylla*). Para conversar sobre estos resultados, luego de finalizar el juego, la docente y el grupo dialogaron mediante una videollamada sobre las especies que habían identificado, aquellas que desconocían y las posibles causas de ello. Así, el estudiantado manifestó que la mayoría de las especies identificadas se debía a la cercanía con su contexto cotidiano, como su observación en las plazas, jardines de los hogares, visitas a zonas serranas o por verlas en carteles o televisión. Además, en algunos casos manifestaban haber visto determinada especie, pero desconocían el nombre de la misma, como el caso del carancho, o en otros casos las confundían con especies que habitan otras zonas geográficas, como, por ejemplo, la corzuela con el venado de cola blanca (*Odocoileus virginianus*).

Posteriormente, y con el propósito de comenzar a presentar el nuevo conocimiento, se desarrollaron diferentes actividades. La segunda actividad de la SEA se desarrolló de manera asincrónica virtual. Se presentó una consigna a través del servicio web educativo Google Classroom en donde se ofreció un link<sup>1</sup> a una imagen interactiva diseñada por la docente en la plataforma Genially y en donde se les solicitaba realizar un recorrido virtual a través de ella. En este recorrido se iba guiando por algunas áreas protegidas de la provincia de Córdoba (Reserva natural y cultural Cerro Colorado, Reserva natural bañados del Río Dulce y Laguna Mar Chiquita<sup>2</sup>, Parque Nacional Quebrada del Condorito). Esta actividad buscaba complementar y profundizar las ideas iniciales sobre especies nativas ya que en cada parada del recorrido se podía acceder a videos y páginas oficiales de las áreas protegidas que presentan la flora y fauna del lugar. Luego de ello y como parte de la misma consigna, cada estudiante debía seleccionar una o dos especies nativas que hayan llamado su atención y que era desconocida por ellos hasta el momento, buscar la imagen y colocarlas en un “corcho virtual” para ser compartida con todo el curso, utilizando la plataforma Lino (Figura 1).

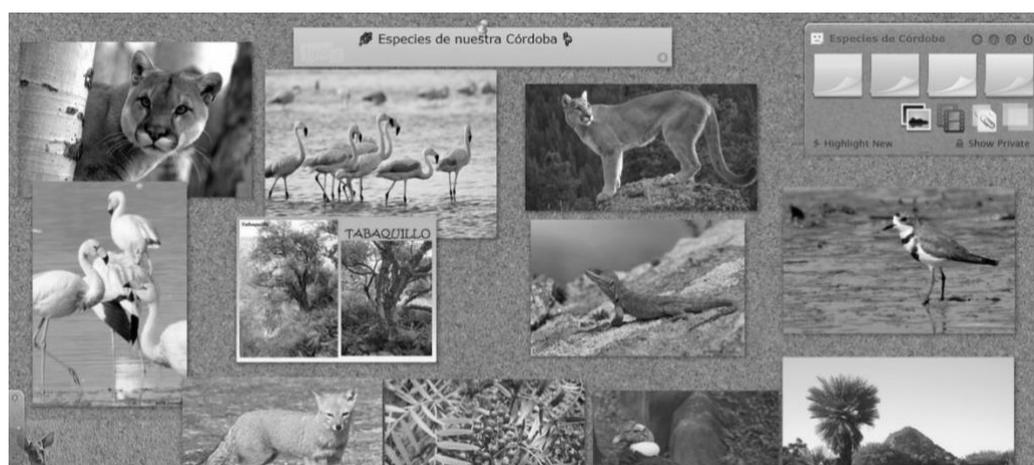


Figura 1: Captura de pantalla de una parte del corcho virtual realizado por el estudiantado.

<sup>1</sup> Link a la imagen interactiva: (<https://view.genial.ly/5f4a6be5c736ca0d8fd5ca58/interactive-image-reservas-y-parques-de-cordoba>).

<sup>2</sup> En el año 2020 conservaba ese nombre, luego en el año 2022 pasó a convertirse en Parque Nacional Ansenusa.

En el marco de la tercera actividad de la SEA, la docente presentó al grupo de estudiantes algunas noticias periodísticas que abordaban diversas problemáticas que atraviesan las especies de plantas y animales nativos de Córdoba. Fueron seleccionadas aquellas que le permitieran al estudiantado dar cuenta de las especies que se encuentran en peligro de extinción, las causas de su disminución y los riesgos que todo ello genera en los ecosistemas nativos. Posterior a la lectura, se realizó una charla debate virtual a través de *Google Meet* para compartir las ideas que habían surgido de la lectura y reflexionar sobre el vínculo de los seres humanos con el medio que nos rodea, la implicancia de nuestras acciones en la biota nativa y la necesidad de generar vínculos más armónicos con nuestro medio natural.

Luego se presentó por Google Classroom la cuarta actividad de la SEA, en donde cada estudiante debía redactar una carta dirigida al gobernador de la provincia de Córdoba (Figura 2), solicitando el desarrollo de acciones para conservar nuestras especies nativas, remarcando la importancia de esa conservación tanto para el ecosistema como para los seres humanos que lo habitamos y mencionando las consecuencias de la disminución de estas especies en los ecosistemas de nuestra provincia.

<p style="text-align: right;">Córdoba, 29 de junio de 2020</p> <p>Señor Gobernador de la Provincia de Córdoba Cr. Juan Schiaretti S / D</p> <p>De mi mayor consideración:</p> <p>Me dirijo a Usted por medio de la presente carta, con el objetivo de sugerirle que revise y tome una mayor importancia en la agenda provincial, la situación actual de los bosque nativos de nuestras Sierras.</p> <p>La situación actual de las sierras es muy grave debido a que las especies exóticas no le dejan suficiente espacio para vivir a las especies nativas, una de las grandes consecuencias son: La pérdida de la biodiversidad, el cambio del paisaje, cambio de conductas de algunos animales, degradación de suelo y es un problema cuando hay incendios.</p> <p>Sería importante que la dependencia Córdoba Ambiente elabore un plan para ayudar a esas zonas afectadas. Se podría sacar las especies exóticas y suplantirlas por especies nativas. También sería importante educar a la población de las Sierras para que no talen los árboles.</p> <p>Sin otro particular saludo a Usted.</p>	<p style="text-align: right;">01 de Julio de 2020.-</p> <p>Señor Gobernador Juan Schiaretti</p> <p>Me dirijo a usted con motivo de expresar los fundamentos por los cuales considero que todos los ciudadanos debemos cuidar y proteger el medio ambiente. Es fundamental cuidar las especies nativas porque son importantes para mantener la estabilidad de los ecosistemas (cadena alimenticia). Las Plantas nativas tienen propiedades curativas, nutritivas, energéticas que están al alcance de las personas.</p> <p>En caso de que se sigan talando o dejando crecer las especies exóticas, como está sucediendo en la actualidad, se van a extinguir por completo las especies nativas, provocando que cada vez que una especie desaparece se genera un desequilibrio en su ecosistema, ocasionando la muerte de otros animales o la superpoblación de otra especie, lo que hace que el nicho o espacio donde estos seres interactúan sufra grandes cambios que pueden incluso afectarnos a nosotros.</p> <p>Por todo esto es que quería pedirle que se prohíba que se planten especies exóticas en ciudades cerca de las sierras y en las banquinas de las rutas e incentivar el uso de especies nativas y su producción en viveros, para poder cuidar más nuestro ecosistema.</p> <p>Sin otro particular, lo saludo atentamente.</p>
<p>Estimado Sr. Gobernador, Juan Schiaretti:</p> <p>Me dirijo a Usted para pedirle haga todo lo que esté a su alcance para cuidar nuestros ecosistemas nativos.</p> <p>La flora y fauna de nuestra provincia se ve amenazada cada vez que se introducen especies exóticas, que alteran el equilibrio de los ecosistemas.</p> <p>Por favor, le solicito que hagan campañas de prevención para que la gente tome conciencia de la gravedad de este problema que amenaza las especies nativas y también nuestros, suelos y ríos.</p>	

Figura 2. Cartas elaboradas por algunos estudiantes y dirigidas al gobernador de la provincia de Córdoba.

Continuando con la SEA y como parte de la quinta actividad que formaba parte del cierre, docente y estudiantes seleccionaron siete especies nativas de animales consideradas en peligro o en estado vulnerable en nuestra provincia: guanaco (*Lama guanicoe*), pecarí quimilero (*Catagonus wagneri*), aguará guazú (*Chrysocyon brachyurus*), tapetí (*Sylvilagus brasiliensis*), carpincho (*Hydrochoerus hydrochaeris*), vizcacha (*Lagostomus maximus*) y corzuela parda (*Mazama gouazoubira*). A continuación, se realizó una división de grupos y a cada uno se les asignó un animal. Luego, cada grupo recibió algunas preguntas que pretendían orientar la búsqueda de información hacia la alimentación, hábitos, características físicas, entre otros, de cada animal. Una vez finalizado el trabajo con las preguntas, la docente asignó a cada grupo un juego prediseñado de la plataforma Genially. A partir de ello, y con la información recolectada, cada grupo debía elaborar las consignas y preguntas para cada juego. Luego, acompañados por la docente, colocaron esa información en las plantillas prediseñadas de cada juego.

La institución educativa en donde se realizó la SEA, cuenta con el museo escolar “Madre Catalina” (<http://colegiodemaria.edu.ar/memc/>), el cual participa del evento “La Noche de los Museos” que se realiza todos los años en Córdoba, en donde las personas pueden acceder de manera gratuita a los distintos museos de la ciudad. Debido al contexto de pandemia, la participación durante el año 2020 fue virtual, lo que permitió compartir con la comunidad en general y la educativa en particular, lo trabajado durante el tiempo de clase. Se presentaron los juegos, acompañados de unas fichas en donde se encontraba la información recopilada por los grupos para cada animal, para que, al jugar, las personas pudieran contar con algún conocimiento previo sobre cada animal. Los links a los juegos y las fichas pueden encontrarse en la página del museo (<http://colegiodemaria.edu.ar/memc/juego-cuanto-nos-conocemos/>).

### **Análisis y evaluación de la SEA**

Para el análisis y evaluación de la SEA se consideraron como unidades de análisis e indicadores la evolución de sus ideas previas, las producciones realizadas por los estudiantes a partir de las diferentes plataformas digitales, los momentos de discusiones y generación de acuerdos a través de la plataforma Meet y la grabación de esas instancias.

Si bien al realizar la actividad con la plataforma Quizizz algunos estudiantes reconocieron especies nativas como el hornero (*Furnarius rufus*) o el puma (*Puma concolor*), en instancias posteriores, como las actividades en la plataforma Lino o los debates, se evidenció un mayor reconocimiento de especies nativas antes no mencionadas como el flamenco austral (*Phoenicopterus chilensis*), el aguará guazú (*Chrysocyon brachyurus*) o la pasionaria (*Passiflora caerulea*). No obstante, prevalece el conocimiento de las especies animales por sobre las vegetales.

Además, la lectura de noticias informativas y los debates previos permitieron reflexionar sobre la situación actual de algunas especies nativas, el rol que tienen diversos actores sociales en las problemáticas que atraviesan esas especies, así como las consecuencias para el ecosistema como para los seres humanos. Todo ello se vio reflejado luego en la rescritura de las cartas.

Por último, la elaboración de los juegos virtuales fue una actividad que motivó al grupo de estudiantes y permitió informar a la comunidad sobre algunas especies propias de nuestra provincia, así como comunicar el peligro que atraviesan.

### Conclusiones y perspectivas

Este trabajo hizo frente a la enseñanza mediada por la virtualidad impuesta por la pandemia, evidenciando la posibilidad de diseñar, implementar y evaluar una SEA, enriquecida con tecnologías educativas desde un rol que acompañe la construcción de saberes y no quede limitada a herramientas de soporte. Además, se permitió la manifestación de ideas previas y su resignificación a partir de las actividades realizadas, y se apostó a la contextualización de los aprendizajes del estudiantado al abordar las problemáticas que atraviesan las especies nativas de la provincia de Córdoba.

Es importante continuar desarrollando proyectos de enseñanza y de aprendizaje, así como investigaciones, para formar ciudadanos comprometidos con el planeta, capaces de participar en acciones sociales en pos de lograr vínculos respetuosos con el medio que nos rodea, que promuevan cambios en las vinculaciones con el medio en que habitamos y generen acciones perdurables para conservar la biodiversidad.

### Referencias bibliográficas

- Barrón Tirado, M.C. (2020). La educación en línea. Transiciones y interrupciones. La escuela ausente, la necesidad de replantear su significado. En J. Girón Palau (Ed.), *Educación y pandemia. Una visión académica* (pp. 66-74). iisue.
- Bermudez, G. M. A., & Lindemann-Matthies, P. (2020). —What matters is species richness||— High school students' understanding of the components of biodiversity. *Research in Science Education*, 50(6), 2159–2187. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9767-y>
- Bermudez, G. M. A., Battistón, L. V., García Capocasa, M. C., & De Longhi, A. L. (2017). Sociocultural variables that impact high school students' perceptions of native fauna: a study on the species component of the biodiversity concept. *Research in Science Education*, 47(1), 203-235. <https://doi.org/10.1007/s11165-015-9496-4>
- Bermudez, G. M. A., Díaz, S., & De Longhi, A. L. (2018). Native plant naming by high-school students of different socioeconomic status: Implications for botany education. *International Journal of Science Education*, 40(1), 46–66. <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1397297>
- Bermudez, G. M. A., Ottogalli, M. E., Cisnero K. G., & García, L. P. (2021). Educación en biodiversidad en clave latinoamericana. En E.F. Amórtegui Cedeño y J.A Mosquera (Ed.), *Didáctica de las Ciencias Naturales: perspectivas Latinoamericanas. Aportes a la formación del profesorado y la educación científica* (pp.44-68). Editorial Universidad Surcolombiana.

- Bermudez, G. M. A., Perez-Mesa, R., & Ottogalli, M. E. (2022). Biodiversity knowledge and conceptions in Latin American: Towards an integrative new perspective for education research and practice. *International Journal of Education in Mathematics, Science, and Technology*, 10(1), 175-217. <https://doi.org/10.46328/ijemst.2105>
- Bermudez, G.M.A. & De Longhi, A.L. (2015). *Retos para la enseñanza de la biodiversidad hoy. Aportes para la formación docente*. Universidad Nacional de Córdoba.
- Bermudez, G.M.A., García, L.P., & Cisnero, K.G. (2020). Didáctica de las ciencias naturales para una ciudadanía crítica y democrática. Reflexiones y prácticas en el contexto de problemáticas sociocientíficas. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências* (Belo Horizonte), 22, e16190. <https://doi.org/10.1590/21172020210132>
- Campos, C. M. (2012). Los niños y la biodiversidad: ¿qué especies conocen y cuáles son las fuentes de conocimiento sobre la biodiversidad que utilizan los estudiantes? Un aporte para definir estrategias educativas. *Boletín Biológica*, 24, 4-9. Disponible en: [https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/48441/CONICET\\_Digital\\_Nro.30771e74-d156-4339-9336-48ac7306753c\\_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/48441/CONICET_Digital_Nro.30771e74-d156-4339-9336-48ac7306753c_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- Castro Moreno, J. A., Valbuena Ussa, É. O., Escobar Gil, G. I., Roa Acosta, R., & López Roa, L. M. (2021). Multidimensionalidad de la biodiversidad. Aportes a la formación inicial de profesores de biología en Colombia. *Tecné, Episteme y Didaxis*, (50), 131-148. <https://doi.org/10.17227/ted.num50-11978>
- Catret, M., Gomis, J., Ivorra, E., & Martínez, J. (2013). El uso del entorno local en la formación científica de los futuros docentes. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas, Extraordinario*, 749-753. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/295131/383778>
- Cornejo, A., Saldívar, I., Tórrez, M. & Vammen, K. (2020). Desequilibrio ambiental y la pandemia de COVID-19. En J.A. Huete-Pérez & M. Ortega Hegg (Eds.), *COVID-19. El caso de Nicaragua. Aportes para enfrentar la pandemia*, 2ª edición (pp. 126-136) Academia de Ciencias de Nicaragua.
- De La Cruz, L. & Pérez, N. (2020). El saber escolar en biodiversidad en clave para resignificar su enseñanza. *Praxis & Saber*, 11(27), e11167. <https://doi.org/10.19053/22160159.v12.n28.2021.11167>
- Díaz, S., Demissew, S., Carabias, J., Joly, C., Lonsdale, M., Ash, N., Larigauderie, A., Adhikari, J. R., Arico, S., Báldi, A., Bartuska, A., Baste, I. A., Bilgin, A., Brondizio, E., Chan, K. M. A., Figueroa, V. E., Duraiappah, A., Fischer, M., Hill, R., ... Zlatanova, D. (2015). The IPBES conceptual framework—Connecting nature and people. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 14, 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2014.11.002>
- Díaz-Barriga, A. (2020). La escuela ausente, la necesidad de replantear su significado. En J. Girón Palau (Ed.), *Educación y pandemia. Una visión académica* (pp. 19-29). iisue.
- Feldman, D. (2010). La enseñanza. En: D. Feldman (Ed.), *Didáctica General. Aportes para el desarrollo curricular* (pp. 13-19). Ministerio de Educación de la Nación.

- Maffi, L. (2005). Linguistic, cultural, and biological diversity. *The Annual Review of Anthropology* 29, 599-617. <https://doi.org/10.1146/annurev.anthro.34.081804.120437>
- Manso, M., Pérez, P., Libedinsky, M., Light, D., & Garzón, M. (2011). Las TIC en las aulas. Experiencias latinoamericanas. Paidós
- Ocelli, M. & García Romano, L. (2018). Los docentes como autores en la integración de las TIC. En: Ocelli, M. et al. (Comps.). *Las tecnologías de la información y la comunicación como herramientas mediadoras de los procesos educativos. Fundamentos y reflexiones*, 1ª edición (pp. 39-50). Bellaterra.
- Orozco Marín, Y. A. (2017). O ensino da biodiversidade: tendências e desafios nas experiências pedagógicas. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 12(2), 173-185. <http://doi.org/10.14483/23464712.11599>
- Pérez Mesa, M. R. (2019). Concepciones de biodiversidad y prácticas de cuidado de la vida desde una perspectiva cultural. *Tecné Episteme y Didaxis*, (45), 17–34. <https://doi.org/10.17227/ted.num45-9830>
- Pérez-Harguindeguy, N., Enrico, L., & Díaz, S. (2015). ¿Qué es la diversidad biológica? (y por qué nos importa, cómo se genera y cómo se mide). En G.M.A. Bermudez & A.L. De Longhi (Eds.), *Retos para la enseñanza de la biodiversidad hoy. Aportes para la formación docente* (pp 25-55). Universidad Nacional de Córdoba.
- Rincón Ariza, D. (2021). El contexto de la pandemia, una oportunidad pedagógica para fortalecer la biodiversidad y la cultura. *Revista PACA* 11, 197-213. <https://doi.org/10.25054/2027257X.3291>
- Santos, I.E.M. & Salcedo, M.D.L.C.G. (2014). El reto de educar para la conservación de la biodiversidad. *Transformación*, 10(1), 14-28.
- Toledo, V. M., & Barrera-Bassols, N. (2008). *Memoria biocultural. La importancia ecológica de las sabidurías tradicionales*. Icaria.
- Wandersee, J. H., & Schussler, E. E. (2001). Toward a theory of plant blindness. *Plant Science Bulletin*, 4, 2–9.

## Concepciones alternativas para comprender el cambio climático a través de modelos experimentales desarrollados en pandemia

Bárbara Ossandón Buljevic, Universidad de Santiago de Chile

Nelson Mayorga Sariego, Universidad de Santiago de Chile

Rodrigo Flores Zúñiga, Universidad de Santiago de Chile

*Chile*

### Resumen

Las concepciones alternativas forman parte fundamental de las experiencias de laboratorio que se presentan en este proyecto de innovación en el aula (PID N°005-2018), aplicado en el período 2020-2022 a estudiantes de Pedagogía en Física y Matemática de la Universidad de Santiago de Chile, en la asignatura de Termo-Fluidos. Surge ante la necesidad de desarrollar competencias, durante la pandemia, relacionadas con educación ambiental para contribuir a lo que se denomina formación eco ciudadana. Se propuso crear una propuesta educativa con actividades desarrolladas en el hogar con elementos de la vida cotidiana, focalizadas en sus concepciones alternativas para lograr la comprensión y apropiación de conceptos básicos de la física y de fenómenos relacionados con el ciclo del agua, modelos de clima y cambio climático. Considera el trabajo colaborativo online de actividades experimentales para que, a partir de sus ideas previas, evalúen las evidencias recogidas y las analicen críticamente con sus pares, de tal manera que les permita no solo asimilar el nuevo conocimiento sino producir su acomodación y cambio conceptual. La educación STEEM integrada y la estrategia Enseñanza de la Ciencia Basada en Indagación sustentan la propuesta educativa. Son tres las sesiones de 180 minutos cada una que la componen y 16 las concepciones alternativas desarrolladas. La propuesta educativa fue, en general, positivamente valorada por tres expertos. Actualmente, forma parte del laboratorio de la asignatura en un formato híbrido (presencial y online) integradas a actividades experimentales desarrolladas previamente a la pandemia.

*Palabras Clave:* concepción alternativa, cambio climático, modelos experimentales, ciclo del agua, pandemia.

## Introducción

Una revisión crítica del Plan de Estudios de la Carrera mencionada detectó la necesidad de hacerse cargo, en pandemia, de la educación ambiental. La temática cambio climático y las concepciones alternativas asociadas no estaban suficientemente abordadas, a pesar de que en las asignaturas *Bases Físicas de los Seres Vivos y su Medio Ambiente* y *Termo-Fluidos* la incluían.

Múltiples organismos nacionales e internacionales relevan la importancia de la crisis climática de impacto eco social. En particular, la Agenda 2030 de las Naciones Unidas (2018) en el Objetivo de Desarrollo Sostenible N°13: “Acción por el Clima” propone “adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos”. Asimismo, el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, 2021) avanza con objetivos relacionados con la acción humana: mitigación y adaptación al cambio climático desde la esfera global hasta la local (“glocal”). Por su parte, Bello et al. (2021) son categóricos cuando se refieren a la urgencia de elevar la conciencia ciudadana para que el ser humano actúe responsablemente con la naturaleza y seres vivos y, plantean que la formación eco ciudadana es de central importancia, al menos por dos razones:

“la etapa crítica en la que se encuentran los y las estudiantes (adolescentes) que la cursan (alcanzan su madurez cognitiva y moral) y la alta probabilidad para muchos de ellos y ellas de que sea la última oportunidad para conectar con la amenaza climática dentro del sistema educativo”. (p.153)

En consistencia con lo anterior, este proyecto se propuso lograr una adecuada transposición didáctica de temáticas relacionadas con la crisis eco social climática tributando a objetivos de aprendizaje de las Bases Curriculares 3º y 4º medio (MINEDUC, 2019), módulo *Ambiente y Sostenibilidad* del curso *Ciencias para la Ciudadanía* y, a los objetivos de la unidad N°3. Cambio Climático: “Del Saber a la Acción Sostenible” de la asignatura de Física, Plan Diferenciado, Formación Científica y Humanista. En particular, contribuye tanto al logro de objetivos de aprendizaje de contenidos de este Plan, a saber: “modelar los efectos del cambio climático en diversos ecosistemas (...) y evaluar posibles soluciones para su mitigación” como a habilidades: “recoger evidencias y contrastar hipótesis, con apoyo de herramientas tecnológicas y matemáticas”.

La pandemia significó un cambio drástico en el devenir de este proyecto ideado para desarrollarse con actividades experimentales presenciales. Es aquí cuando surgen como recursos educativos esenciales y centrales de la propuesta educativa, las **concepciones alternativas** (CA). Visualizarlas en la planificación docente puede evitar que se transformen en un obstáculo para el aprendizaje. Son especialmente importantes de considerar en docentes en formación para evitar que las transfieran a sus futuros/as estudiantes.

En suma, este proyecto coadyuva a la formación ciudadana alfabetizando científicamente a los y las estudiantes de la asignatura mencionada, a través de una propuesta educativa indagatoria implementada en tiempos de pandemia y basada en concepciones alternativas sobre educación ambiental. Se propuso diseñar modelos experimentales desde el hogar, utilizando elementos de uso cotidiano de bajo costo, de tal manera que contemplen actividades de fenómenos físicos básicos relacionados con ciclo del agua y cambio climático. La

idea es producir una evolución conceptual desde las concepciones alternativas de los y las estudiantes hacia el conocimiento respaldado por la comunidad científica.

### **Elementos teóricos y metodológicos de la propuesta de laboratorio en pandemia**

Concepciones alternativas (CA) son aquellas ideas con las que se interpretan y explican fenómenos naturales. Sin embargo, se encuentran en contradicción con lo consensado por la comunidad científica. Las CA han sido estudiadas e investigadas desde aproximadamente la década de los setenta y lo han hecho en diversos tópicos. Kubiak (2022) realizó una búsqueda en diferentes bases de datos del mundo acerca de las temáticas que marcan tendencia entre los investigadores, y las que son marginales. Una de las que marcan tendencia -expresa el autor- es aquella relacionada con problemas conectados con ideas erróneas / preconcepciones / concepciones alternativas de diferentes grupos etarios y niveles de educación (básica, secundaria y terciaria incluyendo adultos mayores).

Wong (2016) ha estudiado CA sobre el concepto de calor; Mahmud et al. (2008) sobre calor y temperatura; Huerta (2017) investigó CA sobre el Universo en docentes en formación; Wang et al. (2022) sobre el concepto de fuerza y movimiento, por nombrar sólo algunos/as. Por otra parte, Picquar (2008, citado por Mahmud et al., 2008) ha investigado CA en física y agrega que éstas son difíciles de erradicar. Quienes trabajan en didáctica de las ciencias están conscientes de que ellas persisten a lo largo de los años y, por tanto, son un obstáculo para el aprendizaje significativo. En el caso de docentes en formación existe el riesgo de transferir a sus futuros estudiantes significados que no concuerden con lo establecido por la comunidad científica.

En ocasiones, el razonamiento científico no es suficiente. Se requiere la búsqueda de evidencias para la constatación experimental de conocimientos, principios y leyes que rigen un determinado fenómeno físico. Una diversidad de actividades constituye a los modelos experimentales creados para cada CA. Se trata que el estudiantado busque esas evidencias experimentando con elementos de bajo costo de uso cotidiano. Así, una vez analizadas compartan sus reflexiones con sus pares y se produzca el cambio conceptual deseado.

Sustentan la propuesta el enfoque Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente (CTSA) de la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI) por la relevancia para la vida de los/as estudiantes y la educación STEEM integrada<sup>3</sup> o E-STEM<sup>4</sup> que los involucra en la resolución de problemas ambientales en base a trabajo interdisciplinario colaborativo debido a que integra diversas áreas del conocimiento. En la presente propuesta se desarrollan actividades que integran las áreas de termodinámica, fluidos, ciencias de la Tierra y matemática.

La Asociación Norteamericana de Educación Ambiental (NAAEE)<sup>5</sup> considera que E-STEM no es solo una filosofía de enseñanza que promueve el aprendizaje interdisciplinario, sino que también inspira a los y las estudiantes a aplicar lo que aprenden para ayudar a resolver

<sup>3</sup> Del acrónimo en inglés, Science, Technology, Engineering, Environment & Mathematics.

<sup>4</sup> Environment, Science, Technology, Engineering & Mathematics

<sup>5</sup><https://www.nsta.org/connected-science-learning/connected-science-learning-january-march-2018-0/environmental-education>

problemas ambientales complejos, con el compromiso cívico de crear un futuro más sostenible. Por su parte, ya en el 2011 National Research Council (2011) identificó criterios e indicadores de escuelas STEM eficaces.

Al mismo tiempo, la propuesta educativa considera el enfoque CTSA que concibe la educación, la ciencia y la cultura como herramientas para construir un futuro mejor para todos y todas. Reconoce que el desarrollo científico-tecnológico no es un proceso lineal de acumulación de riqueza y bienestar social, sino un proceso multidireccional y complejo. Considera esencial la formación de ciudadanos/as informados/as por medio de evidencias para que puedan tomar decisiones y participar en la sociedad.

Incorporar este enfoque CTSA articulado con una estrategia educativa integrada transversal (E-STEM) centrada en el desarrollo de competencias y las ideas previas de los/as estudiantes, es pertinente para lograr el cambio conceptual deseado referido al ciclo del agua, fenómenos asociados y cambio climático (CC). Este enfoque, según Bello et al. (2021), permite contribuir a generar actitudes eco-ciudadanas y “valorar la relevancia y la significación del CC en sus vidas, así como para impulsar acciones efectivas en los planos individual y colectivo en materia de mitigación y adaptación” (p.139). Entendiendo cambio conceptual en el modo que lo definen Pozo y Gómez (2001, citado por Mahmud et al., 2008):

el proceso de aprender implica una toma de conciencia o percepción consciente, que se inicia desde la confrontación de las ideas previas o conocimiento implícito con nuevas evidencias conceptuales o procedimentales que hacen explícito el conocimiento y que implica una reestructuración de las ideas previas cotidianas hacia las concepciones científicas, a lo que se denomina cambio conceptual. (p.6)

Desde esta mirada, claves son estrategias metacognitivas para que él/la estudiante desarrolle la capacidad de estar consciente de sus ideas previas, concepciones alternativas y las cuestione. Por su parte, Ruiz-Martín y Bybee (2022) plantean que las ciencias cognitivas son claras al relevar el rol de los conocimientos previos en el aprendizaje, en el sentido que es necesario asimilar el nuevo conocimiento a través de un proceso de acomodación de estos. Consistente con lo anterior, se considera, la aplicación de las prácticas científicas de Osborne (2014) principalmente aquellas relacionadas con procesos de indagación, modelización, argumentación y comunicación a sus pares. Asimismo, la propuesta educativa tributa a uno de los estándares de Next Generation of Science Standards (2013)<sup>6</sup> especialmente el que se refiere a la indagación interdisciplinaria, denominado Interdisciplinary Science Inquiry (ISI) que concibe la naturaleza contextualizada de problemas de relevancia para las vidas de los y las estudiantes, creando conexiones dentro y entre disciplinas ancladas en las científicas (Chowdhary, & al., 2014).

Asimismo, la estrategia educativa respeta las cuatro fases de Enseñanza de la Ciencia Basada en la Indagación (ECBI). En la fase de focalización, el o la estudiante describe sus ideas acerca de un tópico, en nuestro caso, se analizan algunas concepciones alternativas. En la de exploración, experimentan en su hogar con materiales concretos y/o información específica, destinando tiempo adecuado para completar su trabajo en grupos pequeños, repetir sus

<sup>6</sup> <https://www.nextgenscience.org>

procedimientos si es necesario comentando con sus pares. En la etapa de reflexión, organizan sus datos, comparten sus ideas, analizan, defienden sus resultados y comunican sus ideas a través de la plataforma Zoom on-line. Etapa especialmente importante para docentes en formación para que en su futuro profesional sean reflexivos de su propia práctica (Shön, 1992). En la fase de aplicación, utilizan lo que han aprendido en nuevos contextos y en situaciones similares de la vida real.

Esta propuesta considera que el cambio conceptual es posible si se avanza con aprendizajes progresivos que permitan la toma de conciencia del rol eco ciudadano/a. De ahí la importancia de las temáticas abordadas.

### **Caracterización de la propuesta de Laboratorio**

Se seleccionaron 16 CA y se construyeron modelos experimentales a desarrollar en el hogar. Se trata de lograr aprendizajes significativos a través de quiebres cognitivos que deriven en los cambios conceptuales deseados respecto de fenómenos físicos básicos relativos principalmente -como se dijo- al ciclo del agua y al cambio climático.

La propuesta educativa la constituyen tres sesiones de 180 minutos cada una. Las temáticas y sus correspondientes CA son:

- *Ciclo del agua y sus fenómenos asociados* dispone de siete CA (3 obligatorias, 5 electivas).
- *Fenómenos atmosféricos*, incluye cuatro CA (3 obligatorias y una electiva).
- *Modelo balance de energía, efecto invernadero y huella de carbono*, cuatro CA obligatorias.

El detalle de las CA abordadas en cada sesión se presentan a continuación (Tabla 1)<sup>7</sup>.

<sup>7</sup> El archivo de las tres sesiones desarrolladas se encuentra disponible en <https://drive.google.com/file/d/1-edBpa6-6dI5Hbh8USxib5F51aRhLy2/view?usp=sharing>

<b>Sesión I:</b> <b>El Ciclo del Agua y sus Fenómenos asociados</b>	<b>Sesión II:</b> <b>Fenómenos Atmosféricos</b>	<b>Sesión III:</b> <b>Balance de energía, efecto invernadero y huella de carbono</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. La evaporación y la ebullición se refieren al mismo fenómeno (o).</li> <li>2. El agua sólo cambia de estado líquido a gas cuando se produce la ebullición.</li> <li>3. Los cambios de estados del agua son cambios químicos.</li> <li>4. Las nubes son un ejemplo de agua en estado gaseoso (o).</li> <li>5. El ciclo del agua se inicia con la evaporación del agua de los océanos y mares.</li> <li>6. En el ciclo del agua interviene el agua líquida y gaseosa.</li> <li>7. El agua hierve a los 100°C (o).</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. La convección se produce sólo en gases (o).</li> <li>2. En la troposfera las nubes flotan en el “cielo” porque son más livianas que el aire.</li> <li>3. El aumento de la temperatura disminuye la humedad relativa del ambiente (o).</li> <li>4. La temperatura siempre disminuye con la altura (o).</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. La energía que entra a la Tierra es mayor a la que sale de ella (o).</li> <li>2. En la Tierra solo se absorbe y emite energía (o).</li> <li>3. El efecto invernadero es perjudicial para la supervivencia en la Tierra.</li> <li>4. El actual calentamiento global no es de origen antropogénico y se produce por los ciclos naturales de la Tierra (o).</li> </ol>
<p>(o): Obligatoria. El resto, los y las estudiantes seleccionan las que son significativas para ellos/as.</p>		

Tabla 1. Concepciones alternativas de las tres sesiones del laboratorio de Termo-Fluidos.

### ¿Por qué seleccionar estas concepciones alternativas?

No hay que olvidar que, en primer lugar, el proyecto se enmarca como parte de la asignatura de Termo-Fluidos y en un escenario con limitaciones correspondientes a una época de pandemia, lo cual impedía una asistencia presencial del estudiantado a las actividades de laboratorio. En segundo lugar, los cambios curriculares realizados por MINEDUC (2019) y que enfrentarán los/as docentes en formación cuando lleguen a realizar su actividad profesional, hacía necesaria la incorporación de la educación ambiental incluido el cambio climático. Era el momento de, a partir de este desafío, desarrollar un proyecto con actividades relacionadas

con termodinámica y mecánica de fluidos para profundizar sobre conceptos y fenómenos que, alterados por concepciones alternativas, sean el punto de partida para entender el ciclo del agua, cambio climático y sus efectos en el medio ambiente.

Después de recopilar antecedentes sobre las CA más frecuentes, se hizo una selección adecuada para cumplir con algunos objetivos específicos de la asignatura Termo-Fluidos que tuviesen una consistencia científica para ser base del conocimiento sobre las causas y consecuencias del cambio climático. En este sentido, se consideró, en primer lugar, evidenciar la comprensión profunda del estudiantado respecto de procesos asociados al ciclo del agua (Anexo 1). A continuación, las CA se orientaron a procesos físicos y leyes tales como: corrientes de convección, inversión térmica y, la relación entre variables (temperatura, altura, humedad, diferencia de presión). La tercera sesión, avanza hacia el cambio climático partiendo por modelos de clima, como es el de balance de energía y así progresivamente se llega al efecto invernadero y cambio climático.

Una vez que los y las estudiantes trabajan las 16 CA a través de modelos experimentales creados para ser desarrollados -como se dijo- desde el hogar, se avanza hacia actividades varias orientadas a la toma de conciencia de los efectos del cambio climático (especialmente aquellos de origen antropogénico), incentivando acciones de mitigación y/o adaptación e.g. a través del cálculo de la huella hídrica personal, entre otras.

La estructura de los modelos experimentales es la siguiente: Al inicio se focaliza la atención del o de la estudiante analizando una determinada CA mediante trabajo grupal, luego realizan las actividades diseñadas que conforman modelos experimentales con el objeto de que exploren e indaguen el fenómeno físico asociado a esa determinada CA. A continuación, analizan sus hallazgos mediante un proceso reflexivo, o bien, resuelven un desafío asociado a la temática. Por ejemplo, elaboración de un mapa conceptual, infografía, presentación a sus pares, etc. Finalmente, los y las estudiantes aplican lo aprendido a otra situación física donde rigen las mismas leyes o principios.

La propuesta considera que, dada la relevancia para la vida de los/las estudiantes y de futuras generaciones, se realizan actividades que incluyen el cálculo de la huella hídrica personal. La comprensión profunda de la misma, se considera clave para una adecuada toma de decisiones como ciudadano/a que exige relacionar no sólo conocimiento de varias disciplinas integradas provenientes principalmente de la física, matemática, ciencias de la Tierra, sino también valores relacionados con el bien común. Tiene como finalidad incentivar el respeto y cuidado de la naturaleza y, muy especialmente la valoración del agua. Cuando decimos que los enfoques son educación STEEM integrada o E-STEM, enfoque CTSA y el estándar ISI, nos referimos justamente a actividades como ésta del cálculo de la huella hídrica que se trabaja en base a la estrategia educativa ECBI, distinguiendo actividades para sus cuatro fases, a saber:

- (1) Focalización. Los y las estudiantes analizan bases de datos con estadísticas del consumo de agua a nivel mundial. Distinguen la huella hídrica directa de la indirecta. Se les invita a predecir el consumo de agua personal y familiar.
- (2) Exploración. Con un software ad hoc calculan su huella hídrica diferenciando las áreas y acciones personales que significan un mayor consumo de agua tanto de forma directa como indirecta.

(3) Reflexión. En función del valor conocido de su huella hídrica, se le invita a compararlo con su predicción. A continuación, se genera un espacio de reflexión respecto de la disponibilidad del recurso a nivel mundial y a constatar con datos duros la escasez hídrica. Analizan las áreas donde sus huellas hídricas son mayores y las comparten con sus pares buscando áreas comunes incluidas aquellas donde la huella es pequeña.

(4) Aplicación. Finalmente, se les invita a definir acciones personales y grupales que signifiquen una importante disminución de su huella hídrica, comprometiéndose con acciones para bajarla con un determinado porcentaje autoimpuesto, especialmente en áreas donde es alta.

*¿Cómo se evalúa el logro del cambio conceptual deseado?*

Dado que las CA son persistentes, la secuencia educativa diseñada considera que no es posible lograr cambios conceptuales sólo con una CA. La propuesta contempla 16 y es en el desarrollo de su conjunto, las que permiten evaluar el nivel de logro esperado de los y las estudiantes. La evaluación formativa en base a diversidad de instrumentos, es la que rige la propuesta, con especial énfasis en el valor de la retroalimentación constante del o la docente a las reflexiones y conclusiones de sus estudiantes. A continuación, se describen algunas CA con reflexiones de estudiantes y posibles retroalimentaciones del/la docente.

La CA que afirma: “La evaporación y la ebullición se refieren al mismo fenómeno” se aborda a través de tres actividades sencillas. Primero se hierve agua para que verifiquen que se produce a una temperatura fija. A continuación, mojan sus manos y registran el tiempo hasta que se secan. Se cierra la actividad humedeciendo dos paños observando el proceso de evaporación de ambos: uno colocado frente a un ventilador y el otro a temperatura ambiente (sin flujo de aire). Las reflexiones textuales de estudiantes una vez realizadas las mencionadas actividades revelan el nivel de logro del cambio conceptual deseado:

*Estudiante 1: “La evaporación corresponde al proceso de transformar pequeñas cantidades de agua, generalmente superficial, de un estado a otro, en este caso de líquido a gas. Sin embargo, la ebullición corresponde a la tendencia de todas las partículas en cambiar de estado, he ahí en donde radica su principal diferencia”.*

Como se observa esta CA permite al docente entregar *feedback* al estudiante de tal manera que - a partir de la conclusión del estudiante- pueda hacer distinciones más finas respecto, por ejemplo, de vaporización, evaporación y ebullición junto con las condiciones de presión y temperatura de cada una de ellas. En caso contrario, su reflexión pudiera inducirlo a concluir que e.g. en océanos, lagos, no hay evaporación.

*Estudiante 2: “Podemos observar que la ebullición y la evaporación no son lo mismo, debido a que para la ebullición necesitamos que ocurra en una temperatura en específico y es un cambio brusco, pero la evaporación ocurre desde una temperatura específica, la cual puede ser ambiente”.*

En este caso, el/la docente puede instarlo a reflexionar acerca de lo que entiende por vaporización. Asimismo, analizar el efecto del aumento de la temperatura en la tensión superficial de un lago, por ejemplo, y el proceso de evaporación en el mismo.

En la CA que afirma: “Las nubes son un ejemplo de agua en estado gaseoso” se les invita a observar la boquilla de un recipiente con agua en ebullición (tetera o hervidor), cuando se

coloca una fuente de calor (encendedor) cerca de la boca de la tetera o hervidor. Se les sugiere que visiten el video de Educar Chile “Video Física Entretenida: Agua en estado gaseoso”. Se cierra con una actividad que simula parte del ciclo del agua con un vaso con hielo sobre una mesa observando donde se precipitan las gotas, si en el exterior, interior o ambas. A partir de estas sencillas experiencias se reflexiona sobre los cambios de estado, entre otros. Las conclusiones/reflexiones de algunos de ellos, una vez realizadas las actividades son las siguientes:

*Estudiante 3: “Las nubes, al ser visibles para el ojo humano, se trata de agua en estado líquido y no gaseoso como la concepción alternativa determinaba”.*

El/la docente puede invitar a reflexionar y afinar lo que entiende por “nubes visibles”, entre otras.

*Estudiante 4: “Observamos que las nubes son vapor de agua, y el vapor de agua son gotas muy pequeñas, no agua en estado gaseoso. Finalmente, personalmente creo que esta es una muy buena experiencia para aplicar en mi futuro rol como profesora, debido a que rompe muchas creencias que pueden tener los alumnos y puede ser de mucha ayuda para su futuro”.*

Otra estudiante, avanzó hacia razonamientos que incluyeron las causas posibles de las CA:

*Estudiante 5: “Todas las concepciones analizadas se encuentran erradas lo cual puede deberse a diferentes factores como desinformación, lenguaje cotidiano, enseñanza del fenómeno e incluso la influencia de los medios de comunicación como la televisión o las redes sociales.”*

Una vez que experimentan con elementos de bajo costo para buscar evidencias y modificar la CA tratada hacia lo consensado por la comunidad científica, las registran en un reporte de laboratorio que puede ser: un ensayo, una presentación de diapositivas evaluadas a través de una escala de apreciación, una infografía evaluada a través de una rúbrica, un mapa conceptual o bien, un informe tradicional de laboratorio. La infografía realizada por cuatro estudiantes<sup>8</sup> del laboratorio de Termo-Fluidos del año 2022, durante la segunda sesión: *La atmósfera y su importancia en el clima* es un ejemplo de estos registros. Infografía que da cuenta no sólo de la comprensión de conceptos físicos relacionados entre sí sino también competencias que les permitieron registrar datos, analizarlos, graficar y construir modelos. Por ejemplo, explican el gradiente de temperatura y calculan la diferencia de presión en la atmósfera según la altura. Conceptos que se consideran básicos para avanzar (en sesiones siguientes) hacia la comprensión de fenómenos que crecen en complejidad como son la inversión térmica en la atmósfera, el modelo de clima basado en balance de energía, efecto invernadero, entre otros (Figura 1).

---

<sup>8</sup> Se cuenta con el consentimiento informado de estas cuatro estudiantes: M. Ignacia Calderón, Josefina Figueroa, Danae Molina y Paula Venegas.

## Gradiente de temperatura

El Gradiente vertical de temperatura (GVT) busca explicar el comportamiento de la temperatura entre las capas de la atmósfera de la Tierra.

**GRÁFICO GVT:**

**Altura v/s temperatura en las capas**

El gráfico anterior muestra las variaciones de la temperatura en las capas de la atmósfera, desde la más cercana al suelo terrestre a la más lejana. Por ejemplo, tenemos que los puntos azules corresponden a la tropósfera, y podemos ver que en ese caso a medida que aumenta la altura, disminuye la temperatura.

**¿CÓMO SE CALCULA EL GVT?**

Podemos conocer el GVT, a partir del cálculo de la pendiente de cada capa o tramo de la atmósfera. Sea  $m$  la pendiente, los componentes en el eje X la diferencia de temperatura dividido en los componentes en el eje Y la diferencia de altura, de la siguiente forma:

$$m = \frac{X_2 - X_1}{Y_2 - Y_1}$$

## Cerro y su presión

Se llama presión atmosférica a la presión que ejerce la atmósfera sobre los cuerpos inmersos en ella, la cual se mide en mmHg y en el sistema internacional en Pascal (Pa). La mayoría del tiempo se utiliza como referencia de ella el nivel del mar; su valor normal es de 760 mmHg. Esta puede variar según la altura, ya que a mayor altura, menor es la presión. Se puede calcular a partir de la fórmula:

**FÓRMULA BAROMÉTRICA**

$$P_h = P_0 e^{-\alpha z}$$

Donde:

- Ph:** indica la presión a cierta altura en [Pa]
- P0:** presión a nivel de mar cuyo valor es 101225 [Pa]
- $\alpha$ :** constante cuyo valor es  $1,19 \cdot 10^{-5}$  [ $m^{-1}$ ]
- z:** altura de un lugar determinado en [m]

Por ejemplo para calcular la presión en el cerro El Plomo, que tiene una altura de 5424 m, reemplazamos en la fórmula barométrica:

$$P_h = (101325 \text{ Pa}) e^{-(1,19 \cdot 10^{-5} m^{-1})(5424 \text{ m})}$$

Dando como resultado que la presión atmosférica en el cerro El Plomo es de:

$$P_h = 94991,52 \text{ [Pa]}$$

# CAPAS DE LA ATMÓSFERA Y GRADIENTE DE TEMPERATURA

Ma. Ignacia Calderón  
Josefina Figueroa  
Danae Molina  
Paula Venegas

UNIVERSIDAD DE SANTIAGO  
FACULTAD DE CIENCIA  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA

Figura 1. Ejemplo de fragmento de reporte elaborado por estudiantes<sup>9</sup>.

### Reflexiones Finales

En primer lugar, se ha de señalar que las CA fueron recursos educativos privilegiados que permitieron a los y las estudiantes analizar críticamente la información recibida y sus propios pensamientos e ideas previas. En este sentido, se transformaron en herramientas para la metacognición.

Relevar las actividades desarrolladas en los modelos experimentales creados, es reconocer que la física forma también parte de la vida cotidiana. Realizar actividades para recoger evidencias que permitan profundizar conceptos básicos de ella, es consistente con la idea que no se necesita un gran laboratorio para hacer física, especialmente para comprender conceptos y fenómenos básicos de ella.

<sup>9</sup> Disponible en <https://drive.google.com/file/d/1dWSnRDkN48H3gD486K28AO5I0XGHyV8-/view>

Esta propuesta educativa pudo adecuarse a tiempos de pandemia y a tiempos de presencialidad. El diseño de actividades con materiales que pueden tener en el hogar centradas en sus ideas previas, para desarrollar modelos experimentales orientado al cambio conceptual desde una CA, se considera un acierto tanto a la luz de la opinión de tres expertos, a los que fue sometida esta propuesta, como desde lo que develan los reportes entregados por el estudiantado durante el periodo de aplicación en pandemia. En coherencia con lo anterior, se considera apropiada la estrategia educativa ECBI utilizada y la selección de las competencias referidas a las prácticas científicas de Osborne (2014), lo que se vio reflejado, en general, en los reportes de los y las estudiantes.

No obstante, lo anterior, y dado que la literatura señala lo difícil que es derribar una concepción alternativa, quienes diseñaron esta propuesta educativa se han propuesto a corto y mediano plazo hacer un seguimiento y continuar evaluando si las CA han sido efectivamente modificadas o persisten. Para ello, se propone investigar si es necesario añadir nuevas actividades con recursos didácticos tales como el uso de simulaciones TIC, de tal manera que ayuden al aprendizaje de fenómenos complejos asociados a la crisis climática e incentivar actitudes de cambio relacionadas con mitigación y/o adaptación.

Durante el año 2022, se han aplicado versiones adaptadas de las tres sesiones de este proyecto de innovación en el aula, integrándose a actividades que se realizaban con anterioridad a la pandemia. Además, se han incluido recursos educativos de apoyo subidos a la plataforma Moodle (códigos QR, videos, artículos científicos, infografías, entre otros).

Los enfoques CTSA, E-STEM y el estándar ISI orientaron la construcción de las actividades de los modelos experimentales ayudando a dar sentido a la secuencia didáctica en contexto, contribuyendo a la formación de futuros/as pedagogos/as de una ciudadanía consciente con su entorno en concordancia con la urgencia relacionada con la crisis eco social que está viviendo la humanidad. Lo anterior, ha incentivado a sus creadores y otros/as docentes de la Carrera a ofrecer estas temáticas al estudiantado. Desde el año 2020 a la fecha (octubre 2022) se han desarrollado siete Seminarios de Grado en educación ambiental, dos el año 2022; dos el 2021 y tres el 2020.

Finalmente, se considera un acierto introducir la educación ambiental a *docentes en formación* develando sus ideas previas con una metodología de trabajo centrada en las CA y con actividades desarrolladas experimentalmente, toda vez que, por un lado, permitió adecuarse a las condiciones de pandemia (trabajar desde el hogar con elementos de la vida cotidiana) y por otro, contribuir con la urgencia advertida por organismos nacionales e internacionales respecto de la crisis climática. Propuesta educativa que fue en general muy bien valorada por tres expertos/as y sus observaciones consideradas en su refinamiento.

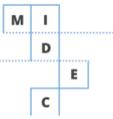
### Agradecimientos

El Proyecto de Innovación Docente (PID N°005-2018) tuvo financiamiento de la Universidad de Santiago de Chile. Responsable del mismo agradecen al estudiantado de la carrera de Pedagogía en Física y Matemática /Licenciatura en Educación de Física y Matemática de la USACH quienes fueron protagonistas claves en su desarrollo y, en forma especial a las cuatro

estudiantes que autorizaron la publicación de su trabajo (infografía): Ma. Ignacia Calderón, Josefina Figueroa, Dánae Molina y Paula Venegas. Asimismo, reconocer el valioso aporte del profesor Mg Paolo Núñez, Coordinador de Laboratorio de la Carrera en la creación, implementación y mejoramiento de la propuesta educativa.

### Referencias bibliográficas

- Bello Benavides, L. O., Cruz Sánchez, G. E., Meira Cartea P. A. y González Gaudiano, E. J. (2021). El cambio climático en el bachillerato. Aportes pedagógicos para su abordaje. *Enseñanza de las Ciencias*, 39(1), 137-156.  
<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3030>.
- Chowdhary, B., Liu, X., Yerrick, R., Smith, E., & Grant, B. (2014). Examining science teachers' development of interdisciplinary science inquiry pedagogical knowledge and practices. *Journal of Science Teacher Education*, 25(8), 865-884.
- Huerta, L. (2017). Concepciones alternativas mayoritarias sobre Universo en profesores de Física en formación. *Estudios pedagógicos (Valdivia)*, 43(2), 147-162.
- IPCC, 2021: Resumen para responsables de políticas. En: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu y B. Zhou (editores)]. Cambridge University Press.
- Kubiato, M. (2022). Marginal Topics In The Research Of Science Education. *Problems of Education in the 21st Century*, 80(3), 392-394.
- Mahmud, M., & Gutiérrez, O. (2008). El cambio conceptual en la transformación de las preconcepciones en las Ciencias Naturales. *Educare*, 12(2).
- MINEDUC. (2019). *Bases Curriculares 3° y 4° medio*. Unidad de Currículum y Evaluación.
- Naciones Unidas (2018), *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe* (LC/G.2681-P/Rev.3), Santiago.
- National Research Council. (2011). *Successful K-12 STEM education: Identifying effective approaches in science, technology, engineering, and mathematics*. National Academies Press
- Osborne, J. (2014). Teaching scientific practices: Meeting the challenge of change. *Journal of Science Teacher Education*, 25(2), 177-196.
- Ruiz-Martín, H., & Bybee, R. W. (2022). The cognitive principles of learning underlying the 5E Model of Instruction. *International Journal of STEM Education*, 9(1), 1-9.
- Schön, D. (1992), *La formación de profesionales reflexivos*. Ed. Paidós. Barcelona.
- Wang, J., & Liang, K. (2022). A Cognitive Diagnosis Method in Adaptive Learning System Based on Preconceptions. *Scientific Programming*, 2022.



Wong, C. L., Chu, H. E., & Yap, K. C. (2016). Are Alternative Conceptions Dependent On Researchers 'Methodology And Definition? A Review of Empirical Studies Related To Concepts Of Heat. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 14(3), 499-526.

## ANEXO 1. Primera Sesión: *Ciclo del Agua y sus fenómenos asociados* con orientaciones al o la docente.



Pedagogía en Física  
y Matemática  
Dpto. Física  
UdeSantiago

Proyecto Innovación Docente N° 005-2018:  
Educación STEAM Integrada,  
en base a injertos CTS en laboratorio de Termo-fluidos de la carrera de  
Pedagogía en Física y Matemática.



Sesión I:  
"El Ciclo del Agua y sus Fenómenos asociados"



(Duración 180 minutos)

1

### Resultados de Aprendizaje

Al final de la actividad, serás capaz de comprender algunos fenómenos relacionados con el Ciclo del Agua, a través de la experimentación e indagación. Además, distinguirás algunas concepciones alternativas involucradas en el ciclo del agua y en base a trabajo colaborativo entre tus pares, argumentarás en base a evidencias la razón por la que se las considera concepciones alternativas.

2

### Introducción

El ciclo del agua es imprescindible y fundamental para la vida en la Tierra. Para su comprensión profunda es necesario estudiar los distintos procesos que lo constituyen, así como analizar las ideas previas del estudiantado.

El ciclo del agua tiene sus inicios en la observación de los patrones de tiempo atmosférico y cómo estos influían en los aspectos de la vida de las primeras civilizaciones.

El cambio de población nómada a sedentaria se debe en gran medida a la agricultura y esta depende íntegramente del conocimiento de formas de riego.

Dichos conocimientos se divulgaron de generación en generación y se mezclaron con las concepciones alternativas de las personas, incluyendo explicaciones provenientes de la

pseudociencia. Algunas de ellas, aún están presentes en nuestra vida.



3

### Contenidos involucrados:

- Fases del agua.
- Ciclo del agua.
- Ley de Gases Ideales.
- Primer y Segundo principio de la termodinámica.



Pedagogía en Física  
y Matemática  
DdeFísica  
UdeSantiago

Proyecto Innovación Docente N° 005-2018:  
Educación STEAM integrada,  
en base a Injertas CTS en laboratorio de Termo-fluidos de la carrera de  
Pedagogía en Física y Matemática.



tales, identifiques alguna que te llame la atención y luego compartas con tu grupo y escuches con atención también las seleccionadas por tus pares (máximo 4 personas) (15 minutos).

- 1.1. La evaporación y la ebullición se refieren al mismo fenómeno.
- 1.2. El agua solo cambia de estado líquido a gas cuando se produce la ebullición.
- 1.3. Los cambios de estados del agua son cambios químicos.
- 1.4. Las nubes son un ejemplo de agua en estado gaseoso.
- 1.5. El ciclo del agua se inicia con la evaporación del agua de los océanos y mares.
- 1.6. En el ciclo del agua interviene el agua líquida y gaseosa.
- 1.7. El agua hierve a los 100°

## 4

### Instrucciones generales

El presente laboratorio de Termo-Fluidos utilizará ECBI bajo educación STEAM<sup>2</sup> integrada Esta sesión será evaluada según criterios de Bachillerato Internacional. El o la docente le indicará las competencias a evaluar y existirán también instrumentos de autoevaluación.

De las concepciones alternativas propuestas, cuatro de ellas la deben desarrollar en esta sesión (las tres subrayadas son de carácter obligatorio y la que falta para completar las pueden elegir entre las restantes).

## 5

¿Con qué material contaremos para cuestionar estas concepciones alternativas CA)?

C.A.1.1	C.A. 1.2	C.A. 1.3	C.A.1.4	C.A. 1.5	C.A.1.6	C.A. 1.7
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calentador de agua</li> <li>• Recipiente de vidrio</li> <li>• Dos paños de tela</li> <li>• Balanza digital</li> <li>• Ventilador</li> <li>• Termómetro (analógico o digital)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Congelador</li> <li>• Calentador de agua</li> <li>• Huevo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hervidor</li> <li>• Un trozo de vidrio</li> <li>• Encendedor</li> <li>• Vaso</li> <li>• Hielo</li> <li>• Tierra húmeda</li> <li>• Recipiente</li> <li>• Planta en macetero pequeño</li> <li>• Bolsa o film plástico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bomba de vacío para vino</li> <li>• Botella de vino blanco vacía</li> <li>• Jeringa de 60 ml</li> </ul>	NO aplica		

### Concepciones alternativas relativas al ciclo del agua y actividades

## 6

★ 1 La evaporación y la ebullición se refieren al mismo fenómeno (Obligatoria)

#### Orientaciones al/la docente

Esta concepción alternativa se debe a que los/as estudiantes confunden los dos procesos que están

involucrados con el cambio de estado del agua: de agua líquida a agua en estado gaseosa. Este cambio de estado se denomina vaporización el cual se puede producir bajo dos formas:

<sup>2</sup> Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics



Pedagogía en Física  
y Matemática  
DdeFísica  
UdeSantiago

Proyecto Innovación Docente N° 005-2018:  
Educación STEAM Integrada,  
en base a injertos CTS en laboratorio de Termo-Fluidos de la carrera de  
Pedagogía en Física y Matemática.



a) **evaporación** cual es un proceso de vaporización lento que se produce a cualquier temperatura.

b) **ebullición**, que es el cambio de estado violento que se produce cuando la temperatura del líquido alcanza cierto valor a una presión determinada y, ocurre en todo el volumen.

Se sugiere al/la docente motivar al estudiantado para que sean protagonistas de su aprendizaje a través de la realización de algún experimento que permita evidenciar esta preconcepción. A continuación, algunas sugerencias.

- Pueden observar la **ebullición del agua en un recipiente** y comprobar que el cambio de estado violento que se produce se genera a una temperatura fija, mientras hierve el agua.

- Es importante que los/as estudiantes sean capaces de explicar por qué se produce la **ebullición del agua no solo a nivel de la superficie del agua, sino también, en cualquier lugar del volumen que ocupa y explicar además el motivo que hace que las burbujas suban rápidamente a la superficie.**

- Para analizar el proceso de evaporación, una idea plausible puede ser **que mojen sus manos y observen que después de cierto tiempo, están secas.** En este caso, debería explicar por qué el agua se evapora con rapidez al mojarse las manos.

- Es un buen momento para desafiar a los/as estudiantes para que diseñen alternativas experimentales, usando ECBI, para demostrar algunos factores que influyen en la rapidez de evaporación, como, por ejemplo, las corrientes de aire. En este caso, plantearles a los/as estudiantes que **humedezcan dos paños exactamente iguales y con la misma cantidad de agua. Ambos paños colocarlos en un mismo recinto, uno frente a un ventilador funcionando y el otro, en un lugar donde no llegue el aire del ventilador.**

La idea es que ellos/as empleen un método para verificar cuál paño se seca más rápido y que a partir de ello esbochen una explicación de la causa del fenómeno observado. En este caso, cuando la capa de aire que está sobre la superficie del paño permanece quieta, la cantidad de evaporación, continuamente, irá descendiendo, conforme el aire tienda a su punto de saturación (cantidad máxima

de vapor que puede contener el aire). Por el contrario, en el caso del paño expuesto al viento que genera el ventilador, este retirará la capa de aire húmedo de la superficie, sustituyéndolo por aire más seco, aumentando la evaporación y por consiguiente secará más rápido al paño..

- Es importante que los/as estudiantes **verifiquen la temperatura, con un termómetro, del aire frente al ventilador funcionando y la comparen con la que miden en un lugar que no llegue la corriente de aire (viento) producido por él e intenten una explicación de cómo es posible que en ambos casos la temperatura es la misma.**

- Como un tercer desafío proponerle al/la estudiante que diseñen una actividad para verificar otros factores que inciden en la rapidez de evaporación, tales como la temperatura, la humedad ambiental o el tamaño de la superficie del agua en contacto con el aire atmosférico.

Es conveniente dar espacios para la investigación bibliográfica y la reflexión sobre las causas de esta preconcepción alternativa.

2

El agua solo cambia de estado líquido a gas cuando se produce la ebullición (Electiva).

#### Orientaciones al/la docente

Esta concepción alternativa puede ser utilizada a modo de fase de aplicación de las actividades de las concepciones alternativas combinadas 1 y 2, ya que da la oportunidad de llevar a la práctica sus conocimientos antes adquiridos.

3

Los cambios de estados del agua son cambios químicos (Electiva).

#### Orientaciones al/la docente

Es frecuente que los/as estudiantes consideren que los cambios de estados que tienen los materiales son cambios químicos. Para esto se sugiere:

- Analizar experimentalmente dos situaciones que aparentemente son análogas: **la solidificación del agua y la preparación de un huevo duro.**

En ambos casos, se inicia el proceso desde una estructura líquida para que, después de un cambio



Pedagogía en Física  
y Matemática  
DdeFísica  
UdeSantiago

Proyecto Innovación Docente N° 005-2018:  
Educación STEAM Integrada,  
en base a injertos CTS en laboratorio de Termo-fluidos de la carrera de  
Pedagogía en Física y Matemática.



de temperatura, se transformen en sólidos. Sin embargo, hay cambios moleculares en el caso del huevo que no ocurren en la solidificación del agua. La investigación bibliográfica puede permitir, a partir de esa focalización, iniciar la etapa de exploración de ECBI para continuar con una reflexión relacionada con los cambios de estados que se producen. Por ejemplo, con diferentes metales lo cual les puede llevar a la etapa de aplicación del ECBI y conectarla con los efectos, en el medio ambiente de esos cambios de estado (por ejemplo, mercurio, plomo o agua que al evaporarse genera un cambio en el ambiente que lo rodea).

De igual forma, pueden preguntarse e indagar acerca de cuáles son los cambios químicos que ocurren en el proceso del huevo duro.

4

Las nubes son un ejemplo de agua en estado gaseoso (Obligatoria)

#### Orientaciones al/la docente

Esta es una concepción alternativa generalizada. En efecto, por alguna razón, las personas creen, por ejemplo, que la nube es un ejemplo de agua en estado gaseoso al igual que el chorro de nubosidad que sale del pico de una tetera con agua que hierve.

- Una forma de trabajar esta concepción alternativa puede basarse en la reproducción del video de Educar Chile "Video Física entretenida: Agua en estado gaseoso" que se encuentra disponible en Youtube en el siguiente link [https://www.youtube.com/watch?v=beOmV4KuXic&ab\\_channel=EstebanArenas](https://www.youtube.com/watch?v=beOmV4KuXic&ab_channel=EstebanArenas) o al escanear al código qr a continuación.



En este caso el/la docente puede solicitar al estudiantado que reproduzcan el experimento y, en base al video, construyan una guía didáctica a nivel escolar, utilizando la metodología ECBI, con el objeto de que se llame la atención de los fenómenos que en él se muestran y que permitan lograr el objetivo propuesto.

Es importante, que al estudiantado le quede muy en claro que el agua en estado gaseoso no se ve y que el aire que expiramos, al igual del que nos rodea, tiene un porcentaje importante de agua y a pesar de eso, se hace invisible para nosotros. Esa presencia se puede demostrar, por ejemplo, colocando un vaso con hielo sobre una mesa y observar que se precipitan, en el vidrio exterior, pequeñas gotitas las que son producto de la condensación del agua presente en aire o, analizar el fenómeno de empañamiento de un vidrio (lente) al enviarle una bocanada de aire.

5

El ciclo del agua se inicia con la evaporación del agua de los océanos y mares (Electiva).

#### Orientaciones al/la docente

Esta es una concepción alternativa generalizada. La evaporación es un fenómeno que se produce en todas superficies que contengan cierto grado de humedad, por ejemplo, en la tierra mojada, a través de la piel de animales, las hojas de los vegetales, etc. Esa evaporación contribuye al ciclo del agua, pero en menor medida que los océanos. Por otro lado, el ciclo del agua no tiene inicio ni final, como todo ciclo no tiene sentido un inicio o un final.

Esta actividad ofrece varias opciones para demostrar que la afirmación no es adecuada. Por ejemplo experimentar con tierra húmeda, y asociarlo con la evaporación en los continentes; envolver una planta de un macetero con una bolsa plástica, para luego de cierto tiempo ver las gotas de agua depositadas en su parte interior, etc.

6

En el ciclo del agua interviene el agua líquida y gaseosa (Electiva).

#### Orientaciones al/la docente

Basta con observar una imagen que muestre el ciclo del agua para mostrar que en él se observan esos dos estados de agua. Sin embargo, el papel que cumplen los casquetes polares, glaciales y las nieves eternas cumplen una función preponderante en este proceso natural. Se aconseja que los/as estudiantes discutan sobre la importancia de los polos en el ciclo del agua, en especial su efecto en la regulación de la temperatura de la Tierra y en la generación de



## Modelo de innovación educativa del IPN mediante la simulación de circuitos eléctricos en la enseñanza universitaria de la Física

Guillermina Ávila García, Instituto Politécnico Nacional  
Fabiola Escobar Moreno, Instituto Politécnico Nacional  
Liliana Suárez Téllez, Instituto Politécnico Nacional

México

### Resumen

La investigación en Física Educativa aporta explicaciones y metodologías para entender los procesos de aprendizaje y enseñanza de esta asignatura. La coyuntura de aplicar de forma emergente un modelo de aprendizaje en línea ha provocado cambios educativos en las aulas y laboratorios del aprendizaje de la Física. En este trabajo se documenta la inclusión de elementos de enseñanza innovadores como el aprendizaje basado en problemas y el uso de simuladores en el aprendizaje de la Física en la enseñanza superior y se discute desde los criterios de innovación educativa lo que permite identificar aquellos elementos que aportan y los que quedan pendientes. En este contexto, los estudiantes hacen uso sistematizado de un simulador para la modelación de un circuito eléctrico a partir de un problema de aplicación a la ingeniería, teniendo como objetivo que los estudiantes identifiquen y comprendan los componentes, diagramas y simulación de la construcción de un circuito eléctrico como parte de los previos para la solución a un problema de aplicación. Los resultados muestran un desempeño de los estudiantes evaluado por rúbricas, que apunta al favorecimiento de la solución de problemas con base en el uso de componentes de un circuito eléctrico a través del uso de simulador donde se deduce que la enseñanza con integración de herramientas tecnológicas permite una profundización en el aprendizaje de los estudiantes universitarios que se evidencia con los trabajos que presentan y la forma en que expresan su conocimiento mediante reporte de práctica.

*Palabras clave:* aprendizaje en línea, aprendizaje basado en problemas, innovación educativa, simulación.

## Introducción

La Física como ciencia experimental requiere del desarrollo de prácticas en laboratorios, las cuales por el confinamiento no se pudieron llevar a cabo de forma presencial, por ello se implementó el uso de tecnología que permitió sustituir las herramientas físicas por virtuales, de este modo se considera importante un cambio en la pedagogía de la enseñanza de laboratorios de Física por parte del docente orientado al aprendizaje del estudiante, en este investigación se implementó el uso de simuladores mediante el software Livewire para experimentos virtuales en la construcción de un circuito eléctrico como herramienta para el proceso de aprendizaje de los estudiantes basado en los doce criterios del Modelo de Innovación Educativa del IPN y el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) que en relación con la enseñanza de la Física se centra en un aprendizaje activo a partir de una planeación que toma en cuenta dichos aspectos.

Este trabajo se llevó a cabo en la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industria Extractivas (ESIQIE) con estudiantes que cursan segundo semestre de ingeniería del Instituto Politécnico Nacional (IPN) en México.

## Aprendizaje basado en problemas (ABP)

El ABP es otro de los elementos centrales de un aprendizaje activo.

Para generar una innovación se requiere de una planeación que considere los criterios de innovación y donde además los estudiantes resuelvan un problema, por lo cual también se tomó en cuenta el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), como plantea Barrows (1986):

- El aprendizaje está centrado en el estudiante.
- El aprendizaje se aprende en pequeños grupos.
- Los profesores son facilitadores o guías de este proceso.
- Los problemas son el foco de organización y el estímulo para el aprendizaje.
- Los problemas son un vehículo para el desarrollo de habilidades en la resolución de problemas.
- La nueva información se adquiere a través del aprendizaje auto dirigido.

Además, se promueve la participación de los estudiantes con el fin de que sean capaces y responsables de proponer la solución a un problema planteado. Para Morales y Landa (2004), el problema debe plantear un conflicto cognitivo, interesante y motivador para que el estudiante busque una solución, tomando en cuenta los siguientes aspectos para la planificación:

- Selección de objetivos que los estudiantes buscan alcanzar.
- Escoger la situación del problema.
- Orientar las reglas de la actividad y el trabajo en equipo.
- Establecer un tiempo y especificarlo para la solución al problema.
- Organizar sesiones de tutorías para atender inquietudes.

De acuerdo con Becerra (2014) se considera: presentación del problema, se identifican las necesidades de aprendizaje, se busca la información necesaria y, finalmente, se regresa al problema; de las experiencias que vivieron los estudiantes trabajando en grupos pequeños de manera colaborativa. De acuerdo con la educación en línea que se lleva a cabo por el confinamiento estos espacios de colaboración con los estudiantes se presentan en línea en tiempo real de modo que los participantes van compartiendo su trabajo.

Asimismo, Becerra (2014) señala las características y objetivos del ABP:

- El método se orienta hacia la solución de problemas diseñados, pretendiendo fomentar el razonamiento.
- El aprendizaje se centra en el estudiante y no en el profesor ni sólo en los contenidos, el profesor adquiere el papel de facilitador.

Mientras que Restrepo (2005), para el docente caracteriza atributos al profesor apoyados en el ABP:

- Especialista en metas y métodos del programa, además del manejo de interacción de grupos.
- Coordinador de autoevaluación y de otros métodos para evaluar la solución de problemas y el desarrollo del pensamiento.
- Flexibilidad frente al pensamiento crítico.

Así, previamente diseño del problema de manera disciplinar; porque se analizó una situación problemática en una empresa que vinculará un tópico de física con la licenciatura que se imparte en la ESIQIE. Después se redacta, se discute entre pares docentes, se ajusta y es hasta entonces que, se presenta al inicio del semestre a los estudiantes, el problema se analiza a la par de la realización de las prácticas. A continuación, el problema propuesto para los estudiantes:

La empresa "Leclorosa" requiere corregir el factor de potencia. Como antecedentes, la demanda media anual es de 14.775 kW y el factor de potencia máximo y mínimo son del 95,9% y 90,47%, respectivamente. Considere que el rectificador tiene capacidad para suministrar 17.000 A para trabajar a 430 voltios. A partir de estos datos, realice tres propuestas viables (económicas y fiables) para corregir el factor de potencia hasta el 98,5%, ver figura 1, esquema actual referido.

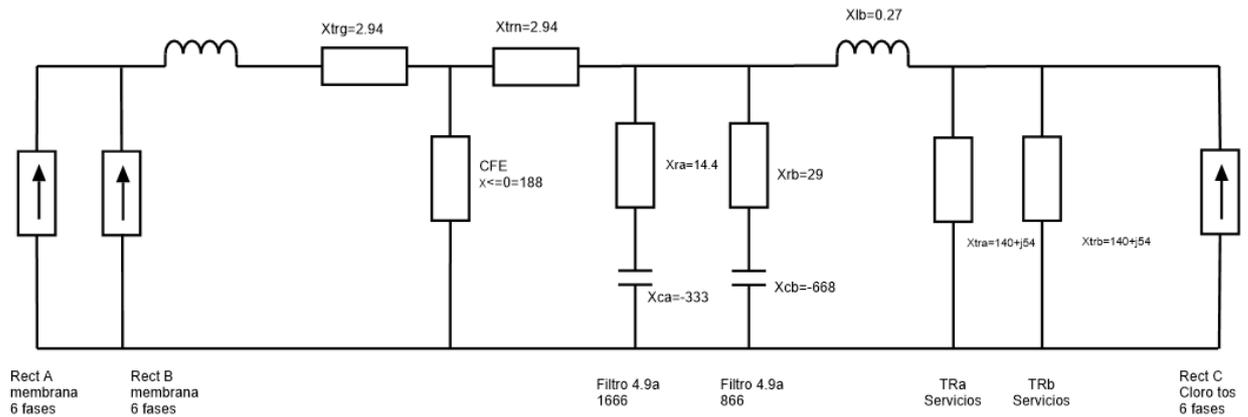


Figura 1. Diagrama eléctrico equivalente.

### Marco disciplinar (circuitos eléctricos)

De acuerdo con Bauer y Westfall (2014), un circuito eléctrico consta de simples alambres o algunas otras rutas conductoras que conectan elementos del circuito, estos elementos pueden ser los resistores, galvanómetros, voltímetros y amperímetros.

Los símbolos para los elementos del circuito se muestran en la figura 2.

	Cable		Galvanómetro
	Capacitor		Voltímetro
	Resistor		Amperímetro
	Inductor		Batería
	Interruptor		Fuente de CA

Figura 2. Símbolos de uso común para elementos de circuitos. Fuente: Bauer y Westfall (2014)

Bauer y Westfall (2014) definen cualitativamente la corriente eléctrica como la carga neta que pasa por un punto dado en un tiempo dado, dividida entre el tiempo. El movimiento aleatorio de los electrones en un conductor no es una corriente, por definición:

$$i = \frac{dq}{dt}$$

Una corriente que sólo fluye en una dirección, que no cambia con el tiempo, se denomina corriente directa. La corriente que primero fluye en una dirección y luego lo hace en la dirección opuesta se denomina corriente alterna.

Cabe destacar que para el uso de Livewire, los estudiantes deben tener presentes estos conceptos a la par de las conexiones del voltímetro y amperímetro que son aparatos que permiten la medida del voltaje y la corriente, respectivamente en un circuito y que Bauer y Westfall (2014) indican que para las lecturas correspondientes en un circuito se sigue la siguiente conexión: un amperímetro debe estar conectado *en serie* en un circuito, y en el caso de un voltímetro debe estar conectado *en paralelo* con el componente a través del cual se medirá la diferencia de potencial, mostrados en la figura 3.

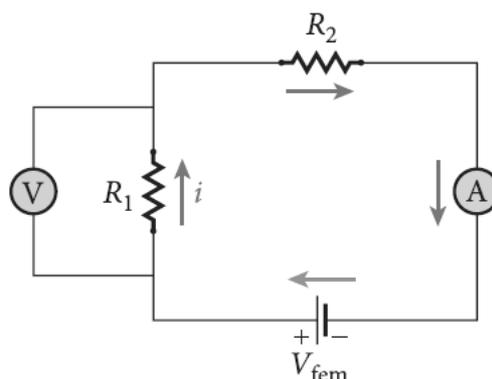


Figura 3. Conexión de un amperímetro y voltímetro en un circuito simple. Fuente: Bauer y Westfall (2014)

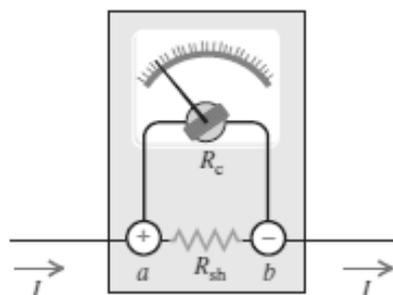
### Conexión de amperímetros y voltímetros

De acuerdo con Young y Freedman (2009), un amperímetro es un instrumento medidor de corriente, midiendo la corriente que pasa a través de él. Los amperímetros reales siempre tienen una resistencia finita, pero es deseable que sea tan pequeña como sea posible. Young y Freedman (2009) expresan que un medidor del amperímetro puede adaptarse para medir corrientes mayores que su lectura de escala completa si se conecta a él un resistor en paralelo y que se nombra resistor de derivación como se muestra en la figura 4a, que se expresa mediante:

$$I_{fs}R_c = (I_a - I_{fs})R_{sh}$$

En el caso del voltímetro es también un medidor básico que se puede utilizar para medir la diferencia de potencial o voltaje. El voltímetro siempre mide la diferencia de potencial entre dos puntos a los que deben conectarse sus terminales, los voltímetros reales siempre tienen resistencia finita, pero un voltímetro debería tener resistencia suficientemente grande como para que, al conectar el aparato a un circuito, las otras corrientes no cambien de manera apreciable. Para un voltímetro con lectura de escala completa se necesita un resistor en serie  $R_s$  en la figura 4b se expresa como  $V_v = I_{fs}(R_c + R_s)$  para un voltímetro.

4a. Amperímetro de bobina móvil



4b. Voltímetro de bobina móvil

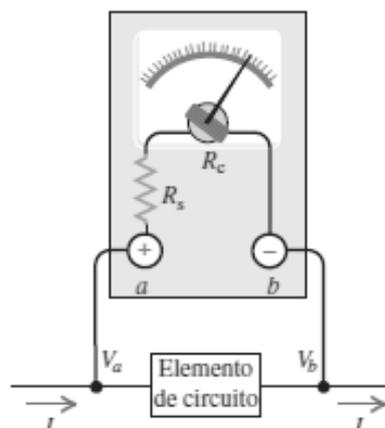


Figura 4. Conexión de un amperímetro y voltímetro. En la figura 4a, se ilustra la conexión de un amperímetro con bobina móvil. Figura 4b, muestra un voltímetro con bobina móvil. Fuente: Young y Freedman (2009).

Young y Freedman (2009) señalan que el trabajo con amperímetros y voltímetros prácticos no es tan sencillo, en la figura 5a, el amperímetro  $A$  lee la corriente  $I$  en el resistor  $R$ . El voltímetro  $V$ , sin embargo, lee la suma de la diferencia de potencial  $V_{ab}$  a través del resistor y la diferencia de potencial  $V_{bc}$  a través del amperímetro. Si se transfiere la terminal del voltímetro de  $c$  a  $b$ , como en la figura 5b, entonces el voltímetro lee correctamente la diferencia de potencial  $V_{ab}$ , pero ahora el amperímetro lee la *suma* de la corriente  $I$  en el resistor y la corriente  $I_V$  en el voltímetro. De cualquier forma, se tiene que corregir la lectura de uno u otro instrumento a menos que las correcciones sean tan pequeñas que se puedan ignorar.

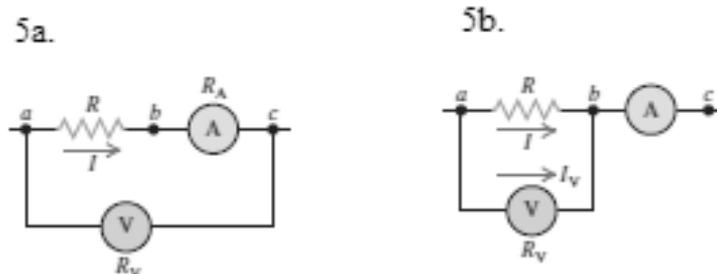


Figura 5. Conexión de un amperímetro y voltímetro. En la figura 5a y 5b se ilustra el método del amperímetro–voltímetro para medir la resistencia. Fuente: Young y Freedman (2009).

### El uso de simuladores en el aprendizaje de la física

El aprendizaje no debe ser limitado a los entornos físicos como lo ha puesto de manifiesto la pandemia, por lo que, se implementa el uso de los simuladores virtuales a modo de estudiar

los circuitos eléctricos y en concordancia con Ibrahim et al, (2019), los enfoques de enseñanza que se basan en la comprensión de los principios del software para la resolución de problemas se consideran tres componentes principales: generar la comprensión a partir de ejemplos situados en el uso; explicación de los principios del software mediante visualizaciones; por último el profesor da la secuencia correcta de instrucciones del software mostrando los principales pasos de la resolución de problemas.

### Software Livewire

En palabras de Ibrahim et al, (2019), Livewire es un software para diseñar y simular circuitos electrónicos. Se puede realizar la conexión de interruptores, transistores, diodos, circuitos integrados y otros componentes más, para correr las simulaciones de este laboratorio virtual se requiere:

- PC o compatible con un procesador superior a 1.33 MHz.
- Microsoft Windows 98, ME, NT 4.0, 2000, XP o un Sistema operativo más actual.
- 16 MB de memoria RAM (se recomiendan 32 MB)
- 10 Mb de espacio disponible en el disco duro.

Estos elementos integraron secuencia didáctica en la práctica que se realizó en forma virtual, toda vez que se detectaron algunas situaciones por parte de los estudiantes en cuestión de armado de circuitos.

### Problemática

Durante las clases virtuales y de acuerdo con la experiencia docente se notó que los estudiantes presentan dificultad en la construcción de los esquemas que componen un circuito eléctrico como la conexión de amperímetros y voltímetros en serie o en paralelo según el contexto del circuito propuesto. Ahora bien, en correspondencia con McDermott y Shaffer (1992), que en sus indagaciones muestran la dificultad de los estudiantes para relacionar las representaciones formales y las mediciones numéricas con los circuitos eléctricos, la representación de elementos y conexiones eléctricas, de reconocimiento de las implicaciones de su construcción y de conexiones externas. Así como falta de comprensión en no distinguir entre los conceptos de la resistencia equivalente de una red y la resistencia de un elemento individual, además de conflictos para identificar conexiones en serie y en paralelo.

Debido al confinamiento no se pudo tener prácticas experimentales con los recursos en físico, entonces, la forma en que los estudiantes llevaron a cabo la experiencia fue mediante el uso de simuladores. Durante la experiencia, los estudiantes consideraron cálculos previos que después llevan a la práctica mediante el uso del simulador y lo asociaron a los resultados previamente calculados, para posteriormente dar paso a la aplicación de un problema propuesto, lo que nos llevó a realizar la siguiente pregunta: ¿En qué medida contribuye el uso sistematizado de simuladores y ABP para el aprendizaje de circuitos eléctricos?

El objetivo de esta investigación está centrado en: Identificar y comprender los componentes, diagramas y simulación del funcionamiento a partir de la construcción de circuitos eléctricos,

además de considerar un problema de aplicación en la ingeniería como parte del ABP, que eventualmente dote de herramientas a los estudiantes de ingeniería para proponer soluciones al problema integrador planteado en esta indagación.

### Marco teórico

De la innovación educativa se consideró el Modelo de Innovación Educativa del IPN el cual se formula en doce criterios. De acuerdo con Ramírez y Suárez (2013), estos criterios se basan en los criterios de la Red Innovemos de la UNESCO y en los que proponen Blanco y Messina (2000) en su Estado del Arte en América Latina, publicado por la UNESCO y el Convenio Andrés Bello.

Los doce criterios de innovación que siguen este trabajo se muestran en la figura 6 y se detallan en la metodología que fue llevada a cabo. Con estos criterios se desarrolló el plan de clase para la experiencia virtual a través del uso de Livewire.



Figura 6. Doce criterios de innovación educativa del IPN. Fuente: Ramírez y Suárez (2013).

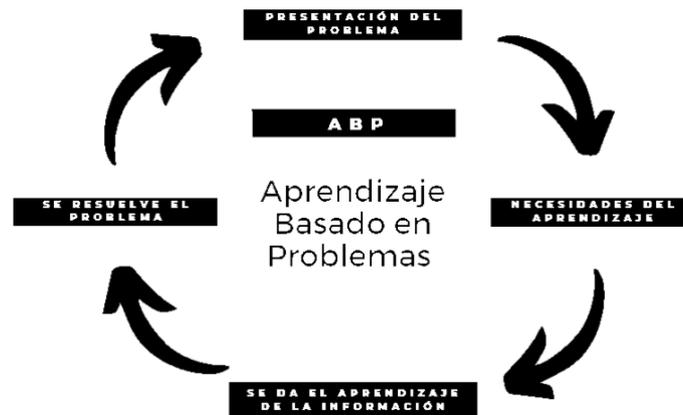
Con base en Carbonell (2002) el objetivo de una práctica innovadora es mejorar la calidad de la educación, resaltando la creación de espacios y mecanismos en las instituciones educativas para identificar, valorar, sistematizar, normalizar, aplicar y difundir las experiencias novedosas que contribuyan a la solución de problemas educativos que estén afectando la calidad de los aprendizajes de los estudiantes. Por otro lado, Barrantes (2001) enfatiza que para una innovación educativa se deben tomar los siguientes campos de acción:

1. Planes y programas de estudio
2. El proceso educativo
3. El uso de tecnologías de la información y la comunicación (TIC).
4. Las modalidades alternativas para el aprendizaje
5. El gobierno, la dirección y la gestión.

## Metodología

La carrera de Ingeniería Química Industrial que se imparte en la ESIQIE del IPN es de modalidad escolarizada y tiene como objetivo formar ingenieros que participen en el desarrollo social, económico e industrial del país mediante la aplicación de la tecnología y la ciencia en la resolución de los problemas. La unidad de aprendizaje de Electricidad y Magnetismo forma parte de las unidades de aprendizaje que se imparte en el segundo semestre de la carrera con cuatro horas de teoría y se complementa con Laboratorio de Electricidad y Magnetismo con 2 horas por semana, respectivamente, la unidad de aprendizaje tiene como propósito: analizar las leyes de la Electricidad y Magnetismo en la solución de problemas de Ingeniería Química con base en los fenómenos de corriente continua.

La experiencia de aprendizaje se llevó a cabo con 60 estudiantes en tres grupos diferentes, 20 estudiantes por cada grupo de segundo semestre. Los equipos de trabajo estaban constituidos por cuatro estudiantes, por grupo había 5 equipos de trabajo. El desarrollo del ABP para el desarrollo de la práctica virtual, tuvieron lugar en las sesiones, considerando la estructura que se muestra en la figura 7. La investigación es de corte cualitativo con base a la entrega de reportes de práctica de parte de los estudiantes y las rúbricas de evaluación implementadas que dan muestra del alcance en el aprendizaje de los estudiantes.



*Figura 7. Aprendizaje Basado en Problemas*

Se desarrolló en cinco sesiones de dos horas cada una para revisar el tema de circuitos, de forma paralela se integraron los criterios de innovación.

Actividades generales desarrolladas por sesión	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Exposición en equipo de los estudiantes con el tema respectivo de la sesión.</li> <li>- Preguntas directas de la profesora, a los estudiantes.</li> <li>- Revisión y realimentación de cálculos previos a la experiencia y que se deben comprobar mediante el uso de simulador.</li> <li>- Construcción de circuitos de acuerdo con la propuesta de trabajo en el manual de práctica de Laboratorio de Electricidad y Magnetismo.</li> <li>- Armado del circuito en Livewire.</li> <li>- Por parte de los estudiantes se comparte pantalla para la revisión del trabajo que realiza.</li> <li>- Realimentación y colaboración por parte de los estudiantes con respecto al armado de circuito.</li> <li>- Cada uno de los estudiantes comparten pantalla del circuito armado.</li> </ul>
<b>Sesión 1 “Resistencia eléctrica, resistividad y óhmmetro”</b>	
Objetivo	Identificar las funciones principales que conforman un multímetro, utilizándolo como óhmmetro para determinar la resistencia equivalente en circuitos serie, paralelo y mixto, y comprobar que la resistencia de un conductor es directamente proporcional a su longitud e inversamente proporcional al área de su sección transversal.
Actividades de enseñanza y aprendizaje	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se realiza de forma colaborativa la exploración del menú principal de Livewire con preguntas a los estudiantes.</li> <li>- Identificación de los componentes como baterías, resistores, amperímetros, voltímetros para armar un circuito en serie y paralelo.</li> <li>- Consideraciones de conexión de resistores para que corra de manera adecuada la simulación y sean congruentes con los resultados teóricos.</li> <li>- Componentes de un multímetro.</li> <li>- Armado de circuito en Livewire.</li> </ul>
<b>Sesión 2 “Voltímetro”</b>	
Objetivo	Aplicar la Ley de Ohm y las leyes combinatorias para la determinación de la caída de potencial en circuitos serie, paralelo y mixto, así como identificar y operar la función del voltímetro de corriente directa en el multímetro.
Actividades de enseñanza y aprendizaje	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lluvia de ideas donde el estudiante recuerda la forma de conectar el amperímetro y voltímetro usando corriente directa.</li> <li>- Caracterización de la corriente directa y corriente alterna.</li> <li>- Componentes de un multímetro.</li> <li>- Consideraciones de conexión de resistores para la determinación de la caída de potencial de cada resistencia.</li> <li>- Armado de circuito en Livewire.</li> </ul>
<b>Sesión 3 “Amperímetro”</b>	
Objetivo	Aplicar las leyes de los circuitos serie y paralelo para la determinación de la intensidad de corriente en los circuitos dados, así como, operar y medir con un amperímetro de corriente directa.
Actividades de enseñanza y aprendizaje	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Video (edpuzzle) con cuestionario sobre los elementos y funciones de un multímetro.</li> <li>- Caracterización de la corriente directa y corriente alterna.</li> <li>- Componentes de un multímetro.</li> <li>- Determinación de la intensidad de corriente en el circuito conformado por tres resistores conectados en serie, paralelo y mixto.</li> <li>- Armado de circuito en Livewire.</li> </ul>
Resultados	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Diseño y armado de circuitos eléctricos en serie, paralelo y mixto en Livewire para la determinación de la intensidad de corriente en los diferentes elementos de un circuito.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Conexión de voltímetro (en paralelo) y amperímetro (en serie) con respecto a tres resistores.</li> <li>✓ Constatación de los datos teóricos (previamente calculados) y experimentales (mediante la simulación en Livewire).</li> </ul>
<b>Sesión 4 “Ley de Ohm”</b>	
Objetivo	Comprobar teórica y experimentalmente el comportamiento de la corriente en un circuito eléctrico aplicando la Ley de Ohm.
Actividades de enseñanza y aprendizaje	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Foro de discusión sobre los materiales óhmicos y no óhmicos.</li> <li>- Descripción de la gráfica que se genera con los datos de Intensidad de corriente versus voltaje e intensidad de corriente versus el inverso de la gráfica.</li> <li>- Identificación de variables dependientes e independientes, interpretación de la pendiente con respecto a la gráfica.</li> <li>- Armado de circuito en Livewire.</li> </ul>
<b>Sesión 5 “Potencia eléctrica”</b>	
Objetivo	Aplicar la Ley de Watt para determinar la Potencia Eléctrica disipada y el Factor de Potencia Media en un circuito dado.
Actividades de enseñanza y aprendizaje	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pregunta directa sobre la relación entre potencia, ley de Ohm, potencia disipada, potencia efectiva y potencia media.</li> <li>- Definiciones de Wattímetro y Watthometro y componentes básicos</li> <li>- Factores de consumo de energía eléctrica y tarifas de kilowatt-hora.</li> <li>- Armado de circuito en Livewire.</li> </ul>

*Tabla 1: Diseño e implementación de sesiones de laboratorio.*

## Resultados

En una sesión previa al armado de circuitos en Livewire, se forman equipos de trabajo (integrantes de equipo con el que trabajaron las 5 sesiones) y se solicitó la descarga del software Livewire, el cual es de acceso libre y gratuito.

De ese modo los estudiantes realizaron el armado de circuitos mediante el uso del software Livewire de forma virtual compartiendo pantalla a todo el grupo, posteriormente intercambiaron ideas y comprobaron los cálculos previos a la experiencia con el software. El uso del software considera todos los elementos que se tienen en un laboratorio físicamente. En la figura 8, se muestra un circuito armado con Livewire de parte de los estudiantes.

De la figura 8 se destaca la forma en que los estudiantes colocaron los componentes virtuales y cómo expresan los conocimientos durante la sesión síncrona considerando:

1. Compartir pantalla
2. Dudas que tienen acerca del armado de circuitos
3. Discusiones de cómo conectar el voltímetro y amperímetro simulado.

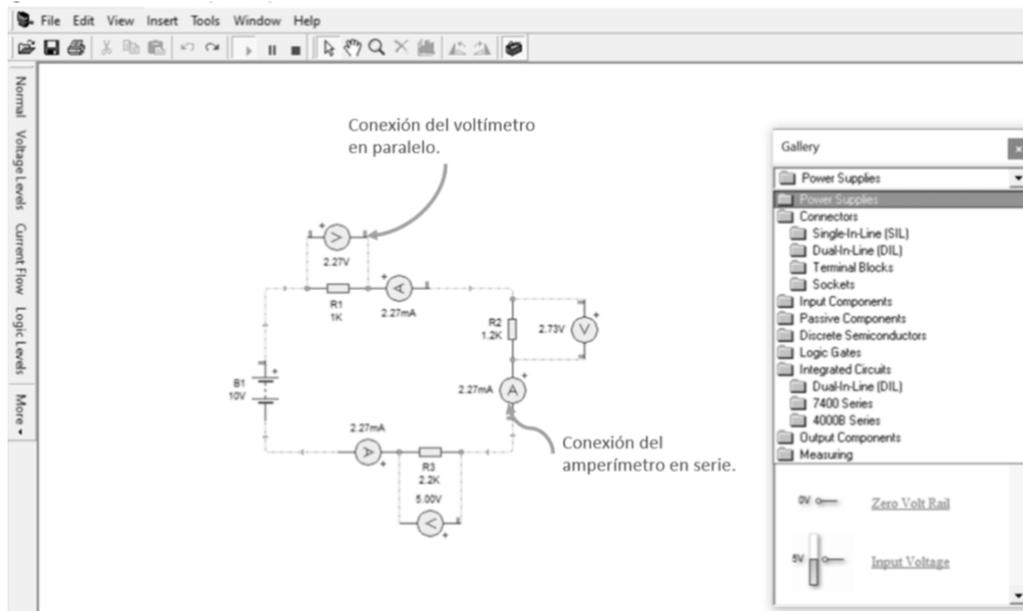


Figura 8. Circuito en serie armado con el uso de componentes de voltímetro y amperímetro de Livewire. Se muestra el circuito realizado en Livewire por parte de un estudiante.

De las aportaciones de intercambio entre los estudiantes, lo más destacable:

*Estudiante 1: Cuando hice la primera conexión del circuito, conecté el voltímetro digital en serie y mi circuito no funcionaba, posteriormente me di cuenta de que, en la investigación realizada, nos indican que el circuito debe estar conectado en paralelo a las resistencias, considerando las resistencias internas.*

*Estudiante 2: La forma de conectarlo en el simulador hace sencilla la demostración, el trabajo con los resultados presenta un error mínimo o nulo. En lo personal, considero que trabajar de forma virtual permite que se pueda observar a nivel atómico los materiales, ya que con los materiales presenciales no se logra ver lo que nos brinda Livewire.*

*Estudiante 3: Ahora me gustaría armarlo con los componentes reales, para saber si es funcional todo lo que he aprendido.*

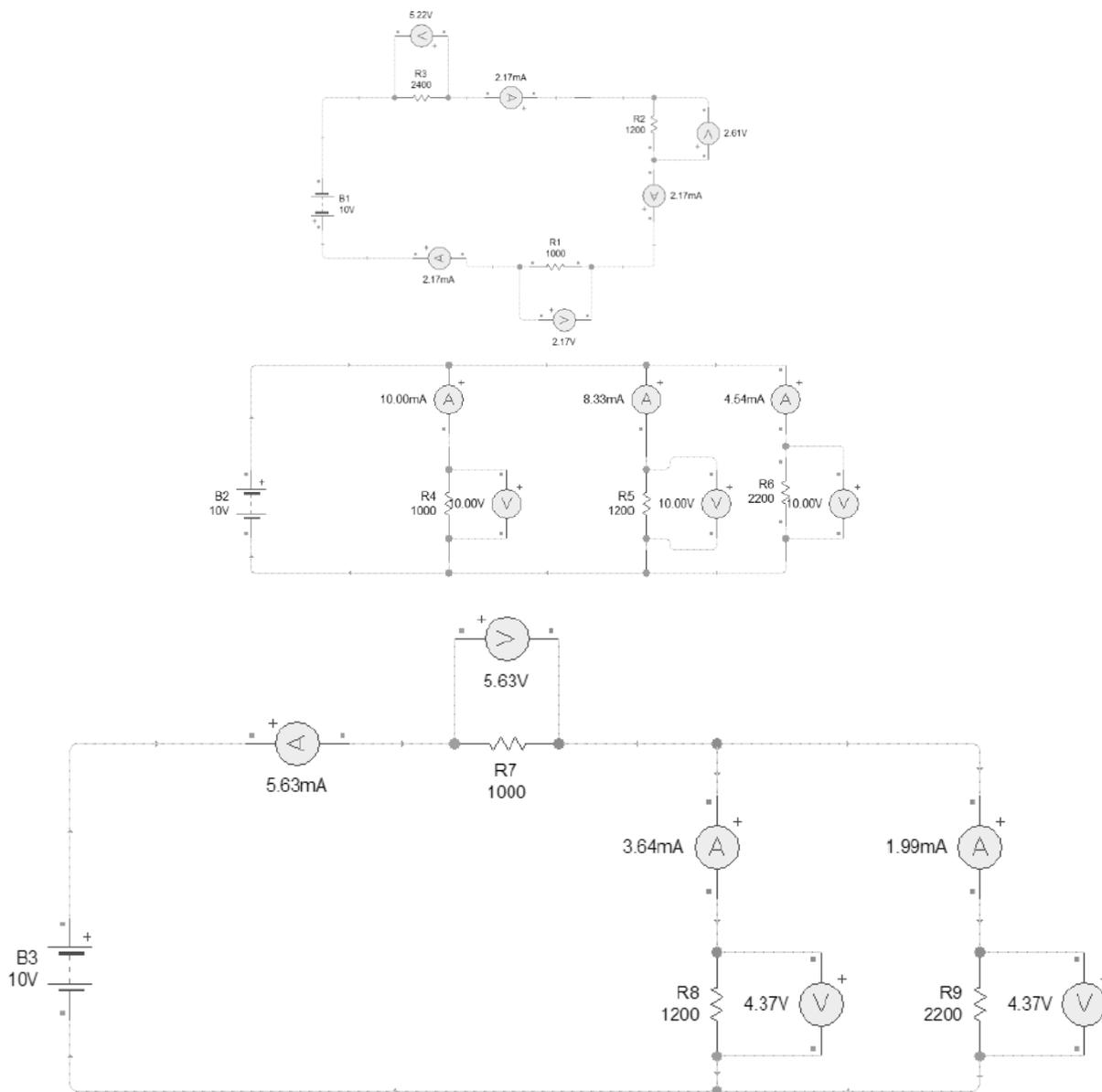
*Estudiante 4: Para el problema que nos plantean considero que es sencillo, pero que hay de los componentes en físico de la empresa, porque no creo que nos lo pasen si cometemos un solo error.*

*Comentarios con mayor frecuencia: Es muy sencillo armar un circuito en el simulador, mi pregunta es ¿Estos componentes son iguales a los reales? De ser así considero que no tendré ningún problema para conectar más adelante.*

Las sesiones están programadas con veinte minutos de exposición por parte de los estudiantes (equipos de cuatro personas) acerca del tema y con esto se rescatan los conocimientos previos del estudiante.

Sesión	Resultado
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Identificación de componentes en Livewire.</li> <li>✓ Diseño y armado de circuitos eléctricos en serie, paralelo y mixto en Livewire.</li> <li>✓ Conexión de voltímetro (en paralelo) y amperímetro (en serie) con respecto a tres resistores.</li> <li>✓ Constatación de los datos teóricos (previamente calculados) y experimentales (mediante la simulación en Livewire).</li> </ul>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Diseño y armado de circuitos eléctricos en serie, paralelo y mixto en Livewire.</li> <li>✓ Conexión de voltímetro (en paralelo) y amperímetro (en serie) con respecto a tres resistores.</li> <li>✓ Constatación de los datos teóricos (previamente calculados) y experimentales (mediante la simulación en Livewire).</li> </ul>
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Diseño y armado de circuitos eléctricos en serie, paralelo y mixto en Livewire para la determinación de la intensidad de corriente en los diferentes elementos de un circuito.</li> <li>✓ Conexión de voltímetro (en paralelo) y amperímetro (en serie) con respecto a tres resistores.</li> <li>✓ Constatación de los datos teóricos (previamente calculados) y experimentales (mediante la simulación en Livewire).</li> </ul>
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Determinación de la intensidad de corriente al mantener fijo el valor de la resistencia y variando el voltaje.</li> <li>✓ Determinación de la intensidad de corriente manteniendo constante el valor del voltaje y variando el valor de la resistencia eléctrica.</li> <li>✓ Cálculo de la pendiente y su interpretación.</li> <li>✓ Constatación de los datos teóricos (previamente calculados) y experimentales (mediante la simulación en Livewire).</li> </ul>
5	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Determinación de modo indirecto el valor de la potencia en un circuito en serie y del factor de potencia media.</li> <li>✓ Constatación de los datos teóricos (previamente calculados) y experimentales (mediante la simulación en Livewire).</li> </ul>

Parte de los resultados que muestran los estudiantes a través de sus reportes y con respecto a los cálculos previos realizados en comparación con los obtenidos en Livewire, muestran una mejora significativa en cuanto a las conexiones de circuitos en la figura 9, conexión del circuito en serie, paralelo y mixto.



*Figura 9. Conexión de circuito en serie, paralelo y mixto realizado por los estudiantes en Livewire. Circuitos realizados por los estudiantes de ingeniería en clase síncrona y en su informe.*

De los cálculos previos no hubo mayor problema para el uso de las ecuaciones, la parte confusa fue la conexión del circuito durante la clase síncrona usando Livewire, que considera la conexión de los amperímetros y voltímetros, una vez que lograron la distinción en cómo colocar los aparatos virtuales en el circuito funcionó correctamente, destacando la participación de los estudiantes con conocimientos que empatan con la parte teórica que realizaron previamente y que comprobaron de modo experimental mediante el uso del software.

Se precisa que algo que atrajo el interés de los estudiantes, fue el problema presentado. Ya que, están relacionando lo aprendido con su futura realidad laboral, siendo éste un elemento

novedoso, ya que, los ejercicios que se presentan en la literatura de física universitaria, en su mayoría, no se vinculan con situaciones reales.

Con respecto a los elementos de innovación se destacan los siguientes hallazgos encontrados durante la implementación de circuitos eléctricos en Livewire:

*Novedad.* Al no disponer de materiales físicos, los estudiantes realizan sin contratiempos el diseño y armado de circuitos eléctricos mediante el software Livewire, aprendiendo a identificar los componentes de resistencia y elementos de medida, además cerciorándose de cómo se conectan. Lo que propicia una mejora en los conocimientos cubriendo los temas propios de Laboratorio de Electricidad y Magnetismo. Aquí se destaca que los estudiantes pudieron hacer las conexiones verificando en tiempo real que no funcionaban, además de que podían colocar baterías y se “quemaban” virtualmente, lo que a ellos les facilitó la comprensión, pero sobre todo la reflexión para la aplicación del problema planteado con la seguridad de que no “descomponía” ningún aparato.

*Intencionalidad.* Estas secuencias planeadas previamente para el laboratorio son parte de un proceso de andamiaje (estructuras cognitivas) para que el estudiante pueda realizar propuestas de solución para el problema planteado. El estudiante resuelve la simulación y además da cuenta de cómo aplicarlo al problema propuesto.

*Interiorización.* Se logró mediante la interacción entre los alumnos y profesora en el modo de relacionar la teoría y la práctica a través de simulaciones. Los estudiantes señalaron la importancia de conectar bien los componentes de medida como el amperímetro y voltímetro, para la lectura correcta al momento de correr la simulación.

*Creatividad.* Se generaron ideas innovadoras para solucionar un problema, precisamente los estudiantes requieren aprender haciendo, este proceso se logra con las actividades y simulaciones, además que también aprenden del error. La intencionalidad de parte de los estudiantes al iniciar con la construcción de las conexiones.

*Sistematización.* Cada actividad propuesta estuvo planificada con su respectiva evaluación; además de llevar a cabo una reflexión de los aprendizajes de los estudiantes considerando los argumentos en la clase y las rúbricas de evaluación.

*Profundidad.* La propuesta se enfoca a que cada vez los estudiantes sean autónomos, es decir, no requieran supervisión todo el tiempo. Aparejado a esto, el problema invita a indagar y correlacionar los aprendizajes adquiridos. Así, la simulación la utilizan como una herramienta, para proponer soluciones al problema planteado.

*Orientada a los resultados.* Los resultados generaron una mejora en los aprendizajes de los estudiantes, donde reconocen los elementos de un circuito, el sentido de la corriente (convencional y real), conexión de amperímetro y voltímetro que les permitirá desarrollar con más profundidad en otras unidades de aprendizaje.

*Anticipación.* El cambio se genera a partir de que las sesiones no pueden ser presenciales, se realiza una planeación meticulosa, considerando principalmente el aprendizaje de los estudiantes con el uso de simuladores.

**Cultura.** Se observan mejoras en las habilidades de colaboración e indagación de los estudiantes, lo anterior se refleja en la calidad de sus argumentos, en el tipo de preguntas que planteaban en el aula y también en el proceso de análisis de resultados y las conclusiones.

### Conclusiones

Esta indagación considera que para desarrollar una práctica innovadora es necesario diseñar una planeación con actividades precisas en donde el estudiante resuelva problemas en el contexto de la ingeniería, estas actividades deben buscar impactar en las aplicaciones.

Se requiere el tiempo para dedicar espacios de interacción con los estudiantes y brindar oportunidad para la descripción de sus experimentos, pero, sobre todo de interpretación como el armado de circuitos eléctricos y también cómo sería posible hacer mejoras o bien explorar el uso de otros simuladores.

Así, hay evidencia empírica basada en el desempeño de los estudiantes que indican que se favorece el aprendizaje orientado a resolver problemas, porque, explican y justifican razonablemente cómo es el funcionamiento de los componentes e instrumentos de medida, la ventaja que representan los simuladores es el acercamiento del estudiante a una comprensión del uso de componentes de circuitos, consideramos que este tipo de trabajos permite profundizar e innovar con herramientas tecnológicas en donde exploran de modo virtual sin temor a equivocarse.

Además, con el problema propuesto pueden contextualizar sus aprendizajes, a través de propuestas de solución pueden ser simuladas, dado que comprenden el funcionamiento de la herramienta (Livewire) e interpretan los resultados.

Por lo tanto, los estudiantes logran identificar y entender los componentes, diagramas y simulación de funcionamiento de los circuitos eléctricos, lo cual les provee de estructuras cognitivas y así poder resolver el problema.

### Referencias bibliográficas

- Barrantes, R. (2001). Las innovaciones educativas: escenarios y discursos de una década en Colombia. *Magisterio*, 1-38.
- Barrows, H.S. (1986). A Taxonomy of problem-based learning methods, *Medical Education*, 20: 481-486. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.1986.tb01386.x>
- Bauer, W. y Westfall, G. D. (2014). *Física para ingeniería y ciencias con física moderna: Volumen 2*. McGraw Hill Education.
- Becerra, D. F. (2014) Estrategia de aprendizaje basado en problemas para aprender circuitos eléctricos. *Innovación educativa*, 14(64), 73-99. <https://www.scielo.org.mx/pdf/ie/v14n64/v14n64a7.pdf>
- Blanco, R. y Messina, G. (2000). *Estado del arte sobre las innovaciones educativas en América Latina*. Convenio Andrés Bello.

- Carbonell, J. (2002). El profesorado y la innovación educativa. En P. Cañal de León (coord.). *La innovación educativa* (pp. 11-26). Akal.
- Ibrahim, A. B., Yahya, F. H., Hanafi, H. F. y Omar, N. H. (2019). Simulation of Electronic Circuit for Design and Technology Subject in Secondary Schools. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 9(2), 477-486.  
<http://dx.doi.org/10.6007/IJARBS/v9-i2/5581>
- McDermott, L. C. y Shaffer, P. S. (1992). Research as a guide for curriculum development: An example from introductory electricity. Part I: Investigation of Student Understanding. *American Journal of Physics*, 60(11), 994-1003. <https://doi.org/10.1119/1.17003>
- Morales, P. y Landa, V. (2004) *Aprendizaje basado en problemas*. *Theoria*, 13(1), 145-157.
- Ramírez, M. H., y Suárez, L. (2013). Carácter Innovador de los Proyectos de Investigación en Enseñanza de la Física en el IPN. *Revista Panamericana de Pedagogía*, (20).  
<https://doi.org/10.21555/rpp.v0i20.1739>
- Restrepo, B. (2005). *Aprendizaje Basado en Problemas (ABP): una innovación didáctica para la enseñanza universitaria*. *Educación y Educadores*, 8, 9-19.  
<https://www.redalyc.org/pdf/834/83400803.pdf>
- Young, H. D. y Freedman, R. A. (2009). *Sears-Zemansky física universitaria con Física Moderna*. Volumen 2. Addison-Wesley.

## Experiencia de aprendizaje STEM en un curso de ingeniería de materiales a través de clases remotas

Carmen del Pilar Suárez Rodríguez, Universidad Autónoma de San Luis Potosí

México

### Resumen

La formación de un ingeniero mecánico eléctrico implica el desarrollo de una amplia gama de competencias técnicas, profesionales y personales, que le permitan durante el ejercicio de la profesión, adaptarse a un entorno tecnológico en constante cambio y a problemas socioambientales urgentes de atender. Las habilidades experimentales son esenciales para aplicar los conocimientos que va adquiriendo durante el proceso de instrucción. Con la pandemia por COVID 19, en México como en otros países, las instituciones educativas optaron por las clases remotas, lo cual dificultó la realización de prácticas de laboratorio. En este trabajo se describe una experiencia de aula, llevada a cabo con estudiantes que cursaban la materia de ingeniería de materiales, a través de una clase a distancia, con el objetivo de explorar los resultados de implementación del aprendizaje basado en proyectos bajo un enfoque STEM en esta modalidad. Para ello se propusieron dos proyectos, uno individual y otro colaborativo, donde atendieran a una problemática ambiental de su localidad. Los resultados muestran que los estudiantes pudieron construir diversos prototipos con materiales y herramientas que tenían en casa, adaptando sus habilidades y conocimientos previos para la ejecución de estos. Si bien es cierto, los estudiantes mostraron un aprendizaje de los conceptos del curso, aún quedan dudas de como reproducir la experiencia en otros cursos o contextos educativos.

*Palabras clave:* clases remotas, aprendizaje basado en proyectos, problemas socioambientales, ingeniería de materiales, STEM.

### Introducción

Es necesario desarrollar competencias esenciales, para que quien egrese de la carrera de ingeniería mecánica eléctrica tenga éxito en su carrera profesional y contribuya de manera significativa al avance de la ingeniería en general y contribuya a un bienestar social. Debe tener

conocimientos técnicos sólidos para comprender los principios fundamentales de la disciplina, así como la capacidad para aplicar este conocimiento en el diseño, análisis y solución de problemas en sistemas mecánicos y eléctricos. Poseer habilidades para identificar, analizar y resolver problemas de ingeniería de manera efectiva, utilizando métodos analíticos y creativos para desarrollar soluciones innovadoras, al mismo tiempo que desarrolla habilidades para el diseño, incluida la capacidad para conceptualizar, planificar y optimizar sistemas complejos para satisfacer las necesidades del problema y/o del proyecto abordado.

Adicionalmente a las habilidades para el convivir en sociedad y en grupos de trabajo colaborativo, mantiene altos estándares de ética profesional y responsabilidad social, tomando decisiones informadas que consideren el impacto humano, ambiental y económico de las soluciones de ingeniería. Lo cual hace necesario desarrollar la capacidad de abordar problemas complejos de manera crítica y creativa, proponiendo soluciones innovadoras y adaptándose rápidamente a los cambios en el entorno tecnológico, pero también buscar formas de reducir la huella ambiental de los sistemas y productos que diseña y desarrolla.

A medida que aumenta la conciencia sobre los problemas ambientales, se implementan regulaciones más estrictas en relación con la contaminación y otros temas de preservación del patrimonio natural. Haciendo necesario que estén al tanto de estas regulaciones y sean capaces de diseñar y desarrollar sistemas y productos que cumplan con los estándares ambientales, mientras enfrentan la transición hacia fuentes de energía más limpias y renovables, aspecto clave de la sustentabilidad. Estas capacidades necesitan ser desarrolladas, no se construyen solamente con la adquisición del conocimiento disciplinar y se requiere de un entrenamiento.

Ha sido visto que una enseñanza bajo el enfoque STEM (Ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, por sus siglas en inglés), facilita la construcción de conceptos científicos y la aplicación de conocimientos a la solución de problemas reales (White, 2014; Marrero et al., 2014), lo que ha favorecido su implementación en sistemas educativos de todos los niveles, en diferentes países, especialmente en la formación de ingenieros.

El desarrollo tecnológico con fines educativos hizo posible los entornos virtuales de aprendizaje, los cuales se vieron incrementados con el confinamiento por la pandemia por COVID 19. Con las clases remotas, surgieron problemas relacionados con el acceso a la tecnología para la transmisión de las sesiones síncronas, especialmente en zonas rurales. Una preocupación era acerca de cómo transferir las experiencias presenciales a un formato en línea y que habilidades docentes y recursos podrían utilizarse (Suárez et al., 2022; Mushtaha et al., 2022), entre otros aspectos.

En cuanto a la enseñanza en STEM, se abrieron preguntas acerca de los retos y oportunidades bajo la implementación en ambientes virtuales (Gülen et al., 2022; Cecil et al., 2013; López-Gamboa, 2021), la instrucción por proyectos (Llorens-Largo, 2021), la colaboración de los estudiantes (Navarro et al., 2020), la autogestión de los estudiantes (Contreras et al., 2021). Para el trabajo experimental se ha explorado sobre el uso de laboratorios remotos (Idoyaga et al., 2020; Idoyaga y Lorenzo, 2023; Ortiz et al., 2020; Romero et al., 2020), especialmente en el área de la física y la química. En la ingeniería, se hicieron estudios para comprender el aprendizaje de conceptos y el trabajo experimental (Higgins et al., 2022; Panebianco et al.,

2022; Peek et al., 2021). A pesar de ello, aún quedan dudas acerca de cómo es el aprendizaje cuando no se tienen condiciones favorables debido a las brechas de desigualdad tecnológica. Y sobre todo, que den evidencia del desarrollo de prototipos en contextos educativos rurales.

En este trabajo se reportan la experiencia de aula, en una clase de ingeniería de materiales, con estudiantes de ingeniería mecánica eléctrica, impartida vía remota, durante la pandemia por COVID 19, que pudiera servir como guía para la implementación de actividades similares en un ambiente de aprendizaje remoto o híbrido e incluso presencial.

### **El contexto de enseñanza durante la pandemia**

La Coordinación Académica Región Huasteca Sur de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, se ubica en Tamazunchale, San Luis, Potosí, México, es una zona rural y de alta vulnerabilidad económica. Desde su creación en el 2012, se ha promovido la participación de los estudiantes en proyectos transversales y de beneficio para el entorno (Suárez et al., 2022; De los Santos y Suárez, 2023), realizado la construcción de los prototipos en los laboratorios de la institución y bajo la supervisión de los profesores. Aunque se trabajaba en un formato presencial se complementaba con actividades en línea, principalmente como un repositorio para la entrega de los informes de los proyectos y algunas lecturas de acompañamiento y foros de discusión a través de la plataforma CANVAS, un sistema de gestión de aprendizaje (LMS) de acceso gratuito.

Con el cierre de la institución, dentro del curso de ingeniería de materiales, la instrucción se combinó con clases remotas a través de la plataforma zoom, para ser gestionadas de manera síncrona, la clase se grababa y se integraban a un curso virtual en CANVAS, para que posteriormente los estudiantes pudieran revisarla, ya que muchas veces el internet era inestable o, en casa no se tenía más que un celular para ser utilizado por varios miembros de una familia y en el mejor de los casos, un computador. En las sesiones virtuales básicamente se trabajaron solución de ejercicios, se utilizó la función de grupos de zoom para las discusiones grupales y el uso de aplicaciones como Mentimeter, Jamboard, documentos de Google para asegurar una participación más activa de los estudiantes.

Dentro de las actividades del curso en línea, se integraron simulaciones Phet, específicamente para la unidad dos correspondiente al estudio de la estructura química y molecular. Para la unidad seis "Propiedades y comportamiento mecánico", en los temas de ensayos y pruebas de caracterización de materiales, se compartieron videos de instituciones educativas disponibles en YouTube, así como de explicaciones de procesos de manufactura de ciertos materiales y productos.

Los ejercicios de fin de capítulo del libro se gestionaron con el uso de exámenes rápidos dispuestos por la plataforma y se agregaron lecturas de interés complementadas con foros de discusión, para cada una de las unidades del curso. Se leyó el libro "el acero" y otros artículos científicos, donde además se realizaron actividades para la comprensión de textos científicos.

Además de estas acciones, existía la preocupación de atender a las habilidades asociadas a la práctica, por lo que se solicitaron dos proyectos que se realizaron a lo largo del curso y se describen más adelante en este capítulo. En la figura 1, se muestran las primeras cuatro

unidades del programa, gestionadas en la plataforma. Se considera un total de 8 unidades, abarcando el estudio de metales y aleaciones, polímeros, materiales compuestos, cerámicos, y el estudio de la estructura de los materiales a diferentes niveles, así como sus técnicas de caracterización y ensayos más comunes. Se imparte en el tercer semestre de la carrera y corresponde al área de materiales, seguida por resistencia de materiales y procesos de manufactura.

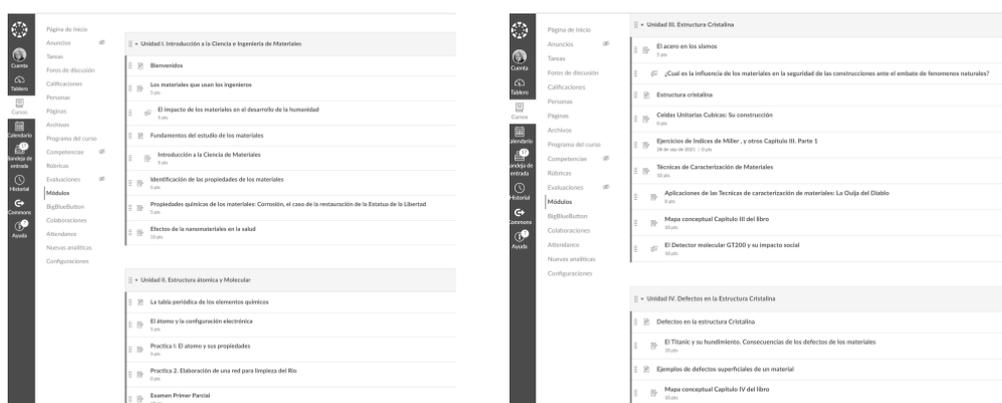


Figura 1. Algunas unidades del curso en la plataforma CANVAS.

### La puesta en marcha

En el curso estaban inscritos 18 estudiantes, 16 de sexo masculino y 2 femenino, con edades entre los 18 y 19 años. Los alumnos fueron registrados vía manual por la instructora y se les dio acompañamiento para poder acceder a la plataforma. En este punto se tuvieron problemas para ingresar y dar de alta el curso, ya que además usaban Classroom o Teams con otros profesores. De aquí se encuentra que tener clases en más de una plataforma les complica a los estudiantes el ingreso, ya que tenían que dominar su uso, en poco tiempo.

También reportaron tener las clases sincrónicas por Teams, Google Meet y Zoom y eso les consumía más recursos de memoria en su celular o computadora. Esto les causó un gasto económico por el uso de datos de telefonía celular, ya que en sus comunidades no cuentan con servicio en casa y desplazarse al centro de la ciudad les era muy costoso además de que disminuyó el número de autobuses para salir de sus comunidades, encareciendo el costo del pasaje, aunado en que en sus familias hubo una disminución de ingresos económicos. Por ello se abrió un grupo WhatsApp y en al menos dos casos, enviaban tareas y opiniones por este medio.

La universidad no contaba en ese momento con una plataforma institucional ni lineamientos sobre el trabajo virtual e híbrido.

Algunas aplicaciones de Zoom fueron importantes como la pizarra, compartir pantalla por los participantes, así como las salas de grupos reducidos. El uso de Mentimeter permitió tener una retroalimentación en tiempo real de las preguntas de los estudiantes, la cual fue utilizada en algunas de las sesiones, ya que puede ayudar a mejorar el aprendizaje, al preguntarles cómo

sentían que había impactado en lo que habían aprendido, alrededor del 80% dijo que Mentimeter aumentó significativamente el aprendizaje, ya que estaban atentos a las preguntas, aunque si se distraían un poco perdían la oportunidad de responder y les causaba cierto estrés.

La combinación de las discusiones en las salas pequeñas fue reportada por los estudiantes como una actividad que les daba la confianza, y que mejoraba considerablemente cuando la combinaban con otros recursos como el uso de la pantalla digital “Jamboard” o documentos de Google, ya que podían tener un producto resultado de las discusiones que les facilitaba el seguimiento y entrega de la tarea.

De acuerdo con el programa, las clases se imparten en siete horas semanales, de las cuales dos son prácticas, en esta edición, en cuatro de las 5 horas teóricas se llevaron a cabo de manera sincrónica y una para trabajo en plataforma, siguiendo ejercicios y actividades del libro de texto “Ciencia e ingeniería de materiales”. Las dos de prácticas se asignaron para la ejecución de los proyectos como trabajo independiente, las propuestas se describen a continuación.

### **Proyecto Historia y fabricación de un producto.**

La unidad uno del programa de la materia “introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales”, tiene como objetivo familiarizar a los estudiantes con la relación que existe entre las propiedades de los materiales, su procesamiento, aplicación y estructura, aquí se dan los antecedentes del curso, pero también se plantea la importancia de este conocimiento en su carrera. Se analizó una lectura acerca de los materiales que usan los ingenieros y se discutió en un foro acerca del impacto de los materiales en el desarrollo de la humanidad, de aquí se planteó el primer proyecto, donde los estudiantes deberían de seleccionar un producto, e investigar acerca de la evolución histórica del mismo. Dentro de su primer reporte era necesario hacer una tabla que considerara, el producto, momento histórico en el que se utilizó, características de su uso, tipo de material con el que se fabricaba y propiedades mecánicas, físicas y químicas. Posteriormente debía de seleccionar tres de ellos, para su fabricación.

En la segunda entrega era necesario, describir, los recursos, herramientas y materiales que utilizaría, así como un plan de diseño, basado en una metodología como el “pensamiento de diseño”. La última entrega debería incluir los productos terminados y mostrarlo a partir de un video, donde se describiera todo el proceso de fabricación y de investigación, acompañado de un informe escrito.

Los estudiantes recibieron una rúbrica de evaluación y asesoría constante para el seguimiento del proyecto. En la primera entrega se identificó que copiaban la información de la historia del producto de algunas páginas de internet, por lo que se les recomendó, que hicieran una línea del tiempo, una tabla, una infografía, con la intención de mostrar que habían procesado la información y no solo la transcribieron. Los productos propuestos por los estudiantes fueron: Evolución de los cosméticos, historia de los saborizantes artificiales, historia del tinte del cabello, la plancha, almacenamiento de música, historia del calzado, historia de los vasos,

evolución del cuchillo, la rueda y sus usos, las telas para vestido, la tela sintética, historia de las gafas, historia de las camas, entre otros temas.

Los productos para entregar eran: un documento con resumen, objetivos, historia, análisis de los materiales, proceso de manufactura de cada producto incluyendo evidencia de su fabricación y por último un video documentando la experiencia. En la figura 2 se comparte extractos del proyecto “Historia de la plancha.”

En general los proyectos cumplieron los aspectos requeridos y lo más importante es que con materiales que tenían en casa, pudieron fabricar los productos seleccionados, cabe mencionar que cada estudiante eligió el objeto a fabricar. Se observa que los productos propuestos por las estudiantes estaban relacionados a la cosmetología y por los varones a productos que requirieron de habilidades como soldadura, corte, pulido, etc. En el 100% de los casos, cubrieron los requisitos y expresaron que este trabajo les había dado satisfacción de realizarlo y reconocieron que ahora la historia tenía un significado diferente para ellos, ya que podían comprender su relación con los avances tecnológicos, también afirmaron que ahora se sentían capaces de construir cosas y que quizá, un día, podrían comercializar los productos que ahora fabrican, o similares.

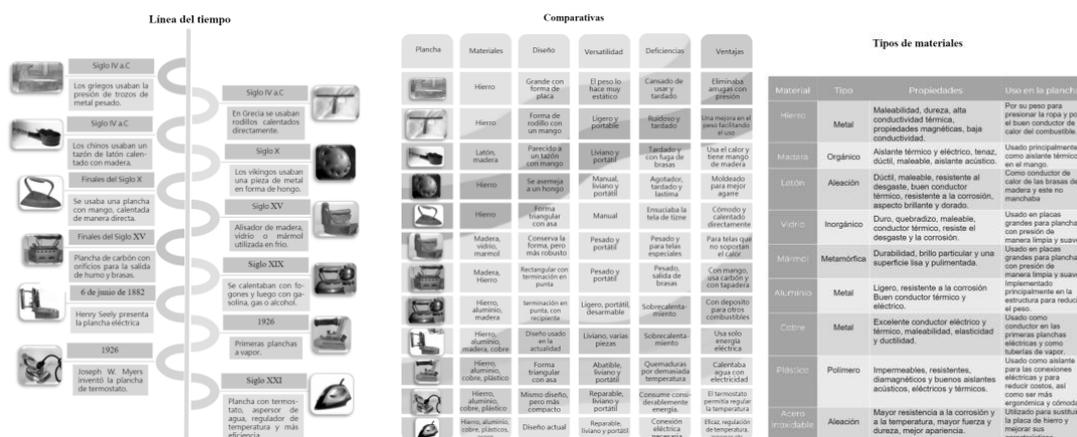


Figura 2. Ejemplo del análisis de las propiedades de los materiales una plancha. El video puede verse en el siguiente enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=Wf7XyGzomXs>

**Proyecto: Fabricación de una red para contención de residuos sólidos en cueros de agua de la región huasteca.**

Este proyecto fue propuesto por los estudiantes, el objetivo era construir un prototipo y que al final, pudieran compararse los diferentes caminos para producirlos de acuerdo con la creatividad, recursos al alcance y conocimientos previos en el proceso de manufactura de los materiales y su impacto en la comunidad. Por eso identificaron a la contaminación de los ríos como un problema, si bien es cierto en un inicio se habló de las descargas de los drenajes, se identificó que estas pruebas no podrían hacerse en casa, así que se decidió trabajar en cómo evitar que residuos sólidos como botellas PET (polietileno tereftalato o polietileno tereftalato,

más conocido por sus siglas en inglés PET, polyethylene terephthalate) y otro tipo de basura llegara al río. Se propuso que cada uno identificara un punto en el río para la ubicación de la red, considerando las características del cuerpo de agua en donde se iba a colocar la red para definir ciertos parámetros del diseño. Podrían trabajar individualmente o en colectivo si los estudiantes vivían en la misma comunidad.

De la misma manera se les proporcionó una rúbrica con los lineamientos y se dieron sesiones individuales de asesoría para los proyectos, los estudiantes compartían sus dudas frente a grupo en las clases sincrónicas y compartían un documento interactivo para su revisión preliminar. Hicieron al final una presentación de 15 minutos contando el proceso de elaboración y entregaron un reporte donde se describían cada uno de los pasos, siguiendo la metodología del “pensamiento de diseño”.

Es interesante notar la diversidad de diseños que realizaron los estudiantes y el enfoque que dieron a cada uno de los productos, por ejemplo, en la figura 3 se muestra el trabajo de una de las estudiantes, que creo una red a base de arpillas, con una estructura flexible, involucro a los miembros de la comunidad, quienes colaboraron en limpiar la zona de ramas y obstáculos que influían en el paso del agua.

En la figura 4, por otro lado, se muestra como el equipo conformado por tres estudiantes, obtuvieron hilo a partir de envases de refresco, con el hilo, hicieron un tejido para la construcción de la red, en este trabajo reportaron diferentes formas de tratamiento del hilo y de tejido, ya que lo asociaron a la resistencia de la red, para sostener la basura. La estructura la hicieron a base de tubos de PVC. En la figura 5 se da un ejemplo de cómo debían de determinar la ubicación y hacer el planteamiento inicial y seguimiento del diseño de la red, así como pruebas para medir la capacidad máxima de retención de basura, la deformación y haber realizado pruebas para medir las propiedades mecánicas de los materiales involucrados y la estructura.

Un equipo conformado por cinco estudiantes, realizaron tres prototipos diferentes, usando bambú y otate y otros materiales abundantes en la región, para la estructura, también hicieron propuestas de diferentes materiales para la red, como mecate, hilo cáñamo e hilo de PET, elaborados por ellos mismos, hicieron diferentes diseños, bajo consideraciones de captura, y fácil retiro de los desechos. La evidencia de su trabajo se muestra en la figura 6. En todos los casos, variaban los materiales utilizados, el tipo de tejido de la red, el tamaño y las el diseño en general, lo cual les llamó la atención ya que consideraban en un inicio que una red era una red y solo había una forma de hacerlo.

En todos los casos, los estudiantes midieron la cantidad de basura atrapada en dos semanas que debía el prototipo estar ubicado en la región y una propuesta para reciclar la basura atrapada y/o un plan para la gestión de los residuos sólidos.

Con esta experiencia se pensó en crear una red más grande para ser utilizada en el río Moctezuma, donde se presenta una mayor contaminación, muchos de estos residuos son desechados ahí o arrastrados por los drenajes que desembocan al río.

Los alumnos describieron en la evaluación de la actividad como una experiencia que les ayudó a comprender que la ingeniería requiere de un pensamiento creativo y que las propiedades de

los materiales son importantes en el diseño de aparatos y prototipos ya que determinan su funcionalidad, también comprendieron la importancia de las normas y de las regulaciones para el uso de materiales en diferentes condiciones. Un tema que resultó en la presentación final de los proyectos fue en relación con la conciencia, de que los materiales no se degradan fácilmente y como se encuentran en los cuerpos de agua, dañando al medio ambiente, considerando la importancia de los hábitos de consumo y de higiene. Estos puntos ayudan a construir una visión más responsable del uso de los materiales y las implicaciones en la creación de prototipos más amigables con el medio ambiente.



Figura 3. Colocación de la red y trabajo comunitario.



Figura 4. Red fabricada con hilo de Phet.



Figura 5. Análisis de la ubicación para la colocación de la red.



Figura 6. Desarrollo de tres prototipos diferentes, considerando diferentes técnicas y materiales.

## Conclusiones

Es importante que las instituciones educativas tengan un programa de formación de profesores permanente, donde puedan adquirir conocimientos sobre las tecnologías educativas emergentes y que de la misma manera se prepare a los estudiantes. Además de ello, contar con una infraestructura institucional sólida que facilite las clases en línea, así como lineamientos para el seguimiento de los avances de profesores y estudiantes, cada profesor y escuela definió sus propios mecanismos de operación, pero esto no permite hacer una sistematización de las prácticas docentes. El uso de recursos como el Mentimeter, permite una participación más activa de los estudiantes y se sienten todos escuchados, pero las preguntas deben ser cuidadosamente preparadas por el profesor para no perder el interés de los estudiantes y sobre todo, vincularlo de manera práctica con los aprendizajes que se desean potenciar en los alumnos, este recurso se ha vuelto una parte importante en las clases presenciales. Los proyectos realizados por los estudiantes pudieron ser construidos con materiales disponibles, les permitieron crear una conciencia ambiental y relacionar diferentes disciplinas del conocimiento, como la historia, la ecología, el diseño, además de las relacionadas al curso de ingeniería de materiales. Algunos recursos que se usaron durante la pandemia pueden ser fácilmente utilizados en ambientes presenciales de aprendizaje y, se resalta la importancia del aprendizaje híbrido, ya que siempre estamos expuestos a una situación que nos lleve a un confinamiento todavía más largo.

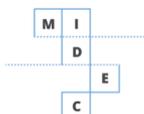
En este tipo de proyectos, desarrollan las habilidades de los estudiantes aplicando sus conocimientos en problemáticas puntuales en su entorno, promoviendo un desarrollo de la comunidad y beneficiando a la sociedad, en el futuro. Es importante que los profesores permitan la creatividad de los estudiantes, dándoles herramientas para identificar cuál de los prototipos desarrollados es el mejor según los resultados de la experimentación.

## Referencias bibliográficas

- Cecil, J., Ramanathan, P., & Mwavita, M. (2013, October). Virtual Learning Environments in engineering and STEM education. In 2013 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE) (pp. 502-507). IEEE.
- Contreras, J. G. T., Sandoval, R. J. M., Bazán, B. S. R., & Davila, Y. V. C. (2021). Trabajo y aprendizaje colaborativo en la universidad. Aproximaciones en pandemia. *Gobernanza*, 4(16), 88-104.
- De los Santos García, F.M. Suárez Rodríguez, C.P. (2023). Aprendizaje de las ciencias: Secado de alimentos como proyecto STEM. *Cultura Científica y Tecnológica*. 20 (3). DOI: 10.20983/culcyt.2023.3.2e.5
- Gülen, S., Dönmez, İ., & İdin, Ş. (2022). STEM education in metaverse environment: Challenges and opportunities. *Journal of STEAM Education*, 5(2), 100-103.
- Higgins, M. M., Taylor, A. H., Rocco, S. A., Kimel, R. A., & Sinnott, S. B. (2022). COVID-19 pandemic student engagement strategies for materials science and engineering courses.
- Idoyaga, I., & Lorenzo, M. G. (2023). La educación en ciencias naturales en la universidad intangible. Hacia una buena enseñanza remota de emergencia. *Revista de estudios y experiencias en educación*, 22(48), 310-326.
- Idoyaga, I., Vargas-Badilla, L., Moya, C. N., Montero-Miranda, E., & Garro-Mora, A. L. (2020). El Laboratorio Remoto: una alternativa para extender la actividad experimental. *Campo universitario*, 1(2), 4-26.
- Llorens-Largo, F., Villagrà-Arnedo, C., Gallego-Durán, F., & Molina-Carmona, R. (2021). COVID-proof: cómo el aprendizaje basado en proyectos ha soportado el confinamiento. *Campus Virtuales*, 10(1), 73-88.
- López-Gamboa, M. V. (2021). Curso virtual: educación STEM/STEAM, concepción e implementación. Experiencias de su ejecución con docentes costarricenses. *Revista Innovaciones Educativas*, 23(SPE1), 163-177.
- Marrero, M. E., Gunning, A. M., & Germain-Williams, T. (2014). What is STEM education?. *Global Education Review*, 1(4).
- Mushtaha, E., Dabous, S. A., Alsyouf, I., Ahmed, A., & Abdraboh, N. R. (2022). The challenges and opportunities of online learning and teaching at engineering and theoretical colleges during the pandemic. *Ain Shams Engineering Journal*, 13(6), 101770.
- Navarro, A., Dabenigno, V., Güelman, M., Lemos, S., Rossi, C., & González, D. (2020). Enseñar metodología de la investigación social en tiempo de pandemia: del vínculo pedagógico al aprendizaje activo y colaborativo.
- Ortiz, K. N. T., Muñoz, D. C. H., & Mendoza, W. N. M. (2020). Importancia de los laboratorios remotos y virtuales en la educación superior. *Documentos De Trabajo ECBTI*, 1(1).

- Panebianco, C. J., Iatridis, J. C., & Weiser, J. R. (2022). Teaching principles of biomaterials to undergraduate students during the COVID-19 pandemic with at-home inquiry-based learning laboratory experiments. *Chemical engineering education*, 56(1), 22.
- Peek, N., Jacobs, J., Ju, W., Gershenfeld, N., & Igoe, T. (2021). Making at a distance: teaching hands-on courses during the pandemic. In *Extended Abstracts of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1-5).
- Romero, R. E., Stoessel, A. F., & Rocha, A. (2020). Un estudio de diseño sobre la implementación de laboratorios remotos en la enseñanza de la física universitaria: la observación del trabajo de los estudiantes. *Revista de enseñanza de la física*, 32(1), 75-91.
- Suárez Rodríguez, C. P., Castillo-Meraz, R., Zamora, C., & Villegas, E. (2022). La formación docente en STEM y su relación con las tecnologías disruptivas a partir de la pandemia por SARS-COV2. *Tecnologías Disruptivas y su impacto en la vida social y económica de México. Colección Investigación Regional para la Atención de Necesidades Locales, Número 10*. Editorial Plaza y Valdés, México.
- Suárez Rodríguez, C.P., Castillo-Meraz, R. Martínez Ortiz, N. Pérez Santiago A. O. (2022). Proyecto STEM sobre la generación de energía eléctrica en el río Amajac usando turbinas. *Cultura Científica y Tecnológica*. 19 (3).  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8556660>
- White, D. W. (2014). What is STEM education and why is it important. *Florida Association of Teacher Educators Journal*, 1(14), 1-9.





ISBN 978-950-29-2034-4

