

Aprender vulcanismo mediante proyectos escolares: un diseño pedagógico con tecnología digital en contexto de pandemia

Learning Volcanism Through School Projects: A Pedagogical Design Using Technology in Pandemic Context

Jhon Silva-Alé¹

RESUMEN

Este artículo presenta el diseño e implementación de una propuesta didáctica de aprendizaje basado en proyectos, la cual ha sido mediada por tecnologías digitales, dentro de un marco de adecuaciones y adaptaciones propiciadas por la emergencia sanitaria causada por la pandemia de COVID-19. La propuesta tiene como propósito que los/as estudiantes puedan aprender contenidos relacionados con la actividad volcánica en Chile y sus consecuencias medioambientales en contexto de pandemia. La implementación de esta propuesta, en la que participaron 255 escolares de 12 a 13 años pertenecientes a tres colegios particulares de Santiago de Chile, se llevó a cabo entre julio y noviembre de 2020. Se utilizaron estrategias de trabajo colaborativo sincrónico y asincrónico, y se integraron curricularmente diversas tecnologías: videoclases grabadas, videos motivacionales, aplicaciones de realidad aumentada y editores de maquetas de diseño gráfico de dispositivos móviles (*mockups*) para construir *apps*. La planificación e implementación es analizada descriptivamente para conocer los objetos que configuran las instancias finales de la secuenciación didáctica. Por otra parte, gracias a las evaluaciones posteriores, se logró develar actitudes favorables asociadas a la intencionalidad de uso de los editores de maquetas utilizados durante la innovación.

Palabras claves: aprendizaje basado en proyectos; innovación educativa; ciencias físicas; vulcanismo; integración curricular de TIC; pandemia; COVID-19.

ABSTRACT

This article presents the design and implementation of a project-based learning didactic proposal, which has been mediated by digital technologies, within a framework of adjustments and adaptations caused by the health emergency caused by the COVID-19 pandemic. The purpose of the proposal is that students can learn content related to volcanic activity in Chile and its environmental consequences in the context of a pandemic. The implementation of this proposal, in which 255 schoolchildren between 12 and 13 years old from three private schools in Santiago de Chile participated, took place between July and November 2020. Synchronous

¹ Profesor de Laboratorio de Física, Pedagogía en Física y Matemática, Universidad de Santiago de Chile; Magíster en Educación, mención Informática Educativa, Universidad de Chile; jhon.silva@usach.cl; <https://orcid.org/0000-0002-1999-4012>.

and asynchronous collaborative work strategies were used, and various technologies were curricularly integrated: recorded video classes, motivational videos, augmented reality applications and editors of graphic design mockups for mobile devices (mockups) to build apps. The planning and implementation is descriptively analyzed in order to know the objects that make up the final instances of the didactic sequencing. On the other hand, thanks to the subsequent evaluations, it was possible to reveal favorable attitudes associated with the intentionality of use of the mock-up editors used during the innovation.

Keywords: *Project-based learning; educational innovation; physical sciences; volcanism; ICT curricular integration; pandemic; COVID-19.*

Marco teórico

Los sistemas educativos han demostrado una notable resistencia, flexibilidad y compromiso con la educación al haber establecido estrategias para la continuidad educativa, en condiciones extremadamente desafiantes, durante la pandemia (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos [OCDE], 2020a). Los gobiernos y las autoridades han priorizado la continuidad del aprendizaje académico por sobre el desarrollo socioemocional y afectivo de las/os estudiantes, y existe acuerdo en que no todos/as han podido participar de manera consistente en las actividades establecidas por las nuevas estrategias educativas de emergencia (OCDE, 2020a; OCDE, 2020b). A pesar de esto, el esfuerzo invertido en construir entornos de aprendizaje remoto proyecta un gran potencial para aumentar la eficacia pedagógica de los/as docentes y las escuelas del futuro. Además, el conocimiento y la experiencia adquiridos con diversas modalidades de aprendizaje remoto de emergencia se consolidan como insumos que, bien aprovechados, pueden desplegarse en el futuro para diferentes propósitos (OCDE, 2020a).

Frente a esto, se ha declarado como fundamental que las lecciones aprendidas de las experiencias educativas remotas y de emergencia se recopilen y evalúen sistemáticamente para los diversos contextos y áreas de especialización, y que los sistemas educativos y las escuelas investiguen formas a través de las cuales los entornos innovadores de enseñanza y aprendizaje puedan integrarse más plenamente en la educación (OCDE, 2020a; OCDE, 2020c).

No es fácil hablar de innovación en la educación y mucho menos en contextos de pandemia. Determinar dónde, cómo y cuándo está ocurriendo la innovación y si es efectiva o no, es una tarea difícil (OCDE, 2019a). Actualmente existe poca evidencia de que el énfasis de la prescripción curricular de cada país favorezca el desarrollo de aprendizajes que permitan a

los/as estudiantes prosperar en un mundo donde la innovación es fundamental (OCDE, 2019a). Esto es doblemente preocupante si consideramos que, en el contexto actual, gran parte de las interacciones ocurren en entornos y espacios digitales mediados por diversas tecnologías. A pesar de que comúnmente son asociadas, la innovación en las prácticas educativas no está necesariamente relacionada con la tecnología (OCDE, 2019a). Sin embargo, la disponibilidad y el acceso a computadoras, dispositivos móviles y tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en las actividades escolares de los/as estudiantes ha sido un importante impulsor y potenciador del cambio educativo durante la última década (OCDE, 2019a).

Llevar las TIC al aula requiere de un diseño pedagógico adecuado que no exponga ni distraiga a los/as estudiantes mientras aprenden (Leo y Puzio, 2016). En este sentido, es necesario resguardar que las TIC puedan convertirse en potenciadoras, aumentadoras y socias de la cognición, para lo cual deben ser implementadas en base a una metodología pedagógica coherente que se justifique en “una necesidad o un problema del aprender” (Sánchez, 2004, p.86).

Entre las metodologías que han demostrado buenos resultados para el aprendizaje de las ciencias físicas con estudiantes escolares, destaca el aprendizaje basado en proyectos (ABP) (Larmer y Margendoller, 2010; Martí, 2010), el aprendizaje basado en indagación (ABI) (Anderson, 2007), el aprendizaje basado en la modelación (ABM) (Hestenes, 1987), el aprendizaje basado en retos (ABR), y el aprendizaje basado en problemas (ABPro).

Particularmente, la metodología del aprendizaje basado en proyectos (ABP) presenta una raíz socioconstructiva (Larmer y Margendoller, 2010; Botella y Ramos, 2019) y se basa en principios de diseño transversales, relacionados con lo que se enseña, el cómo se enseña y el cómo se evalúa (Quindt y Condliffe, 2018; Condliffe et al., 2017). En su estructura típica, el ABP suele estar motivado por una pregunta clave o guía que los/as estudiantes exploran y responden a través del diseño de un proyecto, guiado por distintas etapas (Larmer y Margendoller, 2010; Larmer et al., 2015) y con respaldo de andamios, es decir, métodos y tecnologías que les ayudan a tener éxito en tareas complejas y de forma autónoma. Entre las etapas más comunes del ABP destacan: a) el lanzamiento inmersivo, en donde se presenta un problema o pregunta desafiante e interesante; b) la indagación sostenida, la cual implica realizar procesos continuos de teorización y verificación para generar contrastes entre las creencias y la realidad; c) la autenticidad, en donde se permite a los/as estudiante que tomen decisiones sobre cómo abordar sus proyectos; d) la reflexión, la cual busca brindar oportunidades para que los/as

participantes reflexionen sobre sus propios procesos de aprendizaje; e) la revisión crítica, que incluye procesos de evaluación y retroalimentación individual y entre pares para mejorar el aprendizaje; f) el producto público, que corresponde a un artefacto físico o virtual que sintetiza algunos de los aprendizajes logrados durante las etapas anteriores y que debe ser expuesto a un público abierto y amplio (Ministerio de Educación de Chile [Mineduc], 2019).

Respecto de metodologías más tradicionales, la evidencia actual destaca que el ABP puede mejorar significativamente los aprendizajes de ciencias naturales físicas, logrando efectos positivos en el rendimiento académico (Balemen y Keskin, 2018; Santyasa et al., 2020). También puede mejorar la eficiencia durante la resolución de problemas reales (Samsudin et al., 2020) e incluso fomentar beneficios, en términos de desarrollo de habilidades emocionales y psicomotoras (Baran et al., 2018).

Por otra parte, existe evidencia de que las prácticas de innovación para el desarrollo de habilidades de orden superior en ciencias mejoran al ser mediadas adecuadamente por el uso de TIC y dispositivos móviles (OCDE, 2019a), por ejemplo, al trabajar con datos científicos, simuladores virtuales, desarrollar experiencias de investigación, actividades interactivas, de laboratorio, etc. Al mismo tiempo, usar computadoras para buscar ideas e información científica favorece el desarrollo de habilidades técnicas interdisciplinarias (OCDE, 2019a).

Dentro de las acciones que han propuesto las organizaciones internacionales para medir los cambios de innovación en educación, se ha destacado como esencialmente relevante supervisar las tecnologías que sustentan la transformación digital en el contexto educativo, así como medir la confianza en ambientes en línea y estudiar mejor las actitudes de los y las estudiantes que interactúan digitalmente (OCDE, 2019b).

Metodología

El sistema de prescripción curricular en Chile declara que, para la asignatura de Ciencias Naturales, los/as estudiantes de 12 a 13 años (correspondiente a 7° básico, según la organización escolar del país) deben desarrollar aprendizajes que les permitan “explicar, sobre la base de evidencias y por medio de modelos, la actividad volcánica y sus consecuencias en la naturaleza y la sociedad” (Objetivo de Aprendizaje 10) (Mineduc, 2015, p.146). Esto se debe a las características geográficas que presenta el país y la relevancia de comprender cómo actuar y resguardarse en caso de una emergencia por actividad volcánica. Con el fin de lograr este

objetivo de aprendizaje, la propuesta didáctica que se presenta en este artículo utilizó la metodología de aprendizaje basado en proyectos (ABP).

La implementación se realizó durante aproximadamente seis semanas, entre octubre y noviembre de 2020, en tres colegios particulares de Santiago de Chile, en las comunas de Peñalolén, Las Condes y Chicureo. Se utilizaron estrategias de trabajo remoto sincrónico y asincrónico, mediado por la plataforma educativa www.tuclase.cl.

En total, participaron 255 estudiantes, la mayoría con alta conectividad (entre el 90% y 95% cuenta con acceso a recursos tecnológicos y conexión a internet), junto con seis profesores/as guías. Los/as estudiantes trabajaron divididos/as en grupos de 20 a 25 por aula, los cuales a su vez fueron subdivididos/as en equipos colaborativos de 4 a 5 integrantes (Barkley et al., 2007). Cada uno de los grupos estuvo a cargo de un/a docente, quien dirigió de manera autónoma e independiente cada aula virtual, con dos sesiones semanales de entre 60 y 90 minutos cada una. Participaron de la implementación dos docentes de física, dos de física y matemática, y dos de física y tecnología, todos/as con más de cinco años de ejercicio profesional en enseñanza básica y media en Chile.

Los/as seis docentes participantes fueron informados/as con dos semanas de anticipación sobre los objetivos de la propuesta de aprendizaje basado en proyectos, sus etapas, productos y tiempos estimados. Además, se les facilitó el material de trabajo (vídeos, guías, rúbricas y material teórico de apoyo). La descripción general de las instancias que configuran la propuesta didáctica es detallada en el siguiente subapartado.

Por otro lado, para supervisar la innovación educativa de la última etapa del proyecto, se propuso un plan para analizar de forma acotada la intención de uso expresada por los/as estudiantes tras integrar curricularmente los editores de maquetas de dispositivos móviles. En esta etapa, cada equipo debía construir un *mockup* (maqueta de diseño gráfico) para generar conciencia en la ciudadanía sobre la importancia de informarse sobre los fenómenos volcánicos. En este sentido, el carácter metodológico del estudio fue mayoritariamente cuantitativo (Hernández et al., 2017), pues se evaluaron intencionadamente algunos efectos producidos tras la innovación, buscando develar una pequeña parte de la realidad educativa de interés. Durante este subproceso, se aplicó a 51 estudiantes una encuesta actitudinal en escala Likert de 5 niveles (donde 1 es “nada probable” y 5 es “muy probable”). Dicha encuesta permitió explorar la actitud hacia la intención de uso de las tecnologías integradas curricularmente durante la implementación del ABP remoto de emergencia. Para su construcción, se adaptaron cuatro

aseveraciones de la teoría unificada de aceptación y uso de tecnología (UTAUT) (Venkatesh et al., 2003), tal y como se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1

Aseveraciones adaptadas del modelo UTAUT

Aseveraciones adaptadas	Variable
Diseñar un <i>mockup</i> sobre cultura volcánica es buena idea.	
Diseñar un <i>mockup</i> sobre cultura volcánica hace el trabajo más interesante.	Actitud hacia el uso del
Trabajar en un <i>mockup</i> sobre cultura volcánica es divertido.	<i>mockup</i>
Me gusta trabajar en un <i>mockup</i> sobre cultura volcánica.	

El proceso de adaptación instrumental consideró una etapa de ajuste semántico, dada la complejidad presentada en el lenguaje de las aseveraciones del instrumento original. También se optó por no aplicar más cantidad de preguntas, considerando la edad de los/as participantes (12 a 13 años) y los tiempos acotados durante las clases sincrónicas y asincrónicas.

Los datos recopilados durante la aplicación de la encuesta fueron analizados a través de un estudio estadístico descriptivo, mediante los *softwares* Excel y SPSS, para realizar una lectura general de las respuestas según las distintas dimensiones evaluadas, es decir, los ítems y dominios específicos y sus tendencias.

Diseño de la propuesta didáctica

El presente trabajo surgió para abordar las dificultades de enseñar vulcanismo en contexto de emergencia sanitaria y a través de una educación a distancia. La metodología de la didáctica se planteó desde una mirada de investigación en diseño educativo (Plomp y Nieveen, 2010), a través de tres etapas: lanzamiento inmersivo, indagación sostenida y exhibición pública.

El lanzamiento comenzó con la presentación de un video motivacional de confección original, el cual expuso notas de prensa actuales con información sobre las consecuencias de los sismos y volcanes en Chile. El video culminó con la presentación de la pregunta clave: ¿qué medidas debemos adoptar en Chile respecto de las dinámicas de la Tierra? Los/as estudiantes exploraron y respondieron esta pregunta a lo largo de todo el proyecto (Larmer et al., 2015). Las noticias fueron seleccionadas para despertar la curiosidad de los/as estudiantes respecto de las conductas inapropiadas que suele tener la población chilena y extranjera al momento de generarse un evento sísmico y/o volcánico en el país. En este escenario, surgió la necesidad de abordar una problemática local y profundizar en los aspectos teóricos sobre cómo se generan las dinámicas terrestres. Esto dio paso al inicio del circuito indagatorio.

Luego de la presentación y lanzamiento, cada docente a cargo compartió un documento guía para que todos los/as estudiantes pudieran conocer anticipadamente las etapas y los tiempos que guiarían el inicio, desarrollo y cierre del proyecto escolar, las tareas asignadas y algunos recursos de apoyo.

El circuito de indagación se desarrolló en modalidad sincrónica y estuvo influenciado por el diseño didáctico de Buendía, Bustamante y Gallardo (2019), con inserciones de nuevos recursos de realidad aumentada de la aplicación Explorer MergeCube y el diseño de nuevas actividades orientadas a la construcción de un *mockup*. La indagación contó con el apoyo de dos guías de trabajo colaborativo que los/as estudiantes finalizaron al cabo de dos semanas. Ambas guías indagatorias fueron realizadas durante las jornadas de trabajo sincrónico dentro de la plataforma. Para ello, los/as estudiantes eran orientados/as durante los primeros 10 o 15 minutos de las clases y luego eran separados/as en equipos de trabajo independientes, para ser monitoreados/as y retroalimentados/as por el/la docente a cargo. Cada equipo debía desarrollar y entregar vía plataforma una de sus guías semanalmente.

La primera guía indagatoria buscó comprender las bases de las teorías sobre terra-formación, tectónica de placas y generación de sismos como una de sus consecuencias esenciales. En esta etapa, los/as estudiantes utilizaron la aplicación Explorer MergeCube, junto con una plantilla de papel del cubo (descargable de manera gratuita) que se utiliza como disparador de objetos de realidad aumentada, tal y como se presenta en la Figura 1.

Figura 1

Plantilla de papel del MergeCube (izquierda) junto con una de las simulaciones de realidad aumentada utilizadas en la primera guía, para mostrar las placas tectónicas

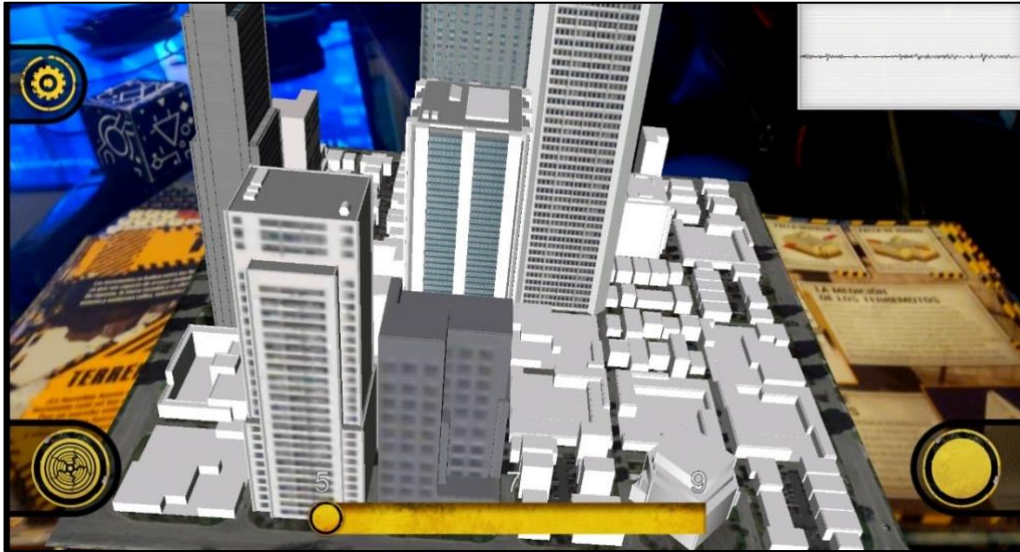


Con el modelo de papel, los/as estudiantes simularon tener al planeta Tierra en sus manos durante distintas etapas de su formación. Esto les permitió interactuar con el objeto de estudio e identificar y analizar los movimientos tectónicos, los tipos de placas y sus nombres.

Otro de los recursos integrados en la primera guía indagatoria fue el uso del libro de realidad aumentada iTormenta (iStorm en inglés). Dentro de la guía se facilitó la plantilla presentada en el libro, que detalla las características de las ondas sísmicas, los tipos de fallas, las mediciones y las pruebas de terremotos, junto con una simulación de un terremoto en una ciudad, tal y como se presenta en la Figura 2.

Figura 2

Simulación de realidad aumentada del libro iTormenta donde se observan las consecuencias de un terremoto en una gran ciudad junto con algunas mediciones

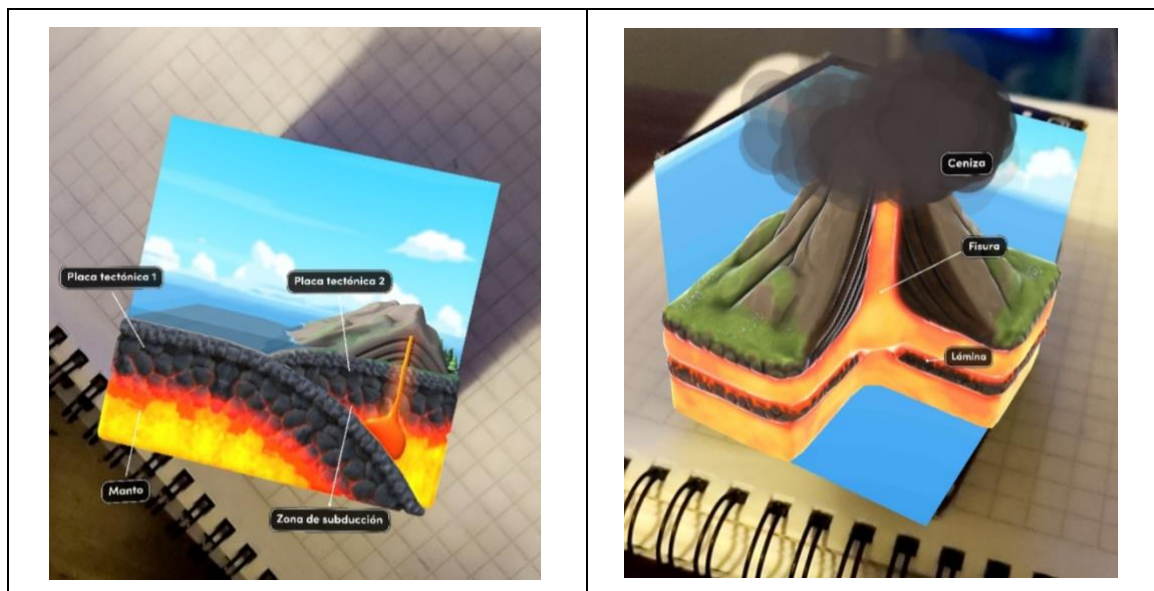


El recurso tecnológico iTormenta se integró curricularmente para dar cuenta de las consecuencias devastadoras de los terremotos y para reconocer la utilidad de las medidas de precaución y seguridad que deben adoptar las personas que viven en grandes ciudades. Luego de ello, los/as estudiantes aplicaron sus observaciones a nuevos contextos e indagaron respecto a qué otras medidas de precaución y seguridad son necesarias de consolidar en nuevos escenarios como, por ejemplo, el campo, los pueblos pequeños, los puertos, etc. Esta etapa la complementaron con una investigación en internet sobre los protocolos propuestos por las organizaciones nacionales.

En la segunda guía indagatoria, los/as estudiantes volvieron a explorar el recurso de Explorer MergeCube para profundizar en las estructuras volcánicas y su relación con las actividades de las placas tectónicas. En esta ocasión, cada grupo comenzó proponiendo un modelo básico para explicar desde sus conocimientos e ideas la formación de volcanes, los tipos de volcanes y su presencia en distintos lugares del planeta. Luego, con ayuda del Explorer MergeCube, pudieron manipular dos escenarios de realidad aumentada dentro del cubo de papel. En el primero lograron identificar fenómenos de subducción entre placas, mientras que en el segundo analizaron los procesos mediante los cuales el magma puede emerger con el movimiento entre placas, formando un volcán, tal y como se presenta en la Figura 3.

Figura 3

Simulación de realidad aumentada en MergeCube utilizadas durante la segunda guía indagatoria para mostrar elementos de la formación volcánica



El recurso del Explorer MergeCube buscó orientar a los/as estudiantes al momento de formalizar y consensuar los modelos propuestos para explicar la formación volcánica. Los/as estudiantes finalizaron esta etapa planteando preguntas y respuestas sobre las consecuencias asociadas a los demás tipos de interacciones entre placas tectónicas, para indagar si se pueden generar otros tipos de fisuras para la formación volcánica y los distintos lugares de la Tierra en que estas se pueden generar.

Al finalizar las guías indagatorias, los/as estudiantes avanzaron a la siguiente etapa, cuya duración fue de aproximadamente una semana y media. En ella diseñaron el primer subproducto, que consistió en un tríptico donde cada grupo debía informar a turistas y comunidades de una región particular de Chile sobre los elementos esenciales que deben conocer, considerando características contextuales y una explicación sobre la formación de sismos, volcanes y sus principales consecuencias.

Durante las últimas dos semanas de implementación los/as estudiantes construyeron y compartieron los *mockups*, los cuales fueron diseñados con el programa Adalo en su versión libre. El *mockup* fue planteado como una aplicación para dispositivos móviles de carácter

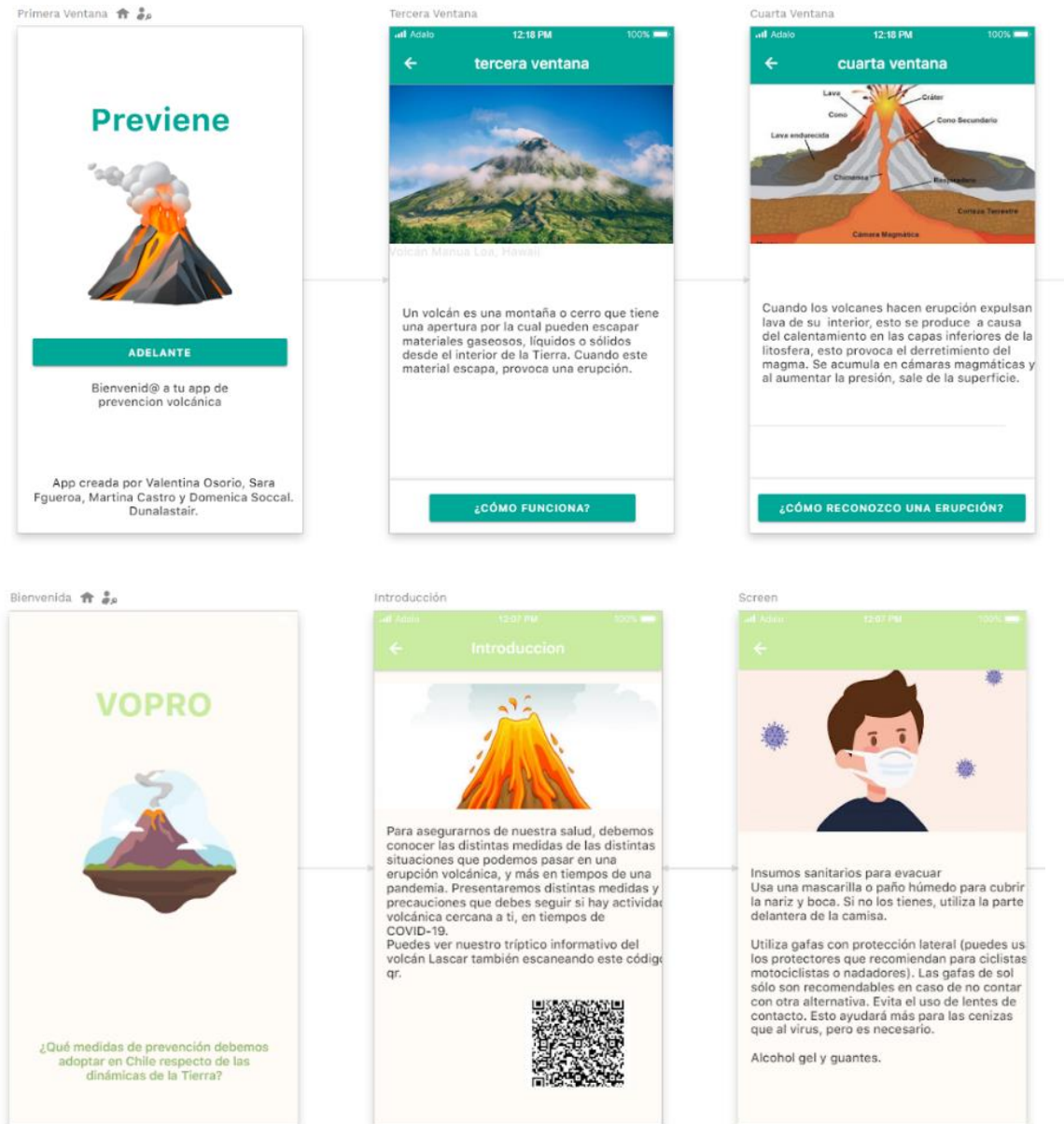
gubernamental, con la cual los/as estudiantes debían orientar a la población y los/as turistas respecto de las medidas a adoptar en caso de erupciones volcánicas en el contexto de pandemia. En la penúltima semana, los/as estudiantes construyeron su primer prototipo de *mockup* como segundo subproducto, el cual fue evaluado, calificado y retroalimentado por sus propios pares y el/la docente a cargo. En la última semana, los/as estudiantes depuraron su prototipo inicial de *mockup* y lo prepararon para exhibirlo públicamente, como producto final, ante las autoridades locales municipales y la comunidad educativa. Para comunicar sus resultados finales al público, cada grupo de estudiantes adoptó un rol ficticio (vulcanólogo/a, prevencionista de riesgos, guía turístico, científico/a de salud, comunicador/a), a partir del cual informaron sobre las distintas características involucradas en el producto final. La exhibición se realizó de manera sincrónica, dentro del horario de clases, con la participación de diversas personas externas en cada colegio. Los datos recopilados durante la implementación didáctica fueron analizados a partir de los resultados de los productos finales, los cuales fueron expuestos por los distintos grupos al culminar del proyecto.

Resultados

Los *mockups* sobre cultura volcánica elaborados por los/as estudiantes fueron variados en cuanto a su estructura, diseño gráfico, distribución de contenido y calidad. La mayoría de los productos siguieron una estructura de distribución lineal, tal como se puede apreciar en los ejemplos de la Figura 4. Solo una de las estructuras presentó una distribución de información con mayor cantidad de bifurcaciones. Lo anterior debe evaluarse con mayor rigurosidad para determinar cuáles son los factores asociados a modelos lineales de transición dentro de las interfaces construidas por los/as estudiantes.

Figura 4

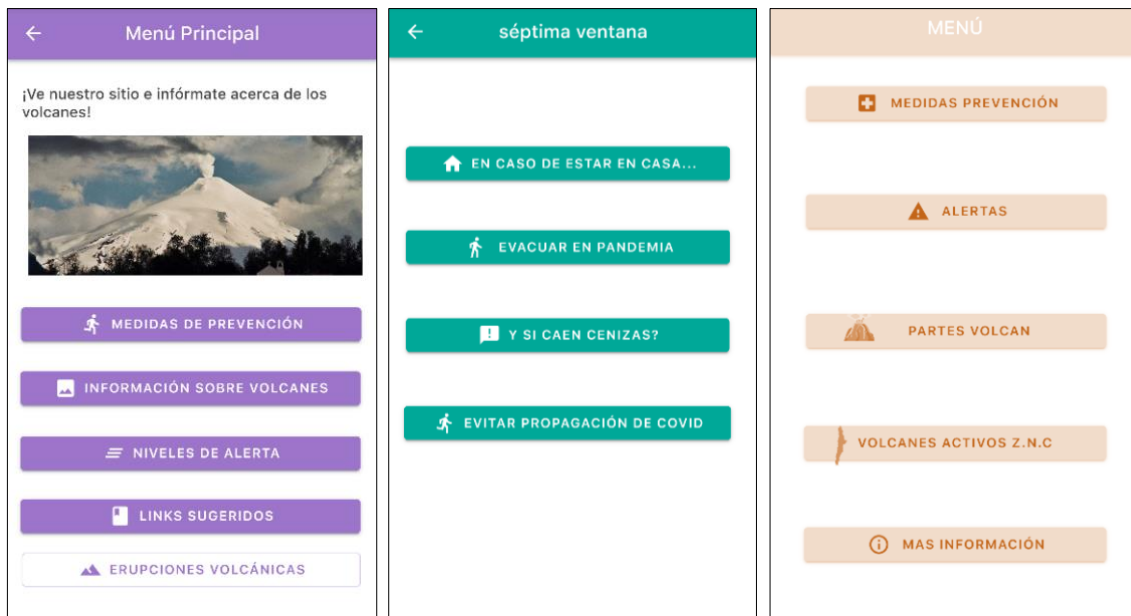
Distribución de la información en dos mockups construidos por grupos de estudiantes de 12 años



Respecto a la navegación, los diseños del menú de navegación principal presentaron una interacción similar en los distintos grupos: botones con forma y tamaño similar, íconos similares o iguales, y representaciones visuales equivalentes para expresar las mismas ideas. Por ejemplo, en la Figura 5 se muestran tres menús de navegación con botones rectangulares, flechas para retroceder, íconos sobre salidas de emergencia, íconos sobre los volcanes o la actividad volcánica, etc.

Figura 5

Diseño de navegación del menú principal de mockups sobre cultura volcánica, construidos por tres grupos de estudiantes de 12 años



Uno de los elementos atinentes a la situación social causada por la emergencia sanitaria fue la construcción de al menos una ventana de interfaz relativa a medidas para la prevención de contagios en caso de actividad volcánica, como se puede apreciar en la Figura 6. Cada grupo de estudiantes propuso una distribución de información diferente, considerando aspectos como: a) el uso de recursos sanitarios para realizar evacuaciones durante la pandemia: mascarillas, alcohol gel, guantes, protector facial, lentes de seguridad, agua potable, ropa, entre otros; b) recomendaciones o sugerencias para evitar la propagación del COVID-19 al momento de evacuar en lugares poblados; c) recomendaciones para resguardar la salud durante la ocurrencia de fenómenos asociados a erupciones volcánicas como, por ejemplo, la caída de cenizas en lugares habitados, lluvia ácida, derrumbe de tierra suelta, caída de piroclastos, etc.; d) medidas de prevención para resguardar a los animales y la familia, antes y después de una erupción volcánica en pandemia, considerando seguir las instrucciones recomendadas por las autoridades u organismos encargados.

Figura 6

Interfaces sobre medidas de prevención de contagios en presencia de actividad volcánica, elaboradas por cuatro grupos de estudiantes de 12 años



Este tipo de interfaces, junto con aquellas asociadas a las explicaciones sobre volcanes, permitieron evidenciar algunas de las construcciones y explicaciones teóricas que daban los/as estudiantes durante la exhibición pública del proyecto, en respuesta a las consecuencias de los fenómenos naturales ocasionados por la actividad volcánica en contexto de pandemia.

Por otro lado, los resultados de la encuesta aplicada al finalizar la actividad, presentados en la Tabla 2, permitieron reconocer tendencias sobre las cuatro aseveraciones.

Tabla 2

Aseveraciones adaptadas del modelo UTAUT

Actitud hacia el uso del <i>mockup</i>	Frecuencia absoluta porcentual				
	1	2	3	4	5
Diseñar un <i>mockup</i> sobre cultura volcánica es buena idea.	0%	2%	6%	17%	75%
Diseñar un <i>mockup</i> sobre cultura volcánica hace el trabajo más interesante.	0%	0%	2%	10%	88%
Trabajar en un <i>mockup</i> sobre cultura volcánica es divertido.	0%	0%	2%	2%	96%
Me gusta trabajar en un <i>mockup</i> sobre cultura volcánica.	0%	4%	10%	25%	60%

Nota. Todos los ítems se midieron en una escala Likert de 5 puntos, donde 1 corresponde a “nada probable”; 2 a “poco probable”; 3 a “ni probable ni poco probable”; 4 a “probable”; y 5 a “muy probable”.

Al analizar los resultados, se observa que la mayoría de los/as estudiantes consideró que el diseño del *mockup* sobre cultura volcánica es una buena idea (un 92% señaló la opción “probable” o “muy probable”), la cual vuelve más interesante su trabajo escolar (un 98% escogió la opción “probable” o “muy probable”) y divertido (un 98% señaló “probable” o “muy probable”). Asimismo, cerca de un 85% de los/as estudiantes encuestados/as expresó que le gustó trabajar en el diseño de un *mockup* sobre cultura volcánica. En general, se observó una actitud favorable hacia la implementación de la innovación educativa en su etapa final.

Conclusiones

Expuestos los resultados, se concluye que la propuesta de innovación con tecnología que fue implementada, en contexto de emergencia sanitaria y bajo la metodología del ABP, evidencia diseños e información pertinentes para el logro de aprendizajes sobre actividad volcánica y sus consecuencias naturales y sociales. A modo general, el proceso de diseño e implementación de la propuesta didáctica fue exitoso, pudiendo desarrollarse en los tiempos asignados y en coherencia con la prescripción curricular del país. Los/as estudiantes pudieron abordar la pregunta clave de diversas maneras, logrando atender una problemática contingente para la ciudadanía local, a través de distintas propuestas de proyectos.

Algunas de las dificultades manifestadas por los/as docentes durante la implementación de la secuencia didáctica se asociaron al uso del editor de maquetas Adalo y los recursos de realidad aumentada que conformaron el circuito indagatorio. Algunos/as docentes no los conocían y no sabían cómo utilizarlos. Esta observación se repitió entre grupos de estudiantes, ante lo cual se optó por elaborar videos tutoriales de confección propia para apoyar la implementación.

Otra dificultad manifestada fue que algunos/as estudiantes no tenían espacio suficiente en sus dispositivos móviles para instalar las aplicaciones de realidad aumentada iTormenta y Explorer MergeCube. Ante esta situación, se optó por aprovechar las instancias de trabajo colaborativo sincrónico para que los/as estudiantes que tuvieran espacio suficiente en sus dispositivos móviles pudieran proyectar su pantalla y compartir así la experiencia con los/as demás integrantes de su equipo.

El trabajo colaborativo se desarrolló de manera exitosa, con leves inconvenientes presentados por algunos grupos en lo relativo a la repartición de ciertas actividades que requerían el consenso del grupo completo. Cabe destacar que los/as estudiantes ya conocían la metodología de trabajo, dado que contaban con otras experiencias previas de proyectos colaborativos.

En cuanto a las dificultades conceptuales sobre el fenómeno de estudio, los/as estudiantes cometieron errores recurrentes al tener que relacionar los límites entre las placas tectónicas ubicadas en el planeta Tierra, con los puntos frecuentes de formación sísmica y de actividad volcánica. También presentaron inconvenientes recurrentes al momento de analizar los niveles de las escalas sísmicas (Richter y Mercalli) y sus consecuencias. En este sentido, las dificultades

halladas se presentaron al momento de tener que cuantificar la cantidad de energía para diferenciar un nivel energético de otro y un nivel de generación de daños materiales de otro. En cuanto a la actividad volcánica, dos de las ideas alternativas recurrentes entre los grupos se asoció a la formación de volcanes, bajo la suposición de que estos no se podían formar en cortezas oceánicas, ya que estaban hechos de tierra y, además, el mar con su agua los apagaría inmediatamente.

A través de los productos finales, se observó que los *mockups* diseñados por los/as estudiantes presentaron estructuras convergentes en algunos aspectos de diseño y de contenido, las que deben ser estudiadas con mayor rigurosidad para desprender las causas y consecuencias de cada diseño colaborativo.

En esta investigación se ha considerado que las adaptaciones instrumentales presentan limitaciones en cuanto a la evaluación actitudinal, asumiendo que la cantidad de aseveraciones del instrumento utilizado es acotada. A pesar de esto, la teoría unificada de aceptación permite lograr un primer acercamiento a las evaluaciones de las prácticas educativas mediadas por tecnologías y, específicamente, a aquellas que buscan lograr que los/as estudiantes puedan aprender ciencias físicas a partir de temas de vulcanismo. De acuerdo con esto, la evidencia permite establecer que se han producido actitudes positivas hacia el uso de este tipo de recursos tecnológicos, mediado por metodologías de aprendizaje basado en proyectos y en contexto escolar de pandemia.

Referencias

- Anderson, R. (2007). Inquiry as an Organizing Theme for Science Curricula. En S. K. Abell y N. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 807–830). Lawrence Erlbaum Associates.
- Balemen, N. y Keskin, M. (2018). The Effectiveness of Project-Based Learning on Science Education: A Meta-Analysis Search. *International Online Journal of Education and Teaching (IOJET)*, 5(4), 849-865.

- Baran, M., Maskan, A. y Yasar, S. (2018). Learning Physics Through Project-Based Learning Game Techniques. *International Journal of Instruction*, 11(2), 221-234. <https://doi.org/10.12973/iji.2018.11215a>
- Barkley, F., Cross P. y Howell C. (2007). *Técnicas de aprendizaje colaborativo. Manual para el profesorado Universitario*. Ediciones Morata.
- Botella, A. y Ramos, P. (2019). Investigación-acción y aprendizaje basado en proyectos. Una revisión bibliográfica. *Perfiles Educativos*, 41(163), 127-141.
- Buendía, M., Bustamante, L. y Gallardo, B. (2019). *Elaboración de un diseño didáctico sobre Tierra y Universo para séptimo básico, usando TIC y Realidad Aumentada*. [Tesis de pregrado, Universidad de Santiago de Chile]. Repositorio Académico de la Unidad de Bibliotecas de la Universidad de Santiago de Chile.
- Condliffe, B., Quindt, J., Viher, M., Bangser, M., Drohojowska, S., Saco, L. y Nelson, E. (2017). *Project-Based Learning. A Literature Review*. Manpower Demonstration Research Corporation.
- Hernández, R., Méndez, S., Mendoza, Ch. y Cuevas, A. (2017). *Fundamentos de investigación*. McGraw-Hill Education.
- Hestenes, D., Wells, M. y Swackhamer, G. (1992). Force Concept Inventory. *The Physics Teacher*, 30(3), 141-158.
- Larmer, J. y Margendoller, J. (2010). Seven Essentials for Project-Based Learning. *Educational Leadership*, 68(1), 34-37.
- Larmer, J., Mergendoller, J. y Boss, S. (2015). *Setting the Standard for Project Based Learning: A Proven Approach to Rigorous Classroom Instruction*. Association for Supervision & Curriculum Development.
- Leo, J. y Puzio, K. (2016). Flipped Instruction in a High School Science Classroom. *Journal of Science Education and Technology*, 25(5), 775-781.
- Martí, J., Heydrich, M., Rojas, M. y Hernández, A. (2010). Aprendizaje basado en proyectos: una experiencia de innovación docente. *Revista Universidad EAFIT*, 46(158), 11-21.

- Ministerio de Educación de Chile (2015). *Bases Curriculares 7° básico a 2° medio*.
https://www.curriculumnacional.cl/614/articles-34949_Bases.pdf
- Ministerio de Educación de Chile (2019). *Metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos*.
Unidad de Currículum y Evaluación del Ministerio de Educación de Chile.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (2019a). *Measuring Innovation
in Education 2019. What Has Changed in the Classroom? Educational Research and
Innovation*, Editorial OECD. <https://doi.org/10.1787/9789264311671-en>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (2019b). *Cómo medir la
transformación digital. Hoja de ruta para el futuro*, Editorial OECD.
<https://doi.org/10.1787/af309cb9-es>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (2020a). *Schooling Disrupted,
Schooling Rethought. How the Covid-19 Pandemic is Changing Education*. Editorial
OECD. <https://doi.org/10.1787/68b11faf-en>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (2020b). *A Framework to Guide
an Education Response to the COVID-19 Pandemic of 2020*. Editorial OECD.
<https://doi.org/10.1787/6ae21003-en>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (2020c). *Country Note. School
Education During COVID-19. Were Teachers and Students Ready?* Editorial OECD.
- Plomp, T. y Nieveen, N. (2010). *An introduction to Educational Design Research*. SLO-
Netherlands Institute for Curriculum Development.
- Quindt, J. y Condliffe, B. (2018). *Project-Based Learning: A Promising Approach to Improving
Student Outcomes*. Manpower Demonstration Research Corporation.
- Sánchez, J. (2004). Bases constructivas para la integración de las TIC. *Enfoques educacionales*,
6(1), 75-89. <https://doi.org/10.5354/0717-3229.2004.48169>
- Santayasa, I., Rapi, N. y Sara, I. (2020). Project Based Learning and Academic Procrastination
of Students in Learning Physics. *International Journal of Instruction*, 13(1), 489-508.
<https://doi.org/10.29333/iji.2020.13132a>

- Samsudin, M., Jamali, S., Zain, A. y Ale, N. (2020). The Effect of STEM Project Based Learning on Self-Efficacy among High-School Physics Students. *Journal of Turkish Science Education*, 17(1), 94-108. <https://doi.org/10.36681/tused.2020.15>
- Venkatesh V., Morris M., Davis G., y Davis F. (2003). User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. *MIS Quarterly*, 27(3), 425-478, <https://doi.org/10.2307/30036540>