

Aprendizaje basado en retos en modalidad a distancia: su valoración por estudiantes universitarios durante la pandemia por COVID-19

*José Luis García Luna, José Luis Santana Fajardo, Alejandro Kadsumi Tomatani Sánchez y María Elena Rodríguez Pérez**

Resumen

El Aprendizaje Basado en Retos es una filosofía educativa holista que ha probado ser exitosa en educación presencial. La presente investigación, descriptiva con enfoque cuantitativo, se llevó a cabo en una universidad donde el ABR es parte de su filosofía de enseñanza y, debido a la pandemia por COVID-19, se instrumentó en modalidad a distancia. Para registrar las valoraciones de los estudiantes respecto de su implementación, se elaboró una encuesta con 17 reactivos tipos Likert. La encuesta se envió a través de un formulario de *Google* y la contestaron 186 alumnos. Los resultados sugirieron una alta valoración de los beneficios del ABR en su formación profesional. Sin embargo, los estudiantes reportaron preferir un modelo de enseñanza presencial sobre modelos híbridos o completamente en línea.

Palabras clave

Aprendizaje activo ¶ Aprendizaje en línea ¶ Pertinencia de la educación ¶ Enseñanza de la Física

Abstract

Challenge Based Learning is a holistic educational philosophy that has proven to be successful in face-to-face education. This research, descriptive with a quantitative approach, was carried out at a university where CBL is part of its teaching philosophy and, due to the COVID-19 pandemic, it was implemented in a distance modality. To record evaluations of the students regarding its implementation, a survey was prepared with 17 Likert-type items. The survey was sent through a *Google* form and 186 students answered it. The results suggested a high valuation of the benefits of CBL in their professional training. However, students reported preferring a face-to-face teaching model over a hybrid or fully online models.

Key words

Activity learning ¶ E-learning ¶ Educational relevance ¶ Physics education

* Profesor Investigador. Universidad de Guadalajara, México (jose.gluna@academicos.udg.mx) ¶ Profesor Investigador. Universidad de Guadalajara, México (jose.sfajardo@academicos.udg.mx) ¶ Profesor asistente. Tecnológico de Monterrey Campus Guadalajara, México (katsumi@tec.mx) ¶ Profesora Investigadora, Universidad de Guadalajara, México (mariae.rodriguez@academicos.udg.mx).

Introducción

EL APRENDIZAJE basado en retos (ABR) tiene sus raíces en el aprendizaje experiencial (Moore, 2013). Su principio fundamental establece que los estudiantes aprenden mejor cuando se involucran activamente en experiencias de aprendizaje basadas en situaciones problemáticas cuya solución es abierta que cuando participan pasivamente en actividades estructuradas. Por ello, es un enfoque holístico integrador del aprendizaje que combina la experiencia, la cognición y el comportamiento (Moore, 2013). Dado que enfatiza la exploración de muchas áreas, los estudiantes descubren los vínculos naturales entre las diferentes disciplinas involucradas en el reto y lo que está sucediendo en el mundo. Así, funciona favorablemente cuando los profesores de múltiples disciplinas se involucran y trabajan juntos (Taajamaa *et al.*, 2016).

López-Fraile *et al.* (2021) señalan que el ABR fue creado por la compañía *Apple* en el año 2008. Fue definida como “una metodología de enseñanza-aprendizaje orientada a la elaboración de proyectos colaborativos directamente relacionados con problemas y desafíos reales, frecuentemente del propio entorno, que se desarrolla mediante la identificación, el análisis y el diseño de una solución a un problema del mundo real” (García, 2022, p. 1089). Debido a su efecto positivo en el aprendizaje de competencias y el desarrollo del pensamiento creativo, fue adoptado como una metodología educativa en instituciones universitarias de prácticamente todo el mundo. Durante un reto, los estudiantes pueden aplicar en situaciones reales lo que han aprendido. Pueden enfrentarse a problemas para descubrir por sí mismos soluciones plausibles; probar estas soluciones y negociar ideas con otros estudiantes dentro de un contexto dado. Como consecuencia, la participación de los estudiantes en los retos les permite desarrollar habilidades para realizar observaciones, producir ideas e interpretar fenómenos (Alkan, 2016). También reduce la brecha que separa a los egresados universitarios de las necesidades de sus empleadores. Por ello, el ABR, más que una pedagogía innovadora, representa la evolución natural de los procesos de formación de profesionales para adaptarse a las necesidades del mercado laboral (López-Fraile *et al.*, 2021).

En el modelo ABR, los estudiantes desarrollan soluciones a un problema principal que requiere un enfoque interdisciplinario y creativo para el desarrollo de habilidades generales (Olivares *et al.*, 2018). En este, los docentes, más que expertos en información, se convierten en colaboradores en el aprendizaje, buscando nuevos conocimientos con los estudiantes, al mismo tiempo que moldean hábitos y formas de pensar. Este enfoque puede aumentar la motivación y generar una actitud positiva en el estudiante y el profesor hacia el aprendizaje

(Apple, 2011; Martín *et al.*, 2007). Los docentes que han implementado conjuntamente este enfoque informan que colaborar con otros docentes es uno de los aspectos más beneficiosos y agradables de su crecimiento y desarrollo profesional (Johnson *et al.*, 2009).

El Modelo Educativo Tec21

El Observatorio de Innovación Educativa, perteneciente al Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, ha recopilado información sobre los casos exitosos de la implementación de la metodología ABR en la formación de estudiantes universitarios (López-Fraile *et al.*, 2021). A partir de estas experiencias han identificado los elementos claves de su implementación: (1) generar soluciones a problemas reales ya sea locales o globales, (2) difuminar los límites entre alumno y profesor para favorecer procesos de adquisición de habilidades y conocimientos a través del proceso experiencial y (3) desarrollar acciones reales tendientes a resolver problemas auténticos para que los estudiantes puedan aplicar de manera ecléctica conocimientos de diferentes disciplinas.

Así, el Tecnológico de Monterrey ha desarrollado un modelo universitario de aprendizaje denominado Modelo Educativo Tec21. En esta propuesta, la formación basada en competencias se introduce a través de cuatro conceptos principales: retos, flexibilidad, experiencia notable y profesores inspiradores (Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, 2021). Las asignaturas se conforman a través de módulos de teoría y retos. En el caso de la formación de profesionales de la ingeniería, una asignatura se divide en cuatro módulos teóricos y uno práctico llamado reto. En los módulos teóricos se enseñan conceptos básicos a nivel pregrado de leyes físicas, matemáticas y computación para abordar elementos conceptuales relacionados con el reto y contribuir al desarrollo de competencias disciplinares o transversales. En el módulo práctico, se presenta el reto y se dirige la discusión hacia un enfoque pedagógico que se ha incorporado a áreas de estudio como la ciencia y la ingeniería (Rodríguez *et al.*, 2021).

Las TIC dentro del Modelo Tec21

En la actualidad, el uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en la educación superior es una poderosa herramienta en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Su uso permite aumentar la diversidad de recursos didácticos aplicables a la enseñanza de los contenidos de cualquier materia (Madoz *et al.*, 2003). La formación con raíz en ABR no escapa al uso de las TIC por el aporte que hacen al

proceso de enseñanza-aprendizaje y porque preparan al futuro profesionista para trabajar con las nuevas tecnologías que le serán fundamentales para estar actualizado y ser eficiente en su actividad profesional (Ghavifekr y Rosdy, 2015). El uso de los recursos tecnológicos (celulares, tabletas, televisores, internet, computadora, etc.) por parte de los estudiantes para resolver los retos promueve la interacción horizontal entre estudiantes, profesores y expertos en comunidades locales o globales; elemento clave para que la metodología ABR sea exitosa (López *et al.*, 2020).

El empleo de las TIC para constituir entornos virtuales de aprendizaje había tenido un auge importante antes de la contingencia sanitaria debido al virus SARS-CoV-2 (COVID-19). Diversos autores habían señalado las ventajas de introducir las tecnologías informáticas emergentes en el campo de la formación de individuos (Abrami *et al.*, 2011; Nole, 2011; Rahiem, 2020; Sánchez y Morales, 2012). Sin embargo, desde el año 2020, la pandemia por COVID-19 obligó a las instituciones educativas a migrar a los entornos virtuales para continuar con su labor educativa a través de modelos de enseñanza a distancia o los denominados “híbridos”. Este cambio radical de formatos de docencia presencial a virtual ha presentado retos importantes para las universidades. Es decir, la enseñanza a distancia es más que impartir la clase como se haría en la presencialidad pero apoyada en los entornos virtuales (Cárdenas y Hermosilla, 2021). Demanda la construcción de comunidades de aprendizaje a partir de interacciones entre actores que no comparten los mismos espacios y tiempos. Romani y Macedo (2022) han argumentado que el ABR es un enfoque metodológico que promueve la construcción de tales comunidades de aprendizaje. Para lograrlo, se apoya en plataformas y herramientas tecnológicas como *Canvas* y *Zoom*. La plataforma *Canvas* es un ecosistema abierto, confiable y escalable; el entorno de aprendizaje ideal para educadores, estudiantes e instituciones educativas. *Zoom* es un servicio de videoconferencia basado en la nube que se puede usar para reunirse virtualmente con otras personas, ya sea por video, solo audio o ambos, mientras tiene chats en vivo, y le permite grabar esas sesiones para verlas más tarde.

Pregunta de investigación

El ABR ha probado ser una metodología pertinente en la formación de ingenieros en el Tecnológico de Monterrey implementando asignaturas de 60 horas al semestre con tres bloques formativos teóricos (con contenidos de la ciencia física, las matemáticas y la computación) y la presentación de un reto en un bloque práctico. Hasta antes de la pandemia por COVID-19, la presentación y desarrollo del reto había ocurrido en un formato de enseñanza presencial. En el ciclo escolar de 2020,

se tuvo que implementar el reto en la modalidad de educación a distancia. Por reportes experimentales previos, se sabe que la implementación del ABR puede generar incertidumbre respecto de su eficacia en los estudiantes que enfrentan por primera vez un reto (Olivares *et al.*, 2018). Además, su implementación en asignaturas universitarias con un alto contenido disciplinar puede verse limitada por una serie de prácticas asociadas a una enseñanza más tradicional como la aplicación de exámenes escritos de conocimientos (Fidalgo *et al.*, 2017). Por ello, en la presente investigación se planteó la siguiente pregunta. ¿Cómo valoran los estudiantes de ingeniería formados en el Modelo Tec21 el desarrollo de una experiencia de Aprendizaje Basado en Retos cuando se implementa a través de entornos de educación a distancia? Aunque la pregunta refiere a una población particular (los estudiantes del Tecnológico de Monterrey), podemos suponer que los hallazgos pueden extenderse a cualquier institución educativa que adopte los supuestos del aprendizaje experiencial en que se basa el Modelo Tec21.

Metodología

La investigación consistió en recabar valoraciones de los estudiantes a través de una encuesta en un formato Likert. Por tanto, se trata de una investigación de tipo descriptivo simple con enfoque cuantitativo, ya que tiene como propósito caracterizar los perfiles de los encuestados empleando procedimientos estadísticos (Vara, 2012).

Contexto de investigación

La investigación se llevó a cabo durante el ciclo escolar 2020 en las instalaciones del Tecnológico de Monterrey campus Zapopan. Tal como lo contempla el Modelo Educativo Tec21, los cursos multidisciplinarios en los que participaron los estudiantes (o bloque) se conformaron de tres módulos disciplinarios y un reto. Un módulo es una estructura organizativa del contenido de aprendizaje que proporciona a los estudiantes los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para resolver el reto. Tanto los módulos como el reto se llevaron a cabo durante 60 horas durante cinco semanas. El reto ocupó el 33% del tiempo del bloque mientras que los módulos disciplinarios estuvieron distribuidos con 33% para física, 16.5% para matemáticas y 16.5% para informática. Cada módulo y reto fue atendido por un profesor diferente.

Los módulos y el reto se editaron para considerar: la introducción, los objetivos, el desarrollo del tema con indicaciones y lecturas para su estudio, el tiempo

estimado de lectura, videos tutoriales introductorios de diseño propio y seleccionados de la plataforma. También se contó con actividades de autoevaluación para que el alumno pudiera integrar y consolidar los conocimientos adquiridos a lo largo del curso. Los retos que se emplearon fueron problemas reales que demandaban la aplicación de conceptos de la física, matemáticas e informática. Participaron en total 186 estudiantes que trabajaron con 4 retos diferentes según el curso en que estaban inscritos. La Tabla 1 muestra los retos y el número de estudiantes que lo desarrollaron. También señala el número de grupos de cada asignatura.

Tabla 1. Títulos de los retos y el número de estudiantes que los trabajaron

Nombre del reto	Número de estudiantes	Número de grupos
Emulando un circuito equivalente de supercapacitor	149	6
Diseño de un dispositivo para generar electricidad	10	1
Mecanismo piñón cremallera y dirección	17	1
Modulación computacional del proceso de electroforesis para la detección de la malaria	10	1
Total	186	9

Fuente: Elaboración propia.

Tal como puede observarse en la Tabla 1, se encuestaron a 9 grupos de estudiantes. La mayoría de los estudiantes estuvieron involucrados en el reto titulado “Emulando un circuito equivalente de supercapacitor”. Dicho reto consistió en el análisis del tiempo de carga de un supercapacitor modelado mediante un circuito equivalente. En este reto se aplicaron varios contenidos de los módulos disciplinares, tales como conceptos de resistencia, capacitancia, modelado de circuitos eléctricos mediante las Leyes de Kirchhoff, ecuaciones diferenciales de segundo orden y el cálculo de raíces de polinomios. La importancia de los supercapacitores en la vida real está asociada a la necesidad de contar con fuentes de almacenamiento de energía eléctrica de gran volumen. De hecho, el manejo de un supercapacitor presenta el riesgo de recibir descargas eléctricas en una magnitud mayor a la que una persona puede someterse sin consecuencias fatales. De ahí la importancia de simular su comportamiento eléctrico con elementos de circuitos no riesgosos.

A través de consultas a los diferentes profesores de los módulos y reto se respondieron en tiempo y forma las dudas e inquietudes presentadas por los estudiantes para desarrollar las actividades solicitadas. Para completar el curso, en cada uno de los módulos y en el reto, se realizó un examen argumentativo que constituyó el 45% de su calificación final. El examen argumentativo constó de un examen oral y escrito

individual específicamente diseñado para determinar el nivel de competencias disciplinares y transversales alcanzado por el estudiante en el desarrollo de las competencias propias de la unidad formativa. El otro 55% de la calificación consistió en preguntas de opción múltiple o de respuesta muy corta que se publicaron en la plataforma *Canvas*. Estas actividades se llevaron a cabo a través de *Zoom*.

La evaluación del nivel de desempeño de las habilidades se llevó a cabo mediante la recopilación de evidencia utilizando varios instrumentos de observación y medición, incluidas las evaluaciones parciales e integradoras. En este proceso, la reflexión sobre el aprendizaje y la retroalimentación del estudiante jugaron un papel fundamental en su formación.

Instrumento de encuesta

Para determinar las valoraciones de los estudiantes a la experiencia del ABR (en una escala de satisfecho–insatisfecho por cómo ocurrió) durante la primera vez que se implementó el reto en una modalidad a distancia (a consecuencia de la contingencia sanitaria de COVID-19), se diseñó una encuesta de satisfacción con 17 preguntas tipo Likert (ver Anexo 1). Este autor, en 1932, describió una metodología pertinente para estimar las creencias y juicios de valor a través de aseveraciones que las personas deben leer y reflexionar para reportar su grado de acuerdo con la afirmación. Así, la primera parte de la encuesta se conformó de 8 aseveraciones con 3 opciones de respuesta: Si / No / Indeciso. La segunda contenía 1 pregunta con 3 opciones de respuesta (Si / No / Indeciso) y 6 preguntas con 5 opciones de respuesta (Muy en desacuerdo / En desacuerdo / Indeciso / De acuerdo / Muy de acuerdo). Finalmente, la tercera sección de la encuesta empleó el formato Likert de completar los juicios de valor con una de las 4 opciones de respuesta.

Según las recomendaciones de Likert (1932), las aseveraciones que se ponen como preguntas en el instrumento deben considerar un cambio en la direccionalidad del juicio de valor. Es decir, las personas que contestan no deben inferir una regularidad en los enunciados para que no contesten a las opciones sin haber reflexionado al respecto. En esta encuesta, por ejemplo, estar de acuerdo con la aseveración de la pregunta 12 (“El plan de evaluación del bloque fue injusto”) significa poca satisfacción con la evaluación mientras que estar en desacuerdo implica estar satisfecho. La variabilidad en el número de opciones de respuesta y tipos de formato de pregunta también asegura que se obtengan respuestas razonadas por parte de los encuestados.

La Tabla 2 describe las temáticas abordadas por las 17 preguntas de la encuesta. Como puede observarse, se incluyeron preguntas alrededor de 6 temáticas. Dado

que el ABR es una estrategia que ha probado ser exitosa en el formato presencial, se preguntó acerca de los beneficios que percibieron los estudiantes y se les pidió que compararan los formatos de enseñanza presencial y digital. También se incluyeron preguntas acerca del desempeño de los profesores porque, en el ABR, debe existir una relación horizontal entre estudiantes y profesores. Las estrategias de evaluación del bloque fue una de las temáticas con más preguntas porque el ABR demanda de procedimientos de calificación a partir del desarrollo de habilidades tanto verbales como escritas. Estas consideraciones son las que van a determinar el análisis de los datos. Es decir, se pretende dar respuestas a las temáticas de la Tabla 2 a partir de las respuestas de los encuestados.

Tabla 2. Organización temática de la encuesta empleada para conocer el grado de satisfacción de los estudiantes

Temáticas abordadas en la encuesta	Preguntas
Contribución de los módulos para solucionar el reto	1, 2, 3
Beneficios de la metodología ABR	4, 6
Cualidades de los profesores inspiradores	5, 11
Evaluación del bloque	8, 12, 13, 16
Herramientas y condiciones en que se llevó a cabo el reto	7, 9, 10, 15
Comparación de los formatos presencial y digital	14, 17

Fuente: Elaboración propia.

Procedimiento

La encuesta se elaboró como formulario de *Google*. Además de las preguntas del Anexo 1, se incluyeron preguntas sobre su género, la asignatura que cursaban y el grupo. También se incluyó el aviso de privacidad de la institución. El formulario fue enviado a los estudiantes inscritos en cuatro cursos electivos interdisciplinarios diferentes a través del correo institucional de una autoridad educativa del plantel. Los profesores informaron a los estudiantes que su participación era voluntaria y que no habría consecuencias negativas si decidían no participar. Se recabaron 186 respuestas en el periodo de tiempo del 30 de abril al 9 de mayo de 2020.

Resultados

Lo primero que se hizo fue calificar de manera adecuada la satisfacción dependiendo de la direccionalidad de la pregunta. Para las preguntas 1, 2, 3, 4, 5 y 6,

se asignaron 3 puntos a quienes dijeron SI (máxima satisfacción), 2 puntos a la opción INDECISO y 1 punto a la opción NO. Para las preguntas 7, 8 y 9 se asignaron 3 puntos a la opción de respuesta NO; 2 puntos a INDECISO y 1 punto a SI. Las preguntas 11 a 15 emplearon 5 opciones de respuestas. Para poderlas comparar con las preguntas 1 a 9, se hizo un ajuste para que el valor máximo de satisfacción fuera 3. Por tanto, las preguntas 10, 13 y 14 se calificaron con 3 puntos las opciones de MUY DE ACUERDO y DE ACUERDO; con 2 puntos la opción de INDECISO y con 1 punto las opciones MUY EN DESACUERDO y EN DESACUERDO. De manera análoga, las preguntas 11, 12 y 15 se calificaron con 3 puntos las opciones de MUY EN DESACUERDO y EN DESACUERDO; con 2 puntos la opción de INDECISO y con 1 punto las opciones MUY DE ACUERDO y DE ACUERDO. Con los puntajes asignados, se puede observar que la satisfacción se midió en una escala de 1 a 3; donde 1 implicaría estar insatisfecho y 3 estar satisfecho.

Se llevaron a cabo dos análisis: uno considerando los puntajes de cada reactivo y otro considerando los puntajes para cada participante. En este último caso, se promediaron los puntajes para las preguntas 1 a 15 para cada estudiante. Enseguida se discuten ambos análisis. Sin embargo, es importante señalar que toda encuesta debe ser sometida a un análisis de fiabilidad para asegurarse que las conclusiones que se deriven de los datos sean confiables. Se dice que una medición es confiable si existe una alta probabilidad de que se obtengan los mismos resultados cuando se aplique el instrumento a la misma población o a una población con características similares. El estimador de fiabilidad que suele emplearse es el alfa de Cronbach. Sin embargo, Campo-Arias *et al.* (2013) han establecido que, para datos categóricos ordinales (como los obtenidos a través de una escala de Likert), la omega de McDonald es un mejor indicador de fiabilidad. Este índice, al igual que el alfa de Cronbach, tiene valores entre 0 y 1. Se considera que el instrumento es confiable con una omega ≥ 0.7 . La omega fue calculada empleando el software libre Jamovi y resultó ser igual a 0.769.

Análisis por temáticas de la encuesta

La Figura 1 muestra la satisfacción de los alumnos con respecto a la vinculación de los módulos del bloque con el reto. El bloque de matemáticas es donde los alumnos muestran menos satisfacción. Sin embargo, los estudiantes reportaron una alta satisfacción. Podemos suponer que el reto elegido sí permite poner en práctica los conocimientos disciplinares de los módulos.

Figura 1. Nivel de satisfacción reportado por los estudiantes con respecto a la utilidad de lo estudiado en cada módulo para resolver el reto



Fuente: Elaboración propia.

La Figura 2 muestra la satisfacción reportada con respecto a los beneficios de la metodología ABR en el aprendizaje y formación integral que lo habilite para desempeñarse en su campo profesional. En general, hay una alta satisfacción para todos los aspectos abordados. Los aspectos con menor puntajes fueron el desarrollo de competencias sociales y habilidades para interactuar con otros. Estos reportes pueden reflejar la situación de aislamiento que se estaba viviendo por la COVID-19 o puede ser una percepción de que la comunicación a distancia no permite espacio para la socialización. Sería aconsejable llevar a cabo una encuesta a los estudiantes hoy en día para delimitar dicho efecto.

Figura 2. Nivel de satisfacción reportado por los estudiantes con respecto a los beneficios del ABR



Fuente: Elaboración propia.

La Figura 3 muestra el nivel de satisfacción reportado por los estudiantes con respecto a las cualidades de los profesores que son relevantes para completar el reto con éxito. El Modelo Tec21 los caracteriza como profesores inspiradores. Los alumnos consideraron que los profesores conocen el reto, están coordinados entre ellos y mantuvieron comunicación con los estudiantes; condiciones que favorecen el aprendizaje en metodologías ABR. Es interesante notar que todos los estudiantes reconocieron que los profesores están dispuestos a ayudarles con el desarrollo del reto. Sin embargo, el nivel de satisfacción fue menor cuando se les preguntó si los profesores los apoyaron para terminar el reto.

Figura 3. Nivel de satisfacción reportado por los estudiantes con respecto a las cualidades de los profesores

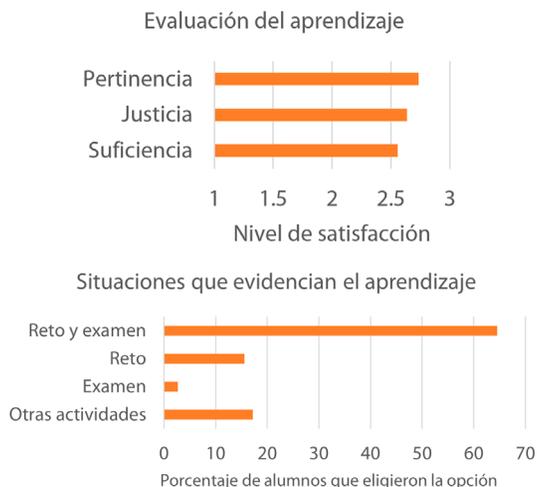


Fuente: Elaboración propia.

La Figura 4 presenta las opiniones de los estudiantes respecto de la manera en que se evaluó el aprendizaje. Consideraron que la manera de evaluarlos fue pertinente, justa y suficiente. Además, valoraron de manera positiva el empleo conjunto del desempeño en el reto y los exámenes aplicados. Menos del 5% de los estudiantes consideraron que el examen es la situación idónea para evaluar su aprendizaje y sólo el 15% de ellos opinaron que el reto lo es.

La Figura 5 resume las opiniones de los estudiantes en torno a la experiencia ABR y la herramienta *Zoom* empleada en la modalidad a distancia. Aunque consideraron que el tiempo empleado para revisar los contenidos de física fue suficiente, hubo una menor satisfacción con respecto a la presentación ordenada de ellos. Con respecto al uso del *Zoom*, les pareció fácil de usar, pero preocupados de ser hackeados.

Figura 4. Reporte de los estudiantes con respecto a la evaluación del aprendizaje



Fuente: Elaboración propia.

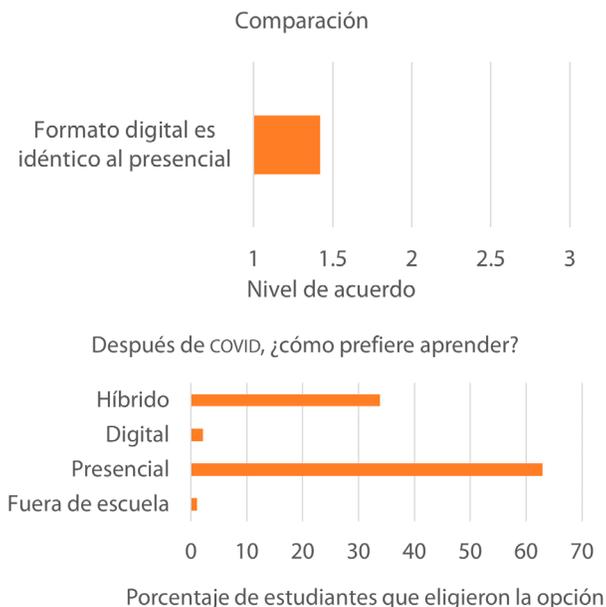
Figura 5. Nivel de satisfacción reportado por los estudiantes con respecto a la experiencia educativa



Fuente: Elaboración propia.

La Figura 6 concentra las opiniones de los estudiantes respecto de la enseñanza presencial y a distancia (o en formato digital). No consideraron que estas formas de enseñanza fueran equivalentes. Parece que la poca confianza en la efectividad del formato digital les hace reportar que, después de la contingencia sanitaria, preferirían aprender en la presencialidad. Sin embargo, un poco más del 30% de ellos apreciarían el uso de modelos híbridos en donde se combinen actividades presenciales y a distancia.

Figura 6. Reporte de los estudiantes respecto a la comparación entre la enseñanza presencial y a distancia



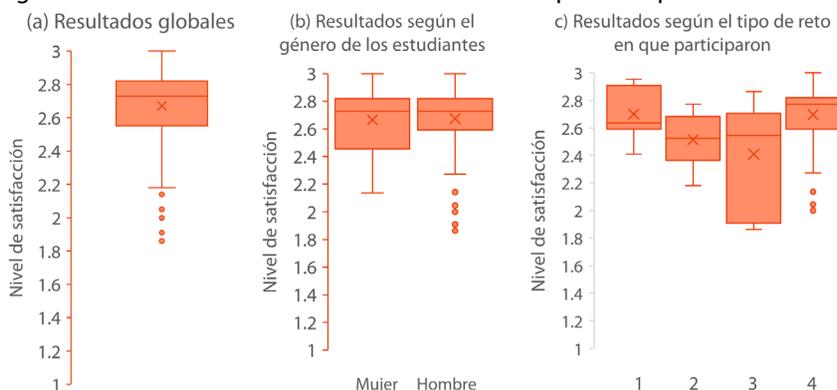
Fuente: Elaboración propia.

Análisis de los niveles de satisfacción reportado por los estudiantes

Tal como se mencionó anteriormente, el nivel de satisfacción de cada estudiante se calculó al promediar sus respuestas en los 15 primeros reactivos de la encuesta. Las preguntas 16 y 17 no se incluyeron en esta estimación dado que era un formato distinto y, por tanto, no son medidas comparables. Con los niveles de satisfacción de los estudiantes, se elaboraron diagramas de caja y bigote para visualizar la distribución de los reportes. En estos diagramas se ubican medidas de posición de tal manera que la línea intermedia de la caja corresponde con la mediana del conjunto de datos. Las otras dos líneas de la caja son los cuartiles 1 y 3 (o donde se ubica el 25% y 75% de los datos, respectivamente). Los bigotes ofrecen una visualización del rango de respuestas o dispersión. Es común establecer los límites del rango entre el 5% y 95% de la distribución para identificar los “casos raros” (puntajes extremos en cualquier dirección). Recientemente, se ha incluido el valor del promedio del conjunto de datos en los diagramas de caja y bigotes para tener una mejor caracterización gráfica de su distribución. Este dato se representa con una equis.

En la Figura 7 se muestran las distribuciones del nivel de satisfacción de los estudiantes encuestados. En el panel (a) aparecen los resultados generales mientras que en los paneles (b) y (c) se han dividido según el género de los estudiantes o el reto en que participaron, respectivamente. Tal como puede observarse en los resultados globales, la satisfacción promedio fue del 2.67, con un rango de 2.18 a 3. Es decir, hay una alta satisfacción en cómo se implementó el bloque en la modalidad a distancia. Sin embargo, hay reportes con puntajes extremos de hasta 1.86. Cuando los datos se desagregan según el género, podemos notar más variabilidad en las respuestas de las mujeres pero con puntajes extremos bajos en los reportes de los hombres. Sin embargo, no hay diferencias significativas entre los reportes de las mujeres con respecto a los hombres (se llevó a cabo una prueba de hipótesis no paramétrica de U de Mann-Whitney para corroborarlo usando el software IBM-SPSS). Por último, cuando los reportes se separan según el tipo de reto en que trabajaron, se encuentran diferencias significativas. En el panel (c) de la Figura 7, se puede observar que el reto para la detección de la malaria es el que tiene un promedio menor. El mejor valorado fue el reto del supercapacitor. Al emplear una prueba de Kruskal-Wallis a través del software IBM-SPSS, encontramos diferencias significativas ($\chi^2=14.143$, g.l.=3, $p=0.003$). Tal como lo estipula Field (2013), para determinar en dónde están las diferencias, deben correrse pruebas de Mann-Whitney (comparando pares de valores) con la corrección de Bonferroni para el valor crítico de la significancia. Así, encontramos que las diferencias están en el reto 3 con respecto al 4 ($Z=2.578$, $p=0.010$).

Figura 7. Distribución de los niveles de satisfacción reportados por los estudiantes



Notas: Reto 1: Mecanismo piñón cremallera y dirección. Reto 2: Diseño de un dispositivo para generar electricidad. Reto 3: Modulación computacional del proceso de electroforesis para la detección de la malaria. Reto 4: Emulando un circuito equivalente de supercapacitor.

Fuente: Elaboración propia.

Discusión

El modelo educativo Tec21 es un enfoque enraizado en la filosofía del Aprendizaje Basado en Retos con algunos elementos vinculados a metodologías de enseñanza “tradicionalistas” como el empleo de exámenes de conocimientos y un papel directivo de los profesores en el planteamiento de los retos a trabajar. Sin embargo, estos elementos son manejados de tal forma que rompen los paradigmas tradicionales centrados en la enseñanza (Prado, 2019). Por ello, el modelo puede considerarse como un caso exitoso de aprendizaje activo. Los retos empleados son elegidos para articular bloques de contenido temático disciplinar y ponerlos en práctica en la solución de problemas naturales significativos. Aunque el reto y los bloques son espacios curriculares bajo la responsabilidad de diferentes profesores, ellos deben de trabajar de manera coordinada para favorecer que los estudiantes se beneficien del ABR.

En la presente investigación, se empleó una encuesta para identificar las valoraciones de estudiantes que cursaron una asignatura articulada por bloques de contenido temático y retos específicos en el contexto disciplinar de la física durante el ciclo escolar 2020 que, por la pandemia por la COVID-19, se instrumentó en un formato a distancia. Los resultados revelaron una alta satisfacción de los estudiantes en distintos elementos de la estrategia educativa. Por ejemplo, señalaron que los profesores del reto y los bloques están efectivamente coordinados entre sí. Prácticamente todos los estudiantes reportaron que los profesores están dispuestos a ayudarlos en la resolución del reto pero no todos indicaron que los profesores los habían ayudado. Esta diferencia en la valoración de los estudiantes respecto del desempeño docente debe seguirse explorando en futuras investigaciones desde las consideraciones teóricas propuestas por Holsman y Mancovsky (2019). Estas autoras argumentan que los estudiantes, en situaciones escolares novedosas, aprenden las reglas de relación (explícitas e implícitas) con los otros actores educativos a partir de sus experiencias particulares como alumnos. Habría que preguntarse qué experiencias modularon el acercamiento o no a los profesores a pesar de percibir la disposición de ellos a ayudarlos. También se podría averiguar si la articulación del reto en la modalidad a distancia cambia las reglas sobre cómo, dónde y cuándo buscar el apoyo de los profesores.

En otro hallazgo, los estudiantes encuestados reportaron beneficiarse de la estrategia ABR y parece que el empleo de las herramientas tecnológicas no representó una limitante para aprender. El aspecto que fue calificado con menor satisfacción se refirió a la posibilidad de que una tercera persona accediera ilegalmente a sus sistemas informáticos para manipularlos. Estos resultados podrían sugerir que la seguridad cibernética puede ser un elemento estresor en el modelo de educación a distancia. Por

ello, se recomienda que se incluya dicha fuente de estrés en inventarios como los que emplearon Rivas *et al.* (2019) para comparar el nivel de estrés que experimentaron estudiantes de enfermería bajo modelos de educación presencial y a distancia.

Con respecto a las valoraciones de los estudiantes de la presente investigación a los formatos presenciales y a distancia, es importante resaltar que prefieren un modelo de educación presencial a pesar de reconocer la importancia de elementos innovadores en su aprendizaje. Es decir, le dan poco valor al examen como herramienta de evaluación por sí solo. Reconocen que el reto y los exámenes, con las variaciones que introducen los profesores para trascender la repetición de información, son factores clave en su formación profesional. Pero desconfían de que puedan aprender lo mismo en una experiencia a distancia en comparación con la presencial. Estos juicios de valor deben seguirse investigando bajo la premisa de que lo que hace la diferencia en el aprendizaje es el número y la calidad de las interacciones entre estudiantes, profesores y expertos dentro y fuera de la escuela (Quitián y González, 2020).

Conclusión

Esta investigación exploró, por un lado, la aplicación de un modelo ABR para el aprendizaje de conceptos de física y, por otro lado, las valoraciones de estudiantes acerca de la enseñanza en línea durante la pandemia de COVID-19. Los resultados mostraron altas valoraciones de la estrategia educativa a distancia sin importar el género de los estudiantes. Sin embargo, el tipo de reto sobre el que trabajaron pareció influir en la satisfacción reportada por los estudiantes. El reto que vinculó directamente a conceptos de física (modelar el comportamiento de un superconductor) fue mejor valorado que aquel vinculado en la detección de una enfermedad (malaria). Posiblemente, las misma condición de contingencia sanitaria sesgó la valoración de los retos. Se recomienda seguir investigando las maneras en que los estudiantes de ciencia van incorporando lo aprendido para dar sentido a los fenómenos de la naturaleza.

Según las opiniones de los estudiantes encuestados en la presente investigación, la experiencia educativa favoreció el aprendizaje de competencias disciplinares y de vida profesional. Esto es congruente con investigaciones previas como las de Putranta *et al.* (2021) y Pantiwati y Husamah (2017). Estos autores han argumentado que el ABR habilita a los estudiantes para intervenir los fenómenos físicos que ocurren en su vida cotidiana. Faltaría implementar nuevos estudios que aborden el aprendizaje del contenido disciplinar de la física introduciendo elementos del ABR para promover cambios en las prácticas viciadas que se han identificado en el área:

uso casi exclusivo del libro de texto (Nivalainen *et al.*, 2013), discurso centrado en el profesor (Dervić *et al.*, 2018), memorización de fórmulas sin comprensión (Watorno *et al.*, 2018), por mencionar algunos.

Por último, se debe señalar que la valoración creciente de los modelos híbridos reportada en esta investigación es consistente con estudios realizados por otros autores. Por ejemplo, Membrillo-Hernández *et al.* (2021) reportaron una preferencia de los estudiantes por modelos educativos que combinen estrategias de interacción presencial y en línea (modelos híbridos, mixtos o “blended learning”). Diez (2010) también reportó que la integración de dos herramientas tecnológicas, *Moodle* y *WebQuest*, bajo la conducción de un profesor tuvo efectos positivos en la formación de los estudiantes. En suma, podemos concluir que, tal como lo argumentó Bartolomé tiempo atrás (2004), la clave no es aprender más sino aprender diferente. Los modelos educativos presencial o a distancia exigen el desarrollo de habilidades distintas, pero implementadas bajo filosofías de didácticas activas como el ABR deberían promover el aprendizaje en igual medida.

Agradecimientos

Deseamos agradecer el apoyo de los estudiantes participantes, quienes estuvieron involucrados en esta investigación. También expresamos nuestro agradecimiento a la comunidad académica del Departamento de Ciencias, quienes han apoyado la implementación de esta investigación; ambos del Tecnológico de Monterrey, Guadalajara.

Referencias

- Abrami, P. C., Bernard, R. M., Bures, E. M., Borokhovski, E. y Tamim, R. M. (2011). Interaction in distance education and online learning: using evidence and theory to improve practice. *Journal of Computing in Higher Education*, 23(2–3), 82–103. <https://doi.org/10.1007/s12528-011-9043-x>
- Alkan, F. (2016). Experiential Learning: Its Effects on Achievement and Scientific Process Skills. *Journal of Turkish Science Education*, 13(2), 15–26.
- Apple (2011). *Challenge based learning: A classroom guide*. http://www.apple.com/br/education/docs/CBL_Classroom_Guide_Jan_2011.pdf
- Bartolomé, A. (2004). Blended Learning. Conceptos básicos. Pixel-Bit. *Revista de Medios y Educación*, (23), 7-20.
- Campo-Arias, A., Herazo, E., y Villamil-Vargas, M. (2013). Confiabilidad y dimensionalidad del AUDIT en estudiantes de medicina. *Psicología desde el caribe*, 30(1), 21-35.

- Cárdenas, E. X. y Hermosilla, R. D. (2021). *Diseño e implementación de una propuesta de innovación basada en la metodología: aprendizaje basado en retos en formato virtual, en la asignatura de Práctica Clínica Presencial, estudiantes de segundo año de la carrera Técnicos de Enfermería de Nivel Superior del Instituto Profesional AIEP, Sede San Antonio, región de Valparaíso* [Disertación Doctoral] Universidad Andrés Bello. Disponible en: <https://repositorio.unab.cl/xmlui/handle/ria/23405>
- Díez, E. J. (2010). Aprendizaje socioconstructivo en la red a través de Webquest y Moodle. *Revista Didáctica, Innovación y Multimedia*, (17). <https://ddd.uab.cat/pub/dim/16993748n17/16993748n17a1.pdf>
- Dervić, D., Glamočić, D. S., Gazibegović-Busuladžić, A. y Mešić, V. (2018). Teaching physics with simulations: teacher-centered versus student-centered approaches. *Journal of Baltic Science Education*, 17(2), 288–299. <https://doi.org/10.33225/jbse/18.17.288>
- Field, A. (2013). *Discovering statistics using IBM-SPSS statistics*. 4th Edition. Sage.
- Fidalgo, Á., Sein, M. L. y García, F. J. (2017). Aprendizaje Basado en Retos en una asignatura académica universitaria. *Revista Iberoamericana de Informática Educativa*, (25), 1–8.
- García, C. (2022). *Aprendizaje basado en retos en un entorno virtual de educación superior*. [Memoria en extenso] VIII Congreso de Innovación Educativa y Docencia en Red. España: Editorial Universitat Politècnica de València. <https://doi.org/10.4995/INRED2022.2022.15889>
- Ghavifekr, S. y Rosdy, W. A. W. (2015). Teaching and learning with technology: Effectiveness of ICT integration in schools. *International Journal of Research in Education and Science*, 1(2), 175-191.
- Holsman, W. y Mancovsky, V. (2019). Bienvenidos a la universidad: ¿cómo reciben los profesores de primer año a los estudiantes en “los inicios” a la vida universitaria? *Revista de Educación*, (18), 429-448.
- Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. (2021). *Modelo Tec21*. <https://tec.mx/es/modelo-tec21>
- Johnson, L. F., Smith, R. S., Smythe, J. T. y Varon, R. K. (2009). *Challenge-Based Learning: An Approach for Our Time*. Austin, Texas: The New Media Consortium. <https://www.learntechlib.org/p/182083>
- Likert, R. (1932). A Technique for the Measurement of Attitudes. *Archives of Psychology*, 140, 1-55.
- López-Fraile, L. A., Agüero, M. M. y Jiménez-García, E. (2021). Efecto del aprendizaje basado en retos sobre las tasas académicas en el área de comunica-

- ción de la Universidad Europea de Madrid. *Formación universitaria*, 14(5), 65-74. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062021000500065>
- López, C. C., Vera, E. I. y Castellanos, M. P. (2020). *Modelo didáctico de aprendizaje en retos: implementación en una institución de educación superior*. Bogotá: Fundación Universitaria del Área Andina. <https://digitk.areandina.edu.co/handle/areandina/3890>
- Nole, S. C. (2011). Blended learning nueva alternativa del futuro. *Revista Cognición*, 7(34), 1-14. <http://www.cognicion.net/images/articulos/Cog34/34-2-blended-learning-nueva-alternativa-del-futuro.pdf>
- Madoz, M. C., Gorga, G., Feierherd, G. E., Depetris, B. (2003). *Transformación de un curso presencial preuniversitario de análisis y expresión de problemas a modalidad semipresencial*. [Memoria en extenso] IX Congreso Argentino de Ciencias de la Computación. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/22884>
- Martin, T., Rivale, S. D. y Diller, K. R. (2007). Comparison of Student Learning in Challenge-based and Traditional Instruction in Biomedical Engineering. *Annals of Biomedical Engineering*, 35(8), 1312-1323. <https://doi.org/10.1007/s10439-007-9297-7>
- Membrillo-Hernández, J., Ramírez-Cadena, M. J., Ramírez-Medrano, A., García-Castelán, R. M. G., y García-García, R. (2021). Implementation of the challenge-based learning approach in Academic Engineering Programs. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, 15(2-3), 287-298. <https://doi.org/10.1007/s12008-021-00755-3>
- Moore, D. (2013). *Engaged Learning in the Academy*. Palgrave Macmillan.
- Nivalainen, V., Asikainen, M. A. y Hirvonen, P. E. (2013). Open Guided Inquiry Laboratory in Physics Teacher Education. *Journal of Science Teacher Education*, 24(3), 449-474. <https://doi.org/10.1007/s10972-012-9316-x>
- Olivares, S. L., López, M. V y Valdez-García, J. E. (2018). Aprendizaje basado en retos: una experiencia de innovación para enfrentar problemas de salud pública. *Educación Médica*, 19(S3), 230-237. <https://doi.org/10.1016/j.edumed.2017.10.001>
- Pantiwati, Y. y Husamah. (2017). Self and Peer Assessments in Active Learning Model to Increase Metacognitive Awareness and Cognitive Abilities. *International Journal of Instruction*, 10(4), 185-202. <https://doi.org/10.12973/iji.2017.10411a>
- Prado, C. D. (2019). *¿Cuáles deben ser los elementos distintivos de una situación-problema en Matemáticas, en el Modelo educativo Tec21?* [Memoria en extenso] Congreso Internacional de Innovación Educativa, 289-294. https://drive.google.com/file/d/1DNFuixr94oq4FRdoWEZXB3LJhLYFIW_L/view

- Putranta, H., Kuswanto, H., Hajaroh, M., Astuti Dwiningrum, S. I. y Rukiyati. (2021). Strategies of Physics Learning Based on Traditional Games in Senior High Schools during the COVID-19 Pandemic. *Revista Mexicana de Física E*, 19(1), 010207 1-15. <https://doi.org/10.31349/revmexfise.19.010207>
- Quitíán, S. P. y González, J. (2020). Una revisión al componente pedagógico-didáctico del modelo blended-learning. En E. Serna (Ed.), *Revolución en la Formación y la Capacitación para el Siglo XXI* (pp. 643-654). Instituto Antioqueño de Investigación.
- Rahiem, M. D. H. (2020). The Emergency Remote Learning Experience of University Students in Indonesia amidst the COVID-19 Crisis. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 19(6), 1–26. <https://doi.org/10.26803/ijlter.19.6.1>
- Rivas, J. G., Gaona, A. M. y Pozos, D. (2019). Percepción del nivel de estrés en estudiantes universitarios de enfermería entre la modalidad educativa presencial ya distancia. *Reencuentro. Análisis de Problemas Universitarios*, 31(78), 13-32.
- Rodríguez, C. G., Pérez, J. A., Bracho, A. M., Cuenca, L. A., y Henríquez, M. A. (2021). Aprendizaje Basado en Retos como estrategia enseñanza-aprendizaje de la asignatura resistencia de los materiales. *Domino de las Ciencias*, 7(3), 82-97.
- Romani, G. y Macedo, K. S. (2022). Aprendizaje basado en retos para el desarrollo de competencias digitales en estudiantes de un instituto, Ica. *Investigación Valdizana*, 16(2), 75–79.
- Sánchez, J., y Morales, S. (2012). University teaching with the support of Virtual Learning Environments (VLE). *Digital Education Review*, 21, 33–46.
- Taajamaa, V., Eskandari, M., Karanian, B., Airola, A., Pahikkala, T., y Salakoski, T. (2016). o-CDIO: Emphasizing Design Thinking in CDIO engineering cycle. *International Journal of Engineering Education*, 32(3), 1530–1539.
- Vara, A. A. (2012). *Desde la idea hasta la sustentación: 7 pasos para una tesis exitosa*. Instituto de Investigación de la Facultad de Ciencias Administrativas y Recursos Humanos. Universidad de San Martín de Porres, Perú [Manual electrónico]. <https://www.administracion.usmp.edu.pe/investigacion/files/7-PASOS-PARA-UNA-TESIS-EXITOSA-Desde-la-idea-inicial-hasta-la-sustentaci%C3%B3n.pdf>
- Wartono, W., Hudha, M. N., & Batlolona, J. R. (2018). How are the physics critical thinking skills of the students taught by using inquiry-discovery through empirical and theoretical overview? *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(2), 691-697. <https://doi.org/10.12973/ejmste/80632>

Anexo. Encuesta aplicada

INSTRUCCIONES: A continuación se te presentarán una serie de afirmaciones respecto a tu proceso educativo. Elige la opción que mejor describa tu opinión en cada afirmación.

1. El módulo de física me otorgó los conocimientos para llegar al análisis y modelación necesaria para la solución del reto.

SI NO INDECISO

2. El módulo de matemáticas reforzó mis conocimientos necesarios para analizar y profundizar en la física del curso y en la solución del reto.

SI NO INDECISO

3. El módulo de computación me otorgó los conocimientos necesarios para el desarrollo algorítmico de la solución del reto.

SI NO INDECISO

4. Trabajar en la solución de un reto me ha ayudado a:

a) reforzar mi comprensión de los temas que vi en los módulos SI NO INDECISO

b) comprender de forma más clara y profunda los conceptos teóricos en un contexto real SI NO INDECISO

c) interactuar con mis compañeros de forma proactiva y comprometida. SI NO INDECISO

d) desarrollar competencias disciplinares para mi formación profesional SI NO INDECISO

e) desarrollar competencias sociales adecuadas SI NO INDECISO

5. Todos los profesores del bloque:

a) Están coordinados entre ellos. SI NO INDECISO

b) Conocen el reto en que trabajé. SI NO INDECISO

c) Mantienen comunicación conmigo. SI NO INDECISO

d) Están dispuestos a ayudarme. SI NO INDECISO

6. Comprendí los conceptos teóricos involucrados en los módulos.

SI NO INDECISO

7. Los contenidos científicos se presentaron en desorden.

SI NO INDECISO

8. Faltaron actividades apropiadas para evaluar mi desempeño.

SI NO INDECISO

INSTRUCCIONES: Indica el grado de acuerdo que tienes a cada afirmación.

9. Usar la plataforma Zoom me pone en riesgo de hackeo

SI

NO

INDECISO

10. El tiempo dedicado a los contenidos del bloque de física fue suficiente.

Muy de acuerdo De acuerdo Indeciso En desacuerdo Muy en desacuerdo

11. Me hizo falta el apoyo de los profesores durante la resolución del reto.

Muy de acuerdo De acuerdo Indeciso En desacuerdo Muy en desacuerdo

12. El plan de evaluación del bloque fue injusto

Muy de acuerdo De acuerdo Indeciso En desacuerdo Muy en desacuerdo

13. Las actividades con que me evaluaron fueron pertinentes.

Muy de acuerdo De acuerdo Indeciso En desacuerdo Muy en desacuerdo

14. La impartición del bloque en formato digital es idéntico al formato presencial.

Muy de acuerdo De acuerdo Indeciso En desacuerdo Muy en desacuerdo

15. El acceso a la plataforma virtual-Zoom fue difícil.

Muy de acuerdo De acuerdo Indeciso En desacuerdo Muy en desacuerdo

INSTRUCCIONES: Elige la opción que, a tu juicio, mejor completa a cada afirmación.

16. Mi aprendizaje pudo demostrarse _____

a) sólo durante el desarrollo del reto

b) sólo en el examen del bloque

c) tanto en el reto como en el examen del bloque

d) en otras actividades distintas al reto y al examen

17. Cuando la contingencia sanitaria por COVID-19 termine, me gustaría

a) aprender sólo en el formato digital

b) aprender sólo en el formato presencial

c) aprender en una combinación de formato digital y presencial

d) aprender fuera de una institución educativa