

# ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS DURANTE LA EDUCACIÓN REMOTA POR COVID-19:

LECCIONES APRENDIDAS Y NUEVAS OPORTUNIDADES

**Reyna Elena Calderón Canales**

**Beatriz Eugenia García Rivera**

**Fernando Flores Camacho**

**Leticia Gallegos Cázares**



2023







# ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS DURANTE LA EDUCACIÓN REMOTA POR COVID-19:

LECCIONES APRENDIDAS Y NUEVAS OPORTUNIDADES



Universidad Nacional Autónoma de México  
Coordinación de la Investigación Científica  
Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología





Universidad Nacional  
Autónoma de México

# ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS DURANTE LA EDUCACIÓN REMOTA POR COVID-19:

LECCIONES APRENDIDAS Y NUEVAS OPORTUNIDADES



**ICAT**

Instituto de Ciencias  
Aplicadas y Tecnología

Autores

Reyna Elena Calderón Canales  
Beatriz Eugenia García Rivera  
Fernando Flores Camacho  
Leticia Gallegos Cázares

Proyecto: Enseñanza de las ciencias en tiempo de coronavirus. Recursos y actividades para la educación no presencial (PAPIME- PE300321)

2023

**Enseñanza de las Ciencias durante la Educación Remota por COVID-19: lecciones aprendidas y nuevas oportunidades**

Primera edición: diciembre 2023

D.R.© 2023 Universidad Nacional Autónoma de México  
Ciudad Universitaria, C.P. 04510, Ciudad de México  
Alcaldía Coyoacán  
Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología

**Autores**

Reyna Elena Calderón Canales  
Beatriz Eugenia García Rivera  
Fernando Flores Camacho  
Leticia Gallegos Cázares

**Diseño editorial e imagen gráfica**  
Humberto Ángel Albornoz Delgado  
Katia Guadalupe Quijano Domínguez

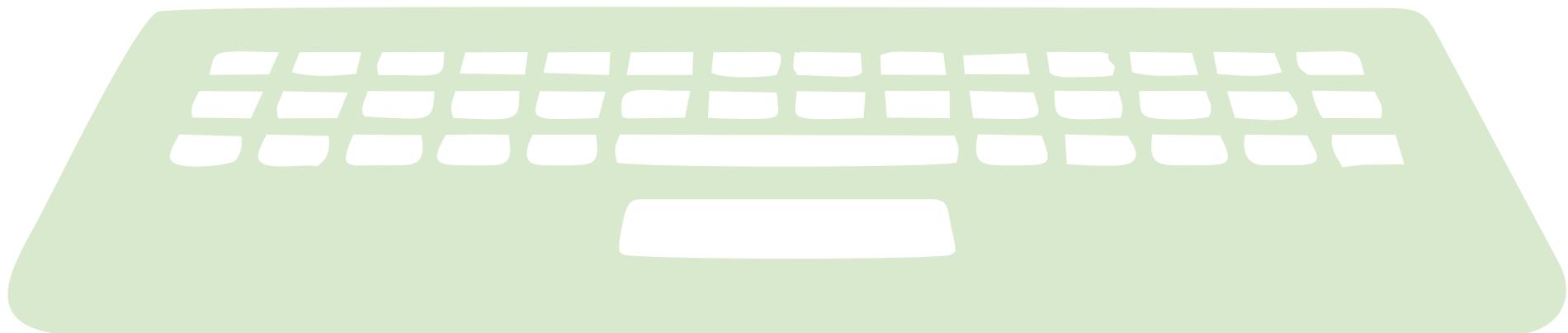
**Agradecimiento**  
Luisa Ambrosio Luz

ISBN: 978-607-30-8471-0

Este libro **Enseñanza de las Ciencias durante la Educación Remota por COVID-19: lecciones aprendidas y nuevas oportunidades** es parte del Proyecto: Enseñanza de las ciencias en tiempo de coronavirus. Recursos y actividades para la educación no presencial (PAPIME-PE300321).

Prohibida su reproducción parcial o total por cualquier medio sin autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.

Impreso y hecho en México.



## **Directorio**

**Dr. Leonardo Lomelí Vanegas**  
Rector

**Dra. Patricia Dolores Dávila Aranda**  
Secretaria General

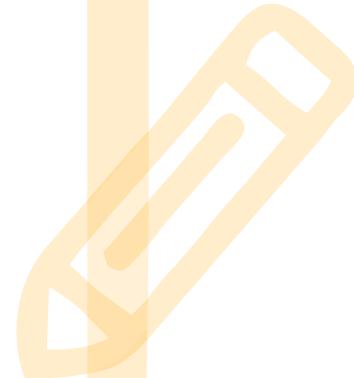
**Mtro. Hugo Concha Cantú**  
Abogado General

**Mtro. Tomás Humberto Rubio Pérez**  
Secretario Administrativo

**Dra. Diana Tamara Martínez Ruiz**  
Secretaria de Desarrollo Institucional

**Dr. William Lee Alardin**  
Coordinador de la Investigación Científica

**Dra. Ma. Herlinda Montiel Sánchez**  
Directora del ICAT





# Resumen

Las condiciones de confinamiento generadas por la epidemia de COVID-19 a partir de marzo de 2020, originaron que los docentes en todo el mundo iniciaran un nuevo formato para enseñar: las clases remotas de emergencia. Este libro está centrado en el caso particular de lo ocurrido entonces con las clases de ciencias en el Bachillerato, para las cuales los profesores afrontaron el desafío de transformar su dinámica de trabajo en forma tal que, ante las nuevas condiciones, los alumnos comprendieran los temas científicos y desarrollaran un pensamiento crítico, así como otras habilidades relacionadas con el trabajo práctico y experimental. Al inicio, se presentan las experiencias nacionales e internacionales reportadas en las investigaciones que se tienen hasta el momento sobre el tema y el análisis específico que se llevó a cabo con docentes en la Ciudad de México que imparten materias experimentales en el bachillerato.

En los siguientes apartados se retoman y describen a detalle, desde una perspectiva teórica y práctica, las características, complejidades y retos que conlleva enseñar y aprender temas científicos, ofreciendo alternativas, desde el enfoque de las múltiples representaciones, para incorporar diversos recursos tecnológicos que fomenten el trabajo experimental, el desarrollo de habilidades para emplear la tecnología, de habilidades de autogestión del aprendizaje, pero sobre todo, que aporten elementos de análisis para reflexionar sobre los verdaderos cambios y transformaciones que se requieren para mejorar la práctica docente y favorecer una mayor comprensión de los fenómenos y procesos naturales que se abordan en las clases de ciencias.

# Índice

<b>Introducción</b>	<b>10</b>
<b>1. Los desafíos de la educación científica durante la emergencia por COVID-19</b>	<b>12</b>
<b>El panorama internacional: breviario</b>	<b>13</b>
<b>El panorama nacional</b>	<b>15</b>
<b>Estudio sobre la enseñanza de las ciencias en el bachillerato</b>	<b>17</b>
<i>Las actividades durante la educación a distancia</i>	17
<i>Las actividades de laboratorio y prácticas, retos y soluciones</i>	19
<i>Las dificultades y cambios en la evaluación</i>	20
<i>Retos que enfrentaron los docentes</i>	20
<i>Soluciones a los retos que enfrentaron</i>	22
<i>Uso y selección de herramientas digitales</i>	22
<i>Aspectos educativos relevantes que reportan</i>	23
<i>Lo positivo y negativo</i>	24
<b>2. Complejidades y retos de la enseñanza de las ciencias en la distancia</b>	<b>28</b>
<b>La conocida historia de enseñar ciencias en forma presencial</b>	<b>28</b>
<b>Las concepciones de enseñanza y aprendizaje del docente</b>	<b>29</b>
<b>El marco de interpretación de los alumnos: sus ideas previas</b>	<b>30</b>
<b>El cambio en sus ideas, el cambio conceptual</b>	<b>31</b>
<b>Del cambio conceptual al cambio representacional</b>	<b>32</b>
<b>Representaciones internas</b>	<b>32</b>
<b>Representaciones externas</b>	<b>33</b>
<b>Las múltiples representaciones</b>	<b>34</b>
<b>Las TIC y la multiplicidad de representaciones en el aula de ciencias</b>	<b>35</b>
<b>Las implicaciones del trabajo remoto derivado del confinamiento por COVID-19</b>	<b>36</b>



# Índice

## **3. Herramientas digitales para aprender ciencias**

39

Una clasificación de las herramientas tecnológicas para enseñar ciencias

41

Elementos para diseñar una secuencia didáctica desde el marco de la transformación representacional

43

## **4. La transformación de la enseñanza a partir de la experiencia de educación remota de emergencia**

55

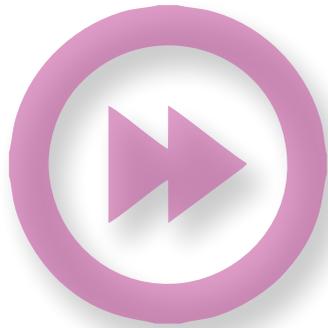
## **Referencias**

59

## **Recursos y sitios para explorar**

66





# Introducción

La pandemia por COVID-19 implicó cambios repentinos en los sistemas educativos y en las prácticas de enseñanza de todos los niveles educativos a fin de continuar con los procesos de enseñanza y aprendizaje durante la suspensión de clases por la emergencia sanitaria. Afrontar esta situación derivó en modificaciones a las prácticas de enseñanza, a los materiales, a las interacciones entre docentes y estudiantes, así como a las formas de interacción entre pares y docentes. Estas transformaciones fueron evidentes en todos aquellos aspectos que son parte de la vida dentro de las aulas, y se compartieron en todos los niveles educativos y en las diferentes áreas del conocimiento.

En el caso particular de México, las actividades escolares se suspendieron en marzo del 2020, y cada institución educativa determinó los tiempos y modalidades de trabajo para que los estudiantes continuaran su formación desde sus hogares.

Los educadores enfrentaron el reto de decidir cómo transformar sus clases presenciales para impartirlas a distancia. En la mayoría de los casos, la transición implicó el uso de aulas virtuales (Moodle, Classroom, entre otras), el uso de redes sociales, o herramientas de conferencias en tiempo real (Zoom, Meet, Microsoft Teams), entre otras muchas más que surgieron producto de la necesidad y que, la mayoría de las veces, se incorporaron en el trabajo sin una clara planeación y dominio para su uso y ejecución.

La enseñanza de las ciencias, en este contexto, se convirtió en un desafío más para los docentes, que contaban ya con la compleja tarea de involucrar a los estudiantes en la comprensión de los temas científicos y el desarrollo del pensamiento crítico en las clases presenciales, pero que ahora debieron hacerlo en un entorno nuevo, sin la interacción cara a cara, lo que incrementó la complejidad, ya que, con frecuencia, la enseñanza de las materias científicas implica realizar actividades experimentales con materiales específicos y en espacios donde los alumnos se involucren de forma activa en las tareas.

Con el trabajo a distancia, el docente enfrentó, entre otros, el desafío de redefinir las actividades experimentales para alcanzar el logro de los objetivos de aprendizaje y evitar que los estudiantes solo escucharan y recibieran información, sin participar en las actividades experimentales, que requieren el desarrollo de habilidades que no son posibles de transmitir por ningún medio verbal o escrito, sino que se desarrollan al enfrentar los fenómenos para reconocerlos, medirlos, interpretarlos, analizarlos, describirlos y explicarlos. Es por ello que la educación a distancia implicó, entre otros aspectos, recrear las actividades experimentales para que el aprendizaje llegara más allá de lo que se percibía en las pantallas de los dispositivos de comunicación a distancia o lo que se leía en los textos.

Durante ese periodo de confinamiento, los docentes debieron adaptar sus estrategias y materiales a la nueva modalidad, usar

sus experiencias previas con el uso de las herramientas tecnológicas, adecuarse a las demandas del momento y pensar, para el caso particular de la enseñanza de las ciencias, en formas y herramientas que permitieran que sus alumnos realizaran actividades experimentales como las que se llevan a cabo de forma cotidiana en el laboratorio escolar, y lograr los aprendizajes esperados, que van más allá de la mera memorización de la información sobre los fenómenos o procesos naturales.

Por otro lado, las experiencias recuperadas en esos años han mostrado que las actividades de enseñanza y aprendizaje no estuvieron determinadas sólo por los componentes correspondientes a lo descrito sobre los cambios en la enseñanza, puesto que, tanto las habilidades de docentes y estudiantes para emplear la tecnología, como la disponibilidad de herramientas tecnológicas para docentes y estudiantes, las desigualdades económicas, las habilidades de autogestión del aprendizaje, además de aspectos emocionales de alumnos y docentes, fueron relevantes durante este periodo (Pozo, Pérez Echeverría, Cabellos y Sánchez, 2021; Reimers, Schleicher, Saavedra y Tuominen, 2022).

Al volver a las aulas es importante considerar los aprendizajes logrados, para pensar en otras alternativas de concebir la enseñanza. Por ejemplo, mantener una modalidad híbrida o a distancia puede contribuir a cerrar la brecha de acceso a la educación para un sector de la población. Más allá de la modalidad elegida, lo fundamental es garantizar que todos los estudiantes tengan acceso a una enseñanza de calidad, por lo que se requiere desarrollar elementos de formación, materiales adecuados y otros aspectos educativos que permitan a los docentes fortalecer su práctica y adaptarla a las condiciones que se presenten más adelante.

Los aportes de este libro, presentados en diferentes apartados, están centrados en la recuperación de algunas de las experiencias internacionales y nacionales de enseñanza de las

ciencias durante la pandemia, un estudio propio sobre las percepciones y acciones llevadas a cabo por docentes del bachillerato y una propuesta desde un marco representacional, que contribuya a superar las complejidades y retos para enseñar contenidos científicos a la distancia y las herramientas que pueden contribuir a la enseñanza en un entorno distinto al tradicional.



# 1

## Los desafíos de la educación científica durante la emergencia por COVID-19

Antes de centrar la atención en lo ocurrido en la educación durante la emergencia sanitaria por COVID-19, lo cual implicó que las escuelas de los diferentes niveles y contextos implementaran procesos de enseñanza remota de emergencia, vale la pena, de acuerdo con Bakhov, Opolska, Bogus, Anishchenki y Biryukova (2021), precisar las diferencias entre distintos tipos de educación que se dan fuera de la escuela. Existe amplia literatura que hace referencia a las prácticas de enseñanza en línea, donde incluso se destaca que, en muchas ocasiones, los términos se usan de forma indistinta, si bien no es objetivo de este trabajo puntualizar las diferencias, sí destacamos la distinción entre la educación, en línea o a distancia, y la educación remota por emergencia.

La educación en línea tiene los atributos de la planeación y del uso predeterminado de recursos, procura la interacción sincrónica o aquella que hace referencia a las sesiones presenciales y virtuales mediante el uso de plataformas multimedia, así como sesiones asincrónicas, donde no están coordinados para interactuar al mismo tiempo.

Todas estas modalidades de la educación en línea tienen ya una tradición y diversas propuestas pedagógicas definen las formas de trabajo en cada una de ellas.

En contraste con las propuestas que incorporan la planeación y están diseñadas expresamente para desarrollarse en línea, se encuentra la educación remota de emergencia (Carrillo y Flores, 2020; Hodges, Moore, Lockee, Trust y Bond, 2020). Este término surgió a partir de la irrupción de la pandemia por COVID-19, y tuvo como fin trasladar los recursos, estrategias y actividades en general a un aula remota, virtual o en línea, a fin de mantener las actividades educativas. En palabras de Hodges et al. (2020) "el objetivo no es recrear un ecosistema educativo sólido, sino brindar acceso temporal a la instrucción y apoyos educativos de forma rápida y que estén disponibles de manera confiable durante una emergencia o crisis" (p. 10).

Esta situación, puso a los docentes ante nuevas situaciones en las que, de manera intensiva, tuvieron que aprender a utilizar las herramientas de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) y, sobre la marcha, desarrollar estrategias para llevar a cabo su labor docente. Esto implicó una gran diversidad de formas de enseñar, pero también trajo consigo problemas tanto para los profesores como para los estudiantes.

Desde luego que esta situación de emergencia originó diversas interrogantes en torno a la forma en que los profesores resolvieron los problemas que enfrentaron para enseñar a distancia, así como qué problemas, percepciones y conclusiones podían obtener de esos procesos de enseñanza. Debido a que el confinamiento también hizo imposible el contacto directo con los docentes, prácticamente todas las investigaciones realizaron la colecta de datos a distancia.

## El panorama internacional: breviario

Como es de suponer, la diferencia de condiciones entre los países desarrollados y los menos desarrollados, así como la necesidad de atender las situaciones específicas de los distintos contextos y países, condujeron a propuestas de investigación y resultados muy variados. Estas diferencias no sólo están referidas a la disponibilidad y acceso a los recursos tecnológicos, también radican en el hecho de que, en los países menos desarrollados, son menos los profesores que han tenido oportunidad de utilizar recursos tecnológicos para la enseñanza, mientras que, en los más desarrollados, sus docentes han contado con mayor disponibilidad y, desde tiempo atrás, los docentes han tomado cursos y procesos de formación en los que han hecho uso de los recursos digitales. El mismo panorama se percibe en los estudiantes.

A pesar de lo anterior, los resultados obtenidos durante el periodo de la contingencia sanitaria, muestran que los docentes de los distintos países presentan algunas semejanzas en cuanto a su apreciación de los beneficios, problemáticas y amenazas que han vivido en al menos uno o dos años de trabajar con sus alumnos en esta modalidad. Cabe destacar que un gran número de los estudios realizados se centran en las percepciones de los docentes en torno a los aspectos positivos y negativos que pudieron determinar en la nueva situación educativa a la que se vieron sometidos súbitamente. A continuación, se presentan reseñas de estas investigaciones y de los elementos que reportan, que nos muestran un panorama sobre la percepción de docentes de diversas regiones.

Algunos trabajos muestran que, en general, los profesores valoran de forma positiva aprender a usar las tecnologías y tratan de adaptar estas tecnologías para implementar acciones que incrementen la participación de los alumnos, por lo que se reconoce que hacen un gran esfuerzo para aprender a usar y seleccionar tecnologías y recursos digitales (al Darayseh, 2020). También se valora como positivo que los alumnos tengan tiempo

de estudio propio, que puedan estudiar los temas en repetidas ocasiones, y que la comunicación con los docentes sea más fácil (Bakhov et al., 2021). En estudios como el de Wieselmann y Crotty (2022), que analizan cómo los profesores enfrentan su enseñanza en la situación de emergencia, se encuentran otros aspectos positivos, sobre todo en poblaciones de docentes jóvenes, quienes tienden a tomar en cuenta a los alumnos en mayor medida, promueven más su participación y, por ende, estos se involucran más en el proceso. Un aspecto contextual y colateral al proceso de enseñanza es que los profesores expresan tener más tiempo para convivir con su familia y un mejor balance entre su labor docente y otras actividades.

En cuanto a los retos que enfrentan los maestros, al Darayseh (2020) resalta la falta de actividades experimentales y de competencias y habilidades para integrarse en las clases a distancia, no ver el comportamiento de los estudiantes (ya que muchos de ellos apagan su cámara o la calidad de la imagen no es buena), además de problemas técnicos, como fallas de conectividad, equipos que no soportan todas las plataformas, carencia de equipos por familia y, en muchas regiones, carencia total de equipo.

Otros aspectos negativos que reportan las investigaciones son: demasiada carga de actividades, situaciones psicológicas que se presentan en casa, así como situaciones sociales que los alumnos requieren y valoran para su desarrollo. Además de carga excesiva, también se identificó que los profesores abusan del texto, hay plagio en los trabajos de los estudiantes, hay profesores que no se esfuerzan por encontrar soluciones a estas situaciones, los alumnos se fatigan por pasar tantas horas frente a la computadora o dispositivo que utilicen (Bakhov et al., 2021). Los profesores describen que también tienen problemas logísticos (organización de clases, tiempo requerido, entre otros), problemas de orden pedagógico, que incluyen poco manejo de las herramientas digitales, dificultades para adecuar los procesos de evaluación y, en menor medida problemas de interacción social (Sánchez et al., 2020).

Los trabajos realizados también han puesto énfasis en analizar otros problemas, que se han presentado en la educación durante la pandemia, como la inequidad (debido a que no todo mundo tiene acceso a internet o computadoras), la motivación, la baja de rendimiento, entre otros. Algunos resultados encuentran que la mayoría de los docentes y estudiantes tienen creencias negativas hacia la enseñanza a distancia, ya que, desde su percepción, los factores negativos superan en número a los positivos. Por ejemplo, Internet deficiente e insuficiente, falta de equipo o que este es obsoleto porque no soporta las aplicaciones, situación económica complicada, estudiantes que trabajan o tienen dificultades para estudiar en casa, así como disminución en el interés y motivación debido a que pasan mucho tiempo frente a los dispositivos electrónicos. Con respecto a las preocupaciones que se han reportado están: no sentirse capaz de comprender los temas, hacer exámenes en forma remota y, finalmente, la limitación de la vida social (Avsar, Tanis, Yuksel y Tekbiyik, 2021).

Como lo describe el estudio de Wieselmann y Crotty (2022), a pesar de que los profesores jóvenes tienen percepciones más positivas de cómo enfrentaron los retos de la situación de emergencia con sus alumnos, también son conscientes de los aspectos negativos asociados a la enseñanza en esta modalidad, y la mayoría de los participantes en dicho trabajo identifica que es necesario mejorar los desarrollos y expectativas con el uso de la tecnología.

A diferencia de los estudios con las percepciones de los docentes, son pocos los estudios que, dadas las condiciones de confinamiento, pudieron averiguar aspectos de los procesos de enseñanza que establecieron los profesores durante la pandemia. Estos se presentan en las siguientes líneas.

DeCoito y Estaityeh (2022) plantearon analizar la adaptación curricular elaborada por los docentes, las formas de evaluación que implementaron y el rendimiento de los alumnos.

Sobre los resultados del proceso de enseñanza, los profesores reconocen que tienen mayor autonomía para planear sus lecciones a distancia y su planeación de clase difiere mucho de la que usan en las clases presenciales; piensan que usan menos métodos e ideas creativas cuando enseñan a distancia; que es más difícil integrar un proceso centrado en los alumnos; en general, tienen bajas expectativas de los logros que se puedan alcanzar a distancia por lo que tienen mayor preocupación de asegurar que los alumnos aprendan contenidos. Además, se sienten poco hábiles para resolver las diferentes necesidades de los alumnos cuando se les enseña a distancia. Con respecto a la evaluación, estos autores encuentran que las formas preferidas por los profesores son: acertijos o problemas y pruebas en línea; tareas; trabajos (individuales o grupales); laboratorios virtuales o simulaciones y uso de hojas de cálculo. Sin embargo, reconocen que hay problemas de ineficacia en la evaluación a distancia pues hay plagio y deshonestidad y que en esta modalidad se presenta mayor dificultad para evaluar las habilidades de los alumnos, además de encontrar en ellos pérdida de responsabilidad. Sus resultados también muestran que, a pesar de que los estudiantes tienen alta competencia en el uso de los recursos tecnológicos, hay poca interacción entre ellos (alumno-alumno), y también baja interacción alumno-profesor lo cual repercute en el rendimiento de los alumnos.

Pozo et al. (2021), analizaron las actividades realizadas por los docentes y las concepciones de enseñanza y aprendizaje implicadas. Sus hallazgos muestran que la mayoría de los encuestados utilizó con más frecuencia actividades reproductivas, centradas en el docente, que actividades constructivas, centradas en los estudiantes, también observaron que los menos, usaron actividades colaborativas. Además, identificaron perfiles docentes a partir del tipo de actividades y herramientas usadas. De esta forma los profesores eran clasificados bajo un perfil de enseñanza pasivo, activo, reproductivo e interpretativo. Los resultados muestran diferencias entre experiencia, niveles educativos y uso de la tecnología, a saber, los docentes con menos experiencia usaron

más actividades orientadas a reproducir contenidos y aquellos que atienden a los estudiantes de menos edad emplearon menos recursos tecnológicos en su enseñanza.

Como podrá notarse de la breve reseña de algunas investigaciones sobre las percepciones y procesos que los profesores desarrollaron durante la pandemia, si bien se encuentran aspectos o factores positivos, son más abundantes los negativos. Estas situaciones negativas están asociadas a la práctica cotidiana antes de la pandemia, a la falta de formación previa de la mayoría de los docentes en el uso de las tecnologías y haber tenido poca o nula práctica previa en la educación a distancia, pero también a que, si bien se han realizado investigaciones y programas para incorporar la educación a distancia y desarrollar buenas prácticas pedagógicas (García Aretio, 2011, 2014), estas han sido limitadas a programas específicos que atienden a poblaciones experimentales, en pequeñas regiones, o que alcanzan a poblaciones muy pequeñas de docentes y que, por tanto, son desconocidos por la mayoría de los docentes de todos los países.

Finalmente, ante la pregunta que muchos de los trabajos revisados se plantean ¿Qué prefieren los profesores? La mayoría de las respuestas afirma que retornar a las clases presenciales, seguido de clases mixtas, y el menor porcentaje prefiere que todas las clases sean en línea.

## El panorama nacional

En marzo de 2020, las autoridades suspendieron las actividades escolares. Cada institución y dependencia consideró los tiempos, modalidades y formas de trabajo para continuar con el trabajo académico. En la mayoría de los casos la transición de la actividad presencial a las clases remotas implicó el uso de aulas virtuales, redes sociales, herramientas de conferencias en tiempo real, entre otras muchas herramientas que surgieron producto de la necesidad, aunque en la mayoría de los casos se utilizaron sin una clara planeación y sin conocer de manera detallada sus usos,

ventajas o desventajas.

Diversos trabajos recuperaron los problemas y situaciones que enfrentaron docentes y estudiantes de todos los niveles educativos y de diferentes campos. En general, estos trabajos coinciden con lo descrito en la sección anterior y que los docentes refieren como desafíos durante la enseñanza remota por la emergencia sanitaria, entre ellos: a) un acceso desigual a la tecnología; b) las responsabilidades personales que docentes y estudiantes tienen al ser parte de una familia y comunidad; c) carencia de espacios adecuados y seguros para aprender y trabajar; d) diversas situaciones afectivas o emocionales; e) la complejidad del trabajo de enseñar en estas condiciones (Contreras et al., 2021; Fernández-Altuna, 2022; Sánchez Mendiola et al., 2020; UNAM, 2020).

Estos desafíos muestran que la enseñanza no sólo se trasladó al escenario no presencial o remoto, sino que se dio en un contexto de crisis que determinó la presencia de muchos otros factores, como los de la salud física y mental, que dificultaron aún más la tarea.

Dos informes elaborados en la UNAM por Sánchez Mendiola y colaboradores en 2020, el primero de ellos dentro de la Coordinación de Desarrollo Educativo e Innovación Curricular en marzo de 2020, y el segundo como informe ejecutivo de la Coordinación de Universidad Abierta Innovación Educativa y Educación a Distancia en septiembre del mismo año, rescatan las dificultades reportadas por los docentes durante este periodo de transición. En el primer informe, a partir de los resultados que obtuvieron al aplicar un cuestionario a docentes de bachillerato, licenciatura y posgrado de la UNAM, los autores organizaron dichas problemáticas en cuatro rubros, los que son, en orden descendente:

- Logístico, incluidos, entre otros, el manejo del tiempo, los horarios de clase, los espacios físicos para trabajar y la comunicación con la institución.
- Tecnológicos, como el acceso a Internet, contar con equipos de cómputo, conocimiento y manejo de las plataformas educativas.
- Pedagógicos, por ejemplo, poco conocimiento de herramientas didácticas de educación a distancia, el manejo de grupos a distancia, la evaluación a los alumnos.
- Socioafectivas, referidas a los aspectos emocionales y de salud, como sentimientos de tristeza, frustración, ansiedad, cansancio.

En el mismo instrumento, los autores recuperaron la apreciación de los docentes con respecto a las problemáticas que sus alumnos tuvieron con las clases a distancia, y aparecen los mismos rubros, solo que en diferente orden descendente:

- Tecnológicos, en el que se incluyen las mismas problemáticas que enfrentaron los docentes.
- Logísticas, referidas a las mismas problemáticas de los docentes.
- Educativas, en las que se contempla el poco conocimiento de herramientas de educación a distancia, su participación en esta modalidad, envío de actividades y tareas.
- Socioafectivas, donde, además de las referidas para los docentes, se incluyen entre otras, la motivación y el aburrimiento.

Para el reporte de septiembre, seis meses después de haber iniciado el trabajo remoto de emergencia, Sánchez Mendiola et al.

(2020), nuevamente aplicaron un cuestionario a docentes de la UNAM de los tres niveles educativos indicados líneas arriba, y los resultados, además de mostrar los mismos rubros en los que clasificaron las respuestas obtenidas, en esta ocasión detallan un poco más las condiciones de trabajo y los ajustes que llevaron a cabo los profesores a lo largo de este tiempo. Entre los aspectos encontrados por los autores está el que los encuestados con experiencia previa en clases a distancia o híbridas, no consideraron que su práctica se hubiera transformado en gran medida ante las clases remotas, sin embargo, esta no es la constante en la población de profesores de la UNAM.

Otros aspectos reportados por Sánchez Mendiola et al. (2020) para el caso de los profesores de bachillerato son, por ejemplo, que entre las actividades que hacían, predominan aquellas en las que el eje o centro de conocimiento era el profesor; que no contaban con las condiciones necesarias para interactuar con sus grupos (esto porque los alumnos carecían de acceso a Internet, de dispositivos adecuados, de un espacio físico idóneo, de redes de apoyo en la familia o entre compañeros, así como enfrentar problemas familiares, económicos y de salud, por ende, su participación en clase era baja; aproximadamente la mitad de los docentes de la muestra indicaron que los principales recursos que utilizaban en sus clases eran videos y redes sociales, lo que se vincula con reconocer la falta de conocimiento y habilidades sobre el uso de herramientas como las plataformas, que impedía que las clases remotas se desarrollaran de mejor forma.

La evaluación es otro de los puntos centrales señalados en el trabajo de Sánchez Mendiola et al. (2020), pues los docentes refirieron dificultad para construir instrumentos de evaluación que mostraran evidencia del aprendizaje de los alumnos ante las nuevas circunstancias, por lo que frecuentemente se recurría a la rúbrica y la forma de comunicarse para evaluar era mediante el correo electrónico.

Otra problemática constante identificada en el reporte de

Sánchez Mendiola et al. (2020) es que los profesores debieron organizar y coordinar sus actividades cotidianas con las docentes, ya fuera por actividades domésticas y de crianza que no podían dejar de lado, como por cargas laborales adicionales a la docencia, lo que limitaba su tiempo para preparar clases, revisar tareas y retroalimentar a sus alumnos. Hay que subrayar el hecho de que, aunque las docentes son las que destinan mayor tiempo a las actividades del hogar, también son quienes dedican más horas a la semana a preparar clases, materiales didácticos, evaluar, así como revisar tareas y retroalimentar a los estudiantes, lo que está relacionado con destinar poco tiempo de descanso y sueño e incluso alterar sus horarios de comida, para poder cumplir con todas sus demandas académicas y familiares.

## Estudio sobre la enseñanza de las ciencias en el bachillerato

En particular, la enseñanza de las ciencias enfrentó un desafío específico con la transición hacia la enseñanza no presencial, ya que muchos docentes vieron disminuidas las oportunidades, en específico, para que los estudiantes llevaran a cabo actividades experimentales, pues, en general, con esta modalidad consideran que los estudiantes solo escuchan y reciben información de manera pasiva, además de que no se pudieron implementar muchas de las actividades consideradas como fundamentales, tal es el caso de las sesiones en los laboratorios de ciencias.

Para conocer los desafíos específicos de la enseñanza de las ciencias en el bachillerato, los autores de este libro, llevaron a cabo un estudio a distancia con docentes del bachillerato, principalmente de la UNAM, para conocer su experiencia, problemas enfrentados y detectados durante su labor docente en el confinamiento. En esta sección se reportan las opiniones de 110 docentes<sup>1</sup> que imparten materias experimentales en el subsistema del bachillerato de la UNAM y otros bachilleratos, quienes de manera voluntaria respondieron un cuestionario en línea que indagaba distintos puntos relacionados con su práctica

docente; como los objetivos que atendían para planear sus clases remotas, sus formas de evaluar, la incorporación de las TIC, además de los retos y las adecuaciones en su trabajo para dar clases de materias experimentales. El cuestionario fue distribuido a los docentes en el periodo de mayo a julio de 2021, es decir, un año después de que comenzó el cierre de las escuelas.

Los hallazgos de este cuestionario describen un panorama muy similar al reportado por Sánchez y colaboradores (2020), donde se menciona que al menos la mitad de los docentes incorporaba el uso de las TIC de manera regular antes de la pandemia, por lo que tenían conocimientos básicos para manejar la computadora y algunas herramientas tecnológicas. A continuación, se describen con más detalles los resultados obtenidos a partir de ese cuestionario.

## Las actividades durante la educación a distancia

Una comparación entre las actividades presenciales y las implementadas en la enseñanza a distancia muestra que, en esta última, los docentes realizaron con mayor frecuencia actividades donde los estudiantes resuelven problemas abiertos o semiabiertos, usan simuladores, animaciones o laboratorios virtuales, o que implican el uso de tecnología para la toma de datos. Con menor frecuencia llevaron a cabo actividades donde los estudiantes trabajan de forma colaborativa, investigan y exponen temas, generan un reporte, así como actividades demostrativas hechas por el docente, por ejemplo, experimentos (ver Figura 1).

<sup>1</sup> La información reportada forma parte del proyecto PAPIME. Enseñanza de las ciencias en tiempo de coronavirus. Recursos y actividades para la educación no presencial (Clave: PE300321) y cuyos resultados han sido reportados también en Calderón-Canales, García-Rivera, Flores-Camacho, Gallegos-Cázares y Albornoz-Delgado (2022) y Calderón-Canales, García-Rivera, Flores-Camacho, Gallegos-Cázares y Ambrosio-Luz (2022).

Enseñanza de las Ciencias durante la Educación Remota por COVID-19:  
lecciones aprendidas y nuevas oportunidades

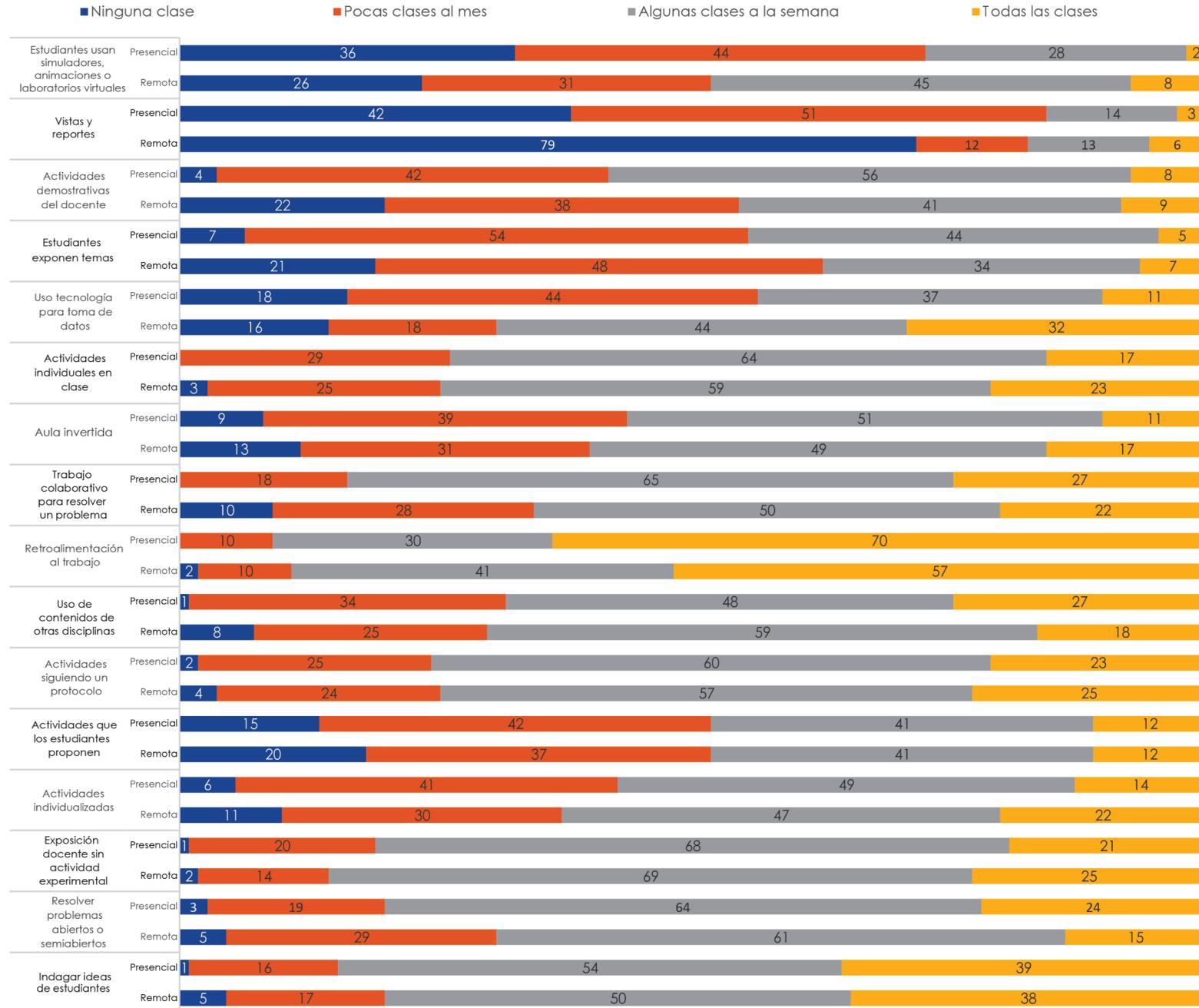
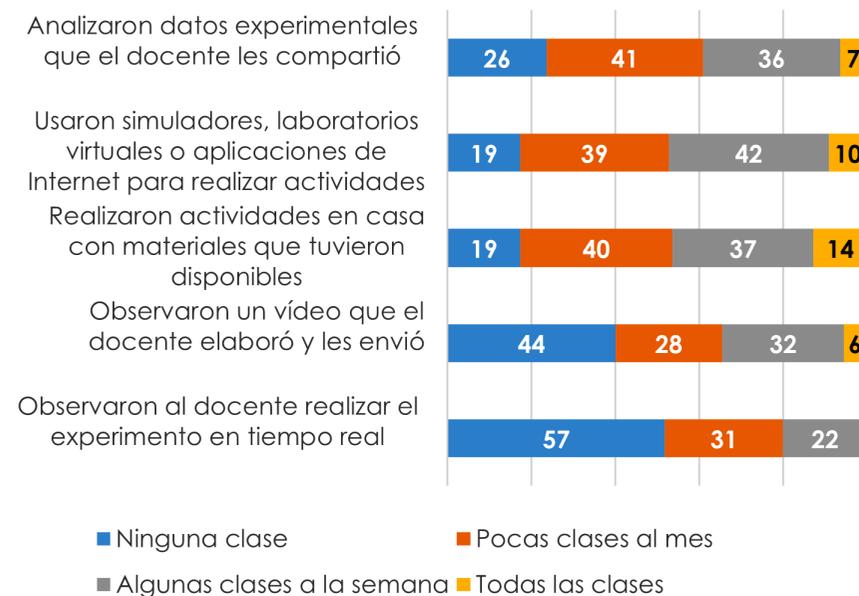


Figura 1  
Actividades realizadas en la enseñanza presencial y remota de emergencia

## Las actividades de laboratorio y prácticas, retos y soluciones

Como se ha apuntado, la actividad en el laboratorio es uno de los pilares de la enseñanza en las materias experimentales, de modo que, el cambio en la modalidad de enseñanza tuvo un impacto en su desarrollo. Aun así, el 82% de los docentes indicó que continuó con el trabajo práctico experimental, pero realizó adecuaciones, como fue la inclusión del uso de herramientas tecnológicas. Otros profesores pidieron que los alumnos realizaran experimentos en casa, observaran videos generados por los propios docentes donde ellos mismos realizaban algún experimento, o les compartieron datos experimentales para analizar. Solo una minoría de los docentes eliminó totalmente el trabajo práctico y/o experimental de sus actividades cotidianas o comentó que, de forma regular, no realiza este tipo de actividades (ver Figura 2).



**Figura 2**  
Actividades para sustituir el trabajo de laboratorio

Por otra parte, aquellos docentes que mencionaron haber eliminado las actividades experimentales en sus sesiones, aportaron diversas justificaciones a su decisión. En las respuestas (Tabla 1) se puede observar que las condiciones sanitarias, económicas, de seguridad y de disponibilidad de los materiales fueron algunos de los argumentos con los que justificaron esta decisión.

**Tabla 1**  
Ejemplos de las justificaciones para eliminar las actividades experimentales

Condiciones	Ejemplos
Sanitarias	"Para evitar contagios de COVID al salir de la casa para proveerse de materiales para el trabajo práctico." (Participante 72)
Económicas	"Algunos de mis alumnos sufrieron de manera económica la pandemia y era complejo pedir ciertos materiales para estas prácticas." (Participante 8)
Seguridad	"Por la dificultad de adquirir todos los materiales y el que no estuviera un adulto en el desarrollo de la práctica." (Participante 27)
Disponibilidad de los materiales	"El trabajo en biología es la enseñanza del método científico y el aprendizaje de algunos equipos de laboratorio como el microscopio, autoclave, la preparación de soluciones y técnicas de tinción que en la enseñanza a distancia no es posible que utilicen el equipo ni material de laboratorio." (Participante 74)

## Las dificultades y cambios en la evaluación

La evaluación fue otro de los temas relevantes en las descripciones de los docentes (ver Figura 3), como se ha reportado, la mayor parte de los profesores menciona haber cambiado su forma de evaluar al alumnado, comprensible desde luego, dada la situación. Sin embargo, este cambio no solo implicó el uso de herramientas alternativas, como formularios en línea o contadores de tiempo, sino que, de manera significativa, entre algunos docentes, el mayor cambio fue en el tipo de evidencia que se consideró para evaluar, al sustituir o eliminar los exámenes y dar opción a otras herramientas, como la elaboración de portafolios de evidencias, trabajos que los estudiantes realizaron en colaboración, o analizar con más detenimiento los argumentos de los estudiantes, etc.

Otro cambio reportado se centró en los porcentajes que se asignan en la evaluación, por ejemplo, se dio menos valor al examen y más a las tareas entregadas o a los proyectos. Además, se usaron criterios más flexibles para evaluar, por ejemplo, permitiendo que los estudiantes entregaran las tareas fuera de tiempo y, en general, mostrando empatía y consideración por la situación. Finalmente, también hay docentes que describieron que no realizaron cambios, principalmente porque cotidianamente, es decir, en las sesiones presenciales, ya usaban diversos recursos para la evaluación, como proyectos, exámenes, tareas, entre otros, por lo que estas estrategias se siguieron implementando.

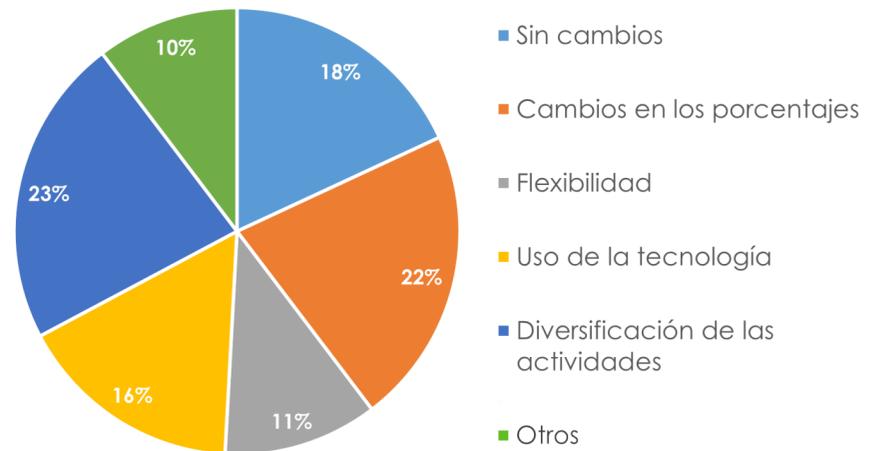


Figura 3  
Cambios en la evaluación en la enseñanza remota de emergencia

## Retos que enfrentaron los docentes

Durante este periodo los docentes enfrentaron retos multidimensionales que, como se ha destacado en las descripciones previas, abarcan la complejidad de administrar el tiempo para cubrir sus actividades docentes y equilibrarlas con las personales, los problemas técnicos de los estudiantes relacionados con el Internet o con su equipo de comunicación. Pero, de manera específica, los retos de enseñar ciencias en esta modalidad, para la mayoría, incluyen falta de actividades, experimentos y recursos tecnológicos, como simuladores, laboratorios virtuales, dispositivos alternos, entre otros, por ser insuficientes o inadecuados para incorporarlos en sus clases (ver Figura 4).

Enseñanza de las Ciencias durante la Educación Remota por COVID-19:  
lecciones aprendidas y nuevas oportunidades

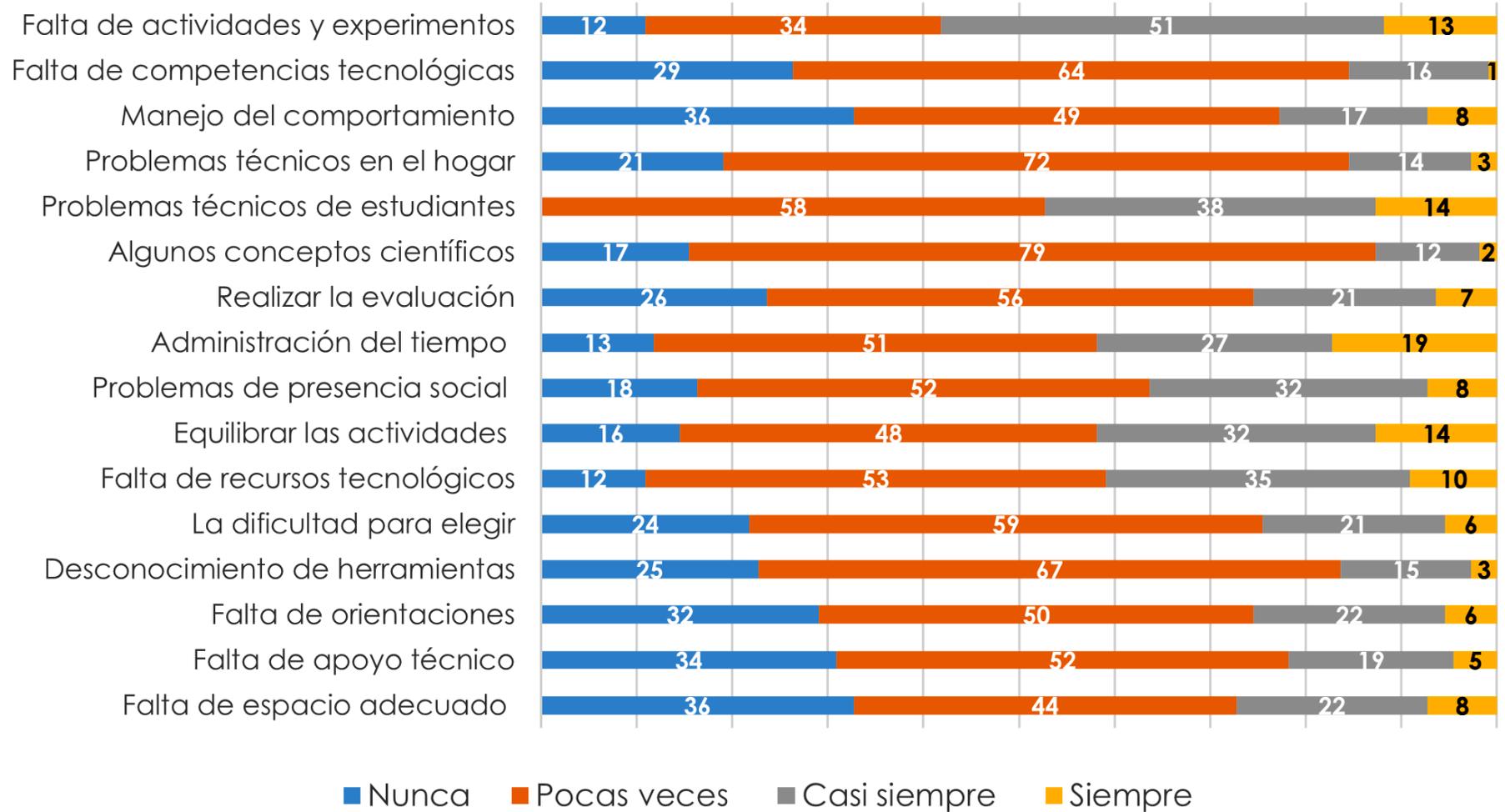
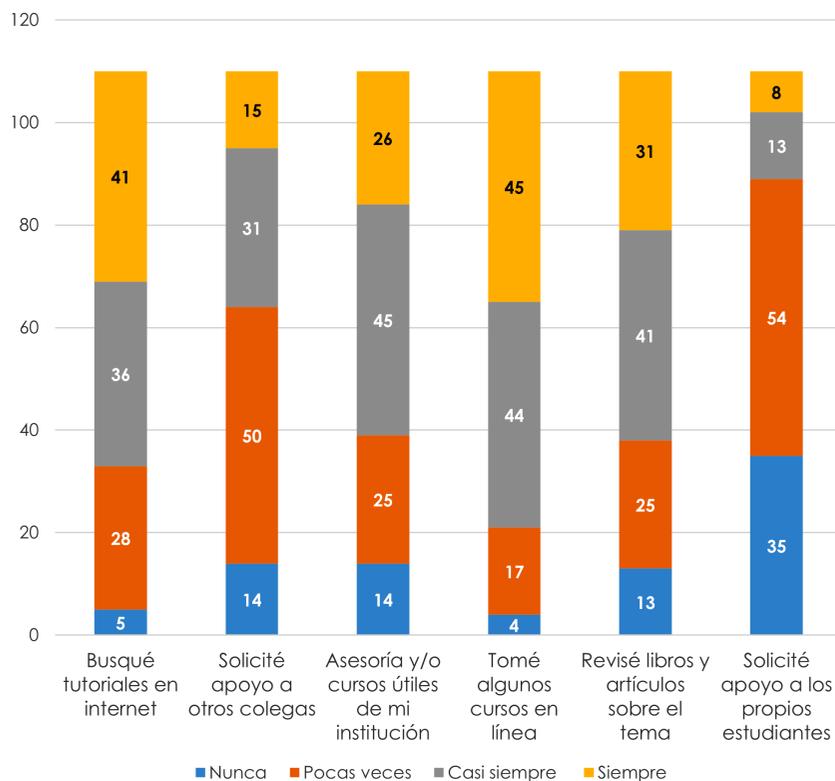


Figura 4  
Retos enfrentados por los docentes durante la enseñanza remota de emergencia



## Soluciones a los retos que enfrentaron

Los docentes indicaron que buscaron soluciones a los retos, las que se presentan en la Figura 4. Entre ellas, destacan buscar tutoriales en Internet, revisar libros o artículos sobre el tema, así como tomar asesorías o cursos brindados por la institución donde laboran (ver Figura 5).



**Figura 5**

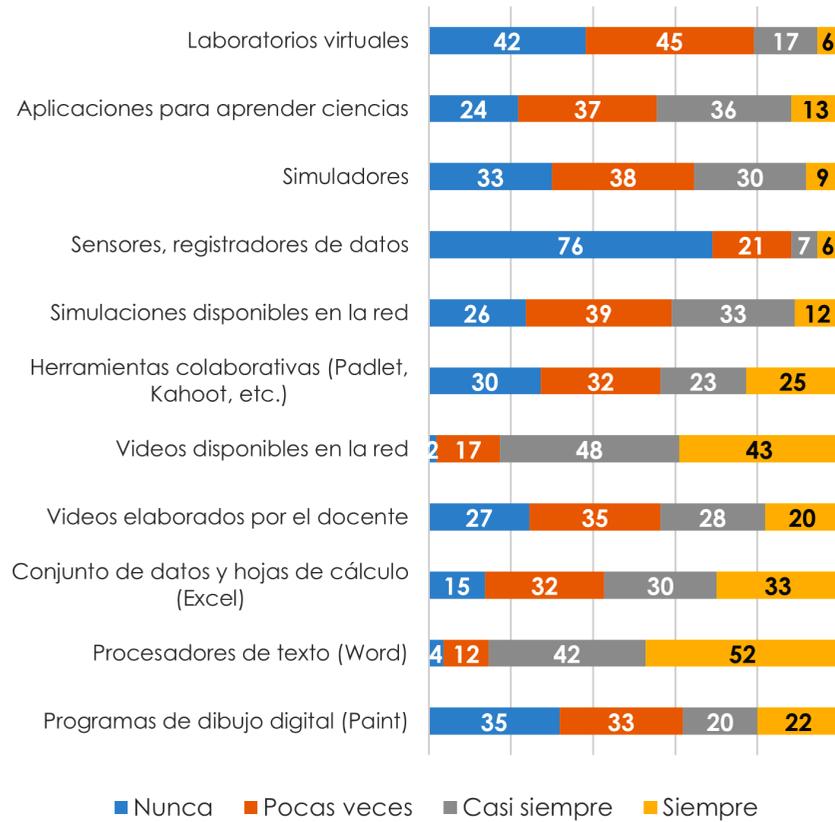
*Soluciones y adecuaciones realizadas por los docentes durante la enseñanza remota de emergencia*

## Uso y selección de herramientas digitales

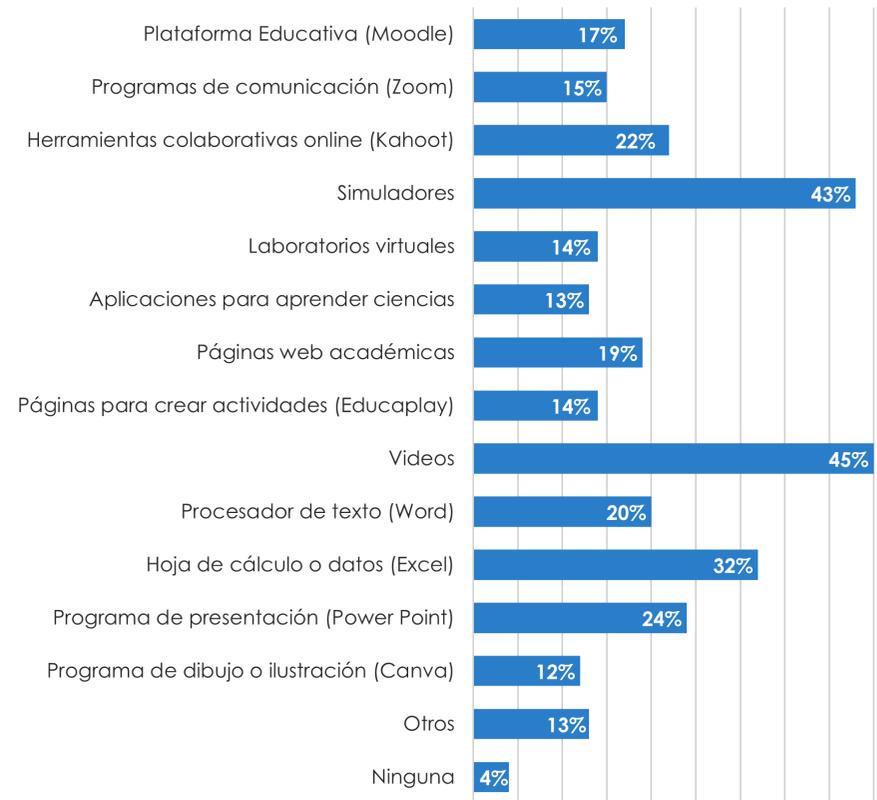
Durante la contingencia, los docentes usaron en su mayoría computadoras portátiles, seguidas de teléfonos celulares, computadoras de escritorio y, entre las herramientas usadas para las clases, están los procesadores de texto (Word, OneNote, Bloc de notas, etc.), videos disponibles en la red o elaborados por los propios docentes, conjuntos de datos u hojas de cálculo (Excel), simuladores, programas para hacer presentaciones, herramientas colaborativas online como Kahoot, Padlet o Mentimeter, páginas web académicas y plataformas educativas. Un menor porcentaje de docentes indicó haber ocupado programas o aplicaciones como Zoom, WhatsApp, correo electrónico, laboratorios virtuales, páginas o aplicaciones para crear actividades, cuestionarios o juegos, aplicaciones para aprender ciencias o programas de dibujo o ilustración (ver Figuras 6 y 7).

La elección de herramientas para enseñar, el tipo de actividades, la estructura de éstas, el tipo de sesiones, sincrónicas o asincrónicas, y formas de trabajo individual o colaborativo, entre otras, son aspectos que abarcan la planeación. Rubro donde los docentes reportaron haber hecho más adecuaciones ante la nueva situación. Los profesores tuvieron que reconfigurar sus prácticas habituales para adecuarse a las demandas de la situación. También debieron diseñar o buscar materiales específicos para la enseñanza, por ejemplo, videos, generar versiones digitales de sus actividades, adaptar documentos, etc.

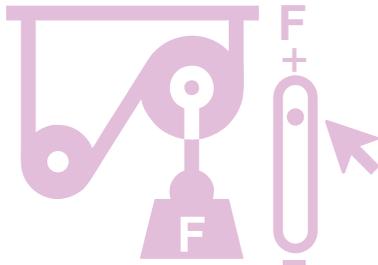




**Figura 6**  
Herramientas utilizadas en la enseñanza remota de emergencia



**Figura 7**  
Herramientas mencionadas por los docentes para enseñar en forma remota



### Aspectos educativos relevantes que reportan

Con respecto a lo que los docentes priorizaron en la enseñanza de las ciencias durante las clases remotas (ver figura 8) se observa que, consideran que es necesario priorizar el desarrollo de habilidades prácticas (buscar información, medir, usar herramientas para la toma de datos, etc.), habilidades para trabajar de forma colaborativa y desarrollar un pensamiento crítico (científico), pero no dejan de lado la relevancia del dominio de los temas o la evaluación.

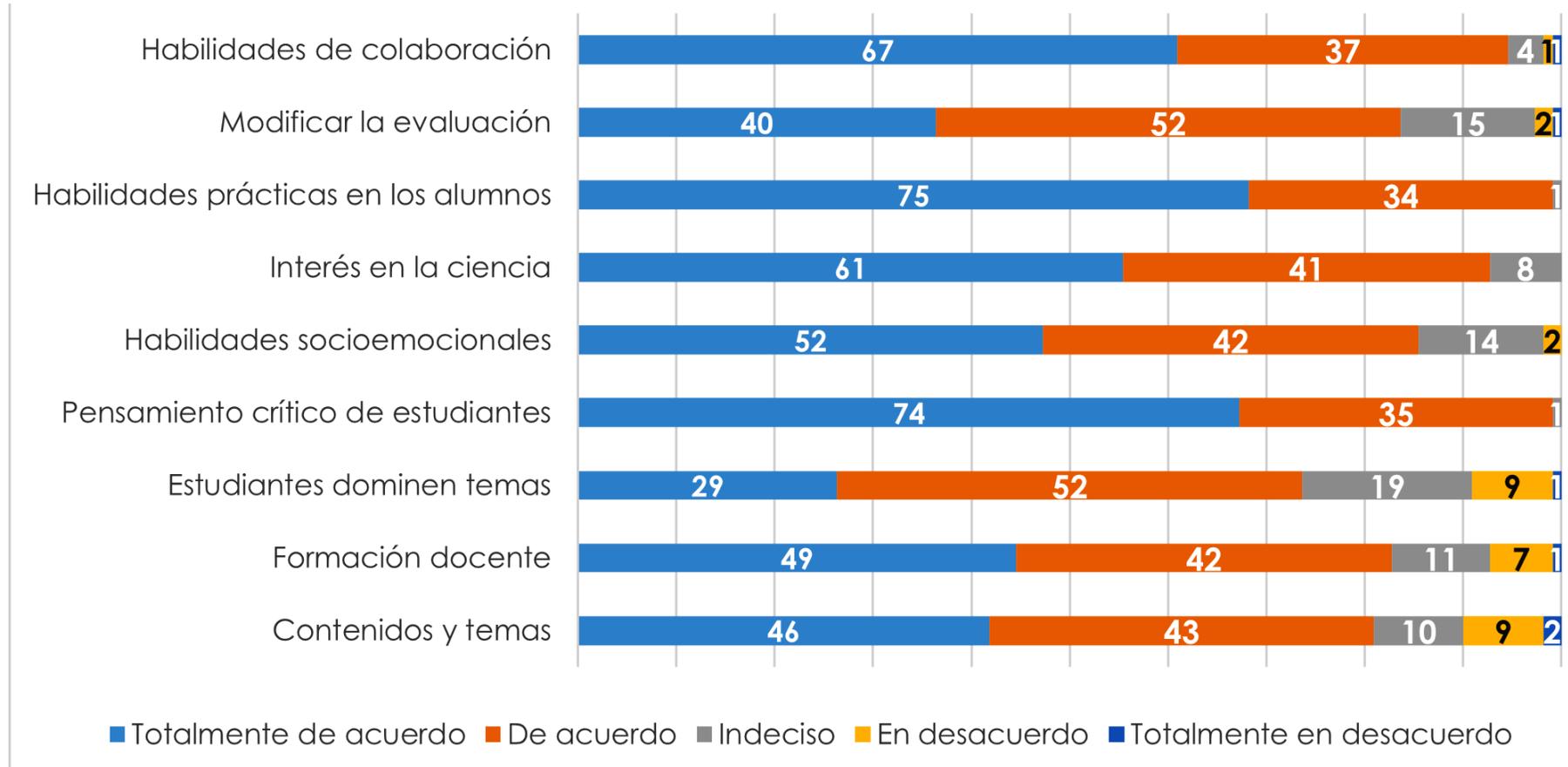


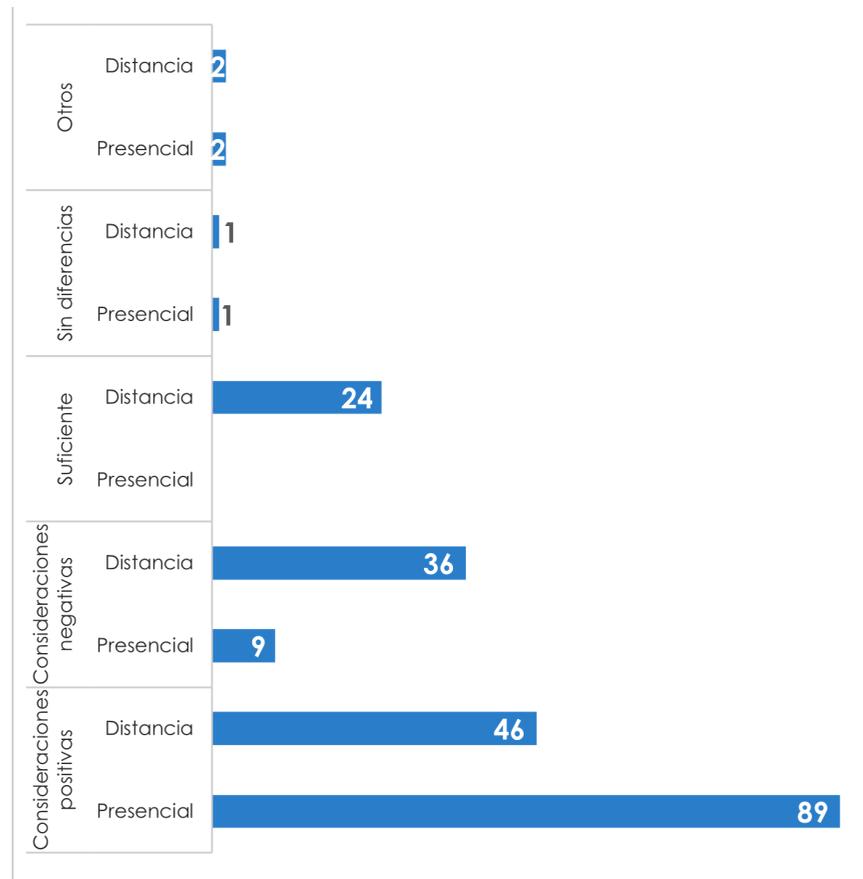
Figura 8  
Aspectos de la enseñanza a priorizar

### Lo positivo y negativo

En el cuestionario, los docentes pudieron expresar su valoración, positiva o negativa, del aprendizaje de los alumnos en el trabajo remoto de emergencia. Aproximadamente la mitad ve algunos aspectos positivos del trabajo en la modalidad remota. Por ejemplo, consideran que los estudiantes desarrollaron habilidades tecnológicas y mejoraron su autorregulación y autoaprendizaje. Treinta y seis docentes describen cuestiones negativas, donde destacan la carencia de herramientas tecnológicas de los estudiantes, los distractores en el hogar y la escasa interacción personal.

Otros, mencionan características específicas de los estudiantes, como la falta de compromiso, la falta de habilidades de autoaprendizaje y autorregulación, y la saturación o agotamiento por trabajar en esta modalidad. Finalmente, algunos docentes destacan las implicaciones negativas de trabajar a distancia, por ejemplo, el insuficiente desarrollo de habilidades para usar material experimental o que los estudiantes no alcanzaron los aprendizajes mínimos de la materia, lo cual consideran, es uno de los aspectos con más implicaciones a largo plazo.

Del trabajo en esta modalidad, veinticuatro docentes también consideran que el aprendizaje logrado fue suficiente, en términos de que aprendieron lo básico indispensable, ya que esta modalidad no permite dar cuenta a detalle de la comprensión alcanzada por los alumnos, ya sea porque no es posible interactuar directamente (por ejemplo, no prenden su cámara o tuvieron problemas personales) o porque no se puede confiar en la forma en que realizaron las tareas o exámenes, haciendo referencia a que copiaron, compartieron las respuestas con otros, etc. (Ver figura 9).



**Figura 9**  
Consideraciones del aprendizaje de los estudiantes en la modalidad presencial y remota de emergencia

La mayoría de los participantes en este cuestionario reportaron un cambio en su percepción del proceso de enseñanza aprendizaje. Sus respuestas abarcan las vinculadas con los actores involucrados en este proceso y que, de alguna forma, reflejan los retos que enfrentaron durante la enseñanza remota. Además, estas reflexiones nos permiten identificar las necesidades que a corto y largo plazo sería necesario atender en los procesos de formación docente. En la tabla 2 se presentan algunas de estas reflexiones, diferenciadas en aquellas referidas a los docentes y a los estudiantes.

**Tabla 2**  
Percepciones docentes sobre el proceso de enseñanza aprendizaje

Docentes	Estudiantes
No disponen de actividades para sustituir las actividades experimentales.	Requieren desarrollar habilidades tecnológicas para trabajar a distancia.
Requieren una formación específica en la modalidad a distancia y fortalecer sus habilidades digitales.	Carecen de habilidades de autoaprendizaje y autorregulación.
Aprendieron a usar más recursos para la enseñanza de la ciencia.	Requieren apoyo para desarrollar y gestionar sus habilidades socioemocionales.
Requieren determinar los aprendizajes específicos que necesitan alcanzar los estudiantes.	Sus contextos influyen en su aprendizaje.
Necesitan dialogar con los estudiantes para conocer sus necesidades.	Tienen más capacidades de las que consideraban.

**Tabla 2**

**Percepciones docentes sobre el proceso de enseñanza aprendizaje**

<b>Docentes</b>	<b>Estudiantes</b>
<p>Deben mantener una visión flexible de la docencia y reconocer que hay una diversidad en el aprendizaje.</p> <p>Reconocen que es posible incorporar más actividades.</p> <p>Reconocen aspectos importantes involucrados en el aprendizaje presencial (poder ver reacciones de los alumnos, cómo interactúan, etc.).</p> <p>Reconocen que descubrieron su capacidad de innovar y ser creativos.</p> <p>Reconocen que se requiere enseñar distinto en cada modalidad.</p> <p>Deben dar prioridad al proceso y no al producto.</p>	

*Nota: la tabla se construyó a partir de las expresiones de los profesores.*

Por último, a diferencia de lo reportado en el panorama internacional, al menos la mitad de los docentes que respondieron este cuestionario, considera la enseñanza mixta (a distancia y presencial) como el formato que las escuelas deberían adoptar. En principio, porque es propicio para el uso de herramientas tecnológicas que muchas veces no están disponibles en las aulas, pero también porque este formato brinda la oportunidad de acceder a la educación a estudiantes que viven lejos y a aquellos que consideran que el problema de los contagios continuará.

Los resultados aquí mostrados, como los del panorama internacional y nacional descritos, evidencian las circunstancias complejas que se tuvieron que enfrentar y las soluciones implementadas para mantener las actividades escolares y disminuir en todo lo posible las afectaciones en el aprendizaje de los estudiantes. A pesar de los incontables retos, se observa que los docentes emplearon diversidad de estrategias que les permitieron transformar su enseñanza, repensar los objetivos de su quehacer, la planeación de actividades, la evaluación y considerar muchos otros aspectos involucrados en esta transición. Los docentes que tenían uso previo de las TIC, las emplearon más y de forma más constructiva durante las sesiones remotas, su uso, además, estuvo relacionado con sus creencias sobre su utilidad, pero también con el dominio que tenían de las propias herramientas.

Las respuestas de los docentes presentadas aquí, se deben interpretar bajo la mirada de la situación por la que transitaban, esto es, clases remotas de emergencia, carencia de materiales y actividades, estrés, entre otros. Como se mencionó al inicio del apartado, las respuestas se recuperaron cuando las clases presenciales aún estaban suspendidas, en un contexto que ni docentes ni estudiantes habían experimentado previamente, y que, para el profesorado, implicaba no solo el reto de aprender a usar herramientas tecnológicas, sino a repensar en su totalidad los aspectos vinculados con su práctica docente.

Es posible que, a primera vista, algunas de las ideas expresadas por los profesores sean contradictorias, inadecuadas y otras puedan parecer poco verosímiles, sin embargo, se debe considerar que, en general, las ideas y representaciones sobre los procesos de enseñanza y aprendizaje que los docentes habían generado con su experiencia previa fueron puestas a prueba para adaptarse, sobre la marcha, a las condiciones adversas derivadas de la emergencia, que desde luego implican una enseñanza bajo un esquema diferente. También hay que considerar que, al estar inmersos en el problema de la enseñanza remota por la situación de emergencia, junto con sus propias problemáticas (contagios, familiares enfermos, alumnos enfermos, etc.) y dinámicas cotidianas, para la gran mayoría no fue posible llevar a cabo una amplia reflexión sobre su quehacer docente.

Por ello, los resultados mostrados, si bien son un indicativo de los retos y acciones tomadas por los docentes, son resultados que pueden tener variaciones tiempo después, una vez que se haga un análisis mayor de lo vivido por los docentes. Aun así, en este momento proporcionan la primera instancia para conocer los posibles retos que la educación a distancia, en el contexto de los bachilleratos mexicanos, puede enfrentar.

Sin duda alguna, el esfuerzo y compromiso mostrado por los docentes para sacar a flote a sus alumnos durante esta etapa es valioso y digno de reconocimiento. Sin embargo, es importante tomar en cuenta la experiencia recuperada tanto en el ámbito internacional como en el nacional, particularmente con los resultados obtenidos en la investigación con profesores del Bachillerato en la que este libro se sustenta, para reconocer la necesidad de contar con una visión de enseñanza aprendizaje más dinámica, donde el papel del docente y de los alumnos pueda cambiar constantemente, donde las herramientas tecnológicas no sirvan solamente para comunicarse, ni para mostrar lo que puede verse en los libros, sino que incidan realmente en los procesos de razonamiento y desarrollo de habilidades para la comprensión y la interacción con los fenómenos naturales, para la generación de nuevas ideas que les

ayuden a comprender de manera más robusta y clara los fenómenos y procesos que se abordan en la clase de ciencias.

Para lograr un cambio que favorezca nuevos ambientes y procesos educativos, igual que ocurre con los estudiantes, los docentes requieren repensar sus ideas sobre sus formas de enseñar, e identificar en qué contextos pueden o no funcionar, así como lo que realmente deben transformar en su práctica. Para ello, es necesario contar con enfoques educativos que apoyen esa reflexión y orienten hacia posibles procesos de cambio en la práctica docente. Esto es, los profesores requieren conocer y apoyarse en marcos educativos derivados de la investigación reciente sobre la enseñanza de la ciencia en los entornos actuales, que consideran los procesos de aprendizaje centrados en los alumnos y en los que las tecnologías digitales cobran cada día mayor relevancia.

Por ejemplo, esta reflexión sobre la enseñanza, de acuerdo con lo descrito hasta el momento, se puede hacer desde el marco de la transformación representacional y el uso de múltiples representaciones para la enseñanza, lo que constituye el tema de los apartados siguientes.

# 2

## Complejidades y retos de la enseñanza de las ciencias en la distancia

Como se ha mencionado, el panorama descrito en el apartado precedente implica llevar a cabo un análisis y replanteamiento de cómo gestionar los procesos de educación en la nueva situación, en la que, debido a la irrupción de la pandemia, se tuvo una educación remota, forzada y disruptiva de la cotidianeidad escolar, en la que de manera permanente se han incorporado los recursos digitales con sus problemáticas y ventajas. Este cambio en las formas de enseñanza que se prevé para la nueva cotidianeidad educativa, así como para enfrentar otra situación de emergencia, implica conceptualizar nuevos enfoques didácticos con el uso de las tecnologías digitales. Sin embargo, esto no significa que basta con implementar el uso de esos recursos o disponer de más y mejores recursos tecnológicos, sino que conlleva contar también con un sólido enfoque educativo que les dé viabilidad educativa, en el sentido de mejorar los procesos de construcción de conocimiento, de razonamiento y de análisis crítico por parte de docentes y alumnos.

A partir de estas consideraciones, se presentará un enfoque educativo basado en la perspectiva representacional y sus implicaciones para la enseñanza y el aprendizaje. Para comprender los orígenes y procesos educativos de esta perspectiva, a continuación, se describe brevemente cómo ha sido ese desarrollo y sus implicaciones educativas a través de la perspectiva multirepresentacional y su estrecha relación con las tecnologías digitales.

### La conocida historia de enseñar ciencias en forma presencial

En la sociedad actual, nadie cuestiona que parte fundamental de la educación formal integral de toda persona debe incluir a las ciencias experimentales, para las que el paradigma de enseñar únicamente teorías, leyes o conceptos ha sido superado desde hace décadas. Ahora se busca que los estudiantes, además de conocimiento conceptual, desarrollen competencias, habilidades, actitudes y valores que les permitan alcanzar autonomía en la regulación de su aprendizaje, al tiempo que comprenden los fenómenos y procesos naturales y son capaces de generar un pensamiento crítico y reflexivo que les ayude a analizar y cuestionar la información que reciben cotidianamente, para tomar decisiones informadas y basadas en el conocimiento científico que han comprendido, sin que esto implique necesariamente que continuarán formándose dentro de un campo científico en las siguientes etapas educativas. Estos propósitos se aprecian en los currículos de diferentes países alrededor del mundo y son correspondientes con el modelo educativo propuesto en los planes y programas de estudio tanto de la Escuela Nacional Preparatoria (2016), como de la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades (2016).

Sin embargo, cualquier docente que imparta materias científicas conoce que, detrás de estas bienintencionadas aseveraciones, los resultados en el salón de clases, en las evaluaciones

internacionales y, por supuesto, en las investigaciones hechas dentro del campo de la enseñanza de las ciencias (Cruz-Cisneros et al., 2015; Flores-Camacho et al., 2019; Sánchez-Lazo et al., 2015), dan cuenta de múltiples dificultades para lograr que los alumnos puedan aprender lo que se espera cuando cursan disciplinas científicas, desde los primeros años de la educación básica, hasta la universidad.

Si consideramos el contexto cotidiano, previo a la pandemia por COVID-19, en el salón de clases los actores participantes eran el profesor y los alumnos, de forma tal que su interacción, persona a persona, ofrecía las condiciones para implementar las estrategias de enseñanza planeadas por el docente para que los alumnos aprendieran de acuerdo con los objetivos definidos en el programa de estudios, considerando que existía la posibilidad de escuchar y observar a cualquiera que hablara, identificar las expresiones, gesticulaciones y movimientos de todos, hacer uso de diferentes recursos didácticos, ya fuera imágenes, videos, textos, ecuaciones, gráficas, demostraciones experimentales, que los alumnos realizaran por sí mismos las actividades experimentales, manipularan los objetos, los recursos, tuvieran junto a ellos al docente y a sus compañeros para preguntar, acordar, comentar, discutir, consensar, validar, retroalimentar, y un sinfín de acciones que la educación presencial favorece, aunque el resultado muy pocas veces fuera el esperado, lo que hace innegable que enseñar ciencias, aún en el salón de clases y/o laboratorio, conlleva múltiples dificultades y obstáculos. Por ello, es oportuno volver sobre la pregunta: ¿a qué dificultades se enfrentan los docentes cuando enseñan ciencias? A continuación, presentamos un panorama general de los principales obstáculos que los profesores deben sortear para favorecer el aprendizaje de sus alumnos.



## Las concepciones de enseñanza y aprendizaje del docente

A pesar de que el paradigma constructivista actualmente está ampliamente difundido y aceptado, todos tenemos una idea general, muchas veces compartida, de cómo se enseña y se aprende, así que cuando nos encontramos frente a la tarea de enseñar, lo que dirige nuestras acciones al planear las estrategias y propuestas va más allá de lo que el modelo educativo, planes y programas de estudio describen en el escrito, pues lo que delinea las decisiones que tomamos para definir las metodologías de trabajo son nuestras concepciones o teorías implícitas sobre la enseñanza (Gallegos, Flores y Valdés, 2004; Heller et al., 2012; López-Mota, Rodríguez y Bonilla, 2006; Porlán, Rivero y Martín del Pozo, 1998; Tsai, 2002), derivadas comúnmente de las experiencias escolares personales que, como lo reportan diversas investigaciones (Boulton-Lewis et al., 2001; Campbell et al., 2001) muestran un gradiente de actividades que van de aquellas centradas en el docente a las que tienen como eje y protagonista al alumno, por lo que, en consonancia con Gastón Bachelard (1984), exhiben un perfil epistemológico que da cuenta de la diversidad de ideas o enfoques sobre enseñanza que coexisten en el sujeto y que se explicitan de acuerdo con la tarea o contexto en el que se encuentre. Esto significa que etiquetar el trabajo docente como 100% constructivista o, por el contrario, 100% conductista o 100% lógico-positivista, por ejemplo, resulta estéril, pues nos movemos en un abanico de enfoques epistemológicos que mostramos dependiendo de la situación y de las limitantes en las condiciones o contextos donde vamos a trabajar, como pueden ser las restricciones de los programas y tiempos para llevarlo a cabo, el número de alumnos, la falta de materiales, etc. A estos aspectos debemos sumar también la visión que tienen los docentes sobre cómo se construye la ciencia y cómo ésta debe ser enseñada. Al igual que ocurre con el perfil epistemológico, la visión de la naturaleza de la ciencia (NOS, por sus siglas en inglés) de cada docente no se limita a una única posición filosófica, pues son los contextos en los que se hacen las

preguntas de investigación, los que definen la concepción de naturaleza de la ciencia que se aplica en un determinado momento (Flores, 2012).

Por todo ello, no es de extrañar que, a partir del perfil epistemológico personal, se propongan ejercicios donde predomina la memorización; los trabajos de investigación bibliográfica y el escrito del reporte; la revisión del tema por parte de los alumnos y su posterior exposición; cuestionarios que resuelven, en el mejor de los casos, con información tomada de libros o de fuentes de información sin rigor académico, sin lograr con ello llegar a una etapa de análisis o reflexión; la resolución de problemas cerrados o semiabiertos; la repetición de actividades experimentales o prácticas con protocolos definidos y sin mayor libertad para modificarlos, la observación de videos, el uso de animaciones, interactivos y simuladores para resolver ejercicios o tareas específicas; entre algunas otras alternativas con las que se cuenta para alcanzar, en lo posible, la revisión de la mayor parte del temario, resarcir algunas de las deficiencias académicas con las que llegan los alumnos y contar con evidencia de su avance que, en general, no implica la construcción e integración de conocimiento, sino solo haber cumplido con las tareas y tener una idea muy general de los temas trabajados a lo largo del ciclo escolar.

Desde luego, esto debe analizarse con cautela y reconocer que son grandes los esfuerzos de los profesores por lograr que el salón de clases se convierta en un espacio de construcción de conocimiento, pues llevar a cabo este mosaico de formas de trabajo no significa que no se reconozca la importancia de las ideas con las que llegan los alumnos al salón de clases, ni que no se busque que sus intereses y experiencias de su vida cotidiana se recuperen y se reflexionen a la luz del conocimiento científico, ni que no se promueva el trabajo colaborativo, las discusiones con el grupo, las interacciones entre pares, la explicitación de sus procesos de análisis y reflexión, el desarrollo de sus habilidades y destrezas, junto con la adquisición de nuevo conocimiento, más cercano al científico. Sin embargo, las demandas y dinámicas

escolares llevan a reducir el potencial y las oportunidades de aplicar un enfoque predominantemente constructivista, al hacer uso de estos recursos y actividades, por lo que los esfuerzos se destinan a promover la participación más activa de los alumnos, la explicitación de sus ideas antes y al final del abordaje de un tema, fortaleciendo su capacidad de argumentar y negociar a través de discusiones entre equipos y grupales, que buscan que generen nuevos significados y representaciones sobre los fenómenos y procesos abordados, que concluyen con la evaluación de su logro mediante exámenes escritos que arrojan una valoración cuantitativa y sesgada que, en ocasiones, se apoya con otras evidencias de su trabajo.

Esto por supuesto no significa que hay que restar importancia a las ideas de los alumnos, al contrario, en todo momento deben considerarse, pero no solo para que las exterioricen, sino para hacerlos conscientes de lo que pueden explicar con ellas, de cómo les permiten o no interpretar nuevos aspectos del fenómeno. Como se verá en la siguiente sección, las ideas de los alumnos son la materia prima para planear y desarrollar cualquier estrategia educativa que se contemple.

## El marco de interpretación de los alumnos: sus ideas previas

Uno de los conflictos centrales que enfrenta la enseñanza son las ideas previas que los alumnos tienen respecto a las diversas temáticas que se abordan en clase. Desde los años setenta del siglo XX se reconoce su importancia y la necesidad de tomarlas en cuenta en cualquier estrategia didáctica que se planee. La vasta investigación que se ha hecho al respecto (Driver y Easley, 1978; diSessa y Sherin, 1988; Wandersee, Mintzes y Novak, 1994; Duit, 2009; Taber, 2001; Flores et al., 2002, entre muchos más) incluye otros términos para reconocerlas, como concepciones alternativas, ideas intuitivas, errores conceptuales (que deriva del inglés *misconceptions*), o esquemas alternativos.

El nombre que se les asigne lleva consigo un enfoque que implica cómo se conciben y se comprende lo que son y lo que implican para la enseñanza. En este sentido, al referirse a ellas como ideas previas, es relevante señalar que se acepta que anteceden a la enseñanza formal, pues se trata de construcciones que los sujetos elaboran, dentro de un dominio específico, para interpretar y explicarse los distintos fenómenos y procesos naturales, psicológicos y sociales de su entorno, las cuales se van generando y fortaleciendo conforme las personas interactúan en el mundo, por lo que se convierten en su repertorio de conocimiento intuitivo, experiencial e interpretativo para actuar en el día a día, en el ámbito cotidiano. Debe comprenderse que no se trata de ideas sueltas, sin sentido, sino que son verdaderas explicaciones que un individuo genera sobre la forma en que funciona el mundo, resultado de las experiencias y su corporización (embodiment) que la persona tiene con el ambiente y las distintas fenomenologías. Esto implica que son construcciones coherentes y en consecuencia, muy resistentes al cambio, pues surgen de los elementos perceptibles que se van sumando y conectando para dar respuesta y solución a las diversas cuestiones que ocurren alrededor. Este origen conlleva que, la gran mayoría de las veces, dichas ideas, no correspondan con el conocimiento científico, por lo que pueden convertirse en obstáculos para que los estudiantes acepten nueva evidencia que contradiga sus concepciones, pero que, no deben descartarse, sino tomarse en cuenta como punto de partida para el desarrollo de propuestas educativas que ayuden a transformarlas, superarlas o reconstruir a partir de ellas nuevas posibilidades de interpretar y razonar sobre los fenómenos naturales.

Cuando se señala que las ideas previas se generan en un dominio específico, se está haciendo referencia a que estas construcciones cognitivas están agrupadas a una determinada fenomenología a la que pertenecen (Hirschfeld y Gelman, 2002). Así, tenemos ideas previas de los siguientes dominios:

- Físico, que corresponde con los procesos del mundo físico, es decir, el de los objetos
- Biológico, referido al mundo natural, el de los seres vivos y sus interacciones
- Psicológico y social, al que pertenece la percepción de uno mismo y de los otros como sujetos, así como las relaciones y procesos que entre ellos se establecen

Para cada dominio, se han hecho abundantes investigaciones, pues su reconocimiento y efecto sobre el aprendizaje implicó abrir su análisis mediante un nuevo marco cognitivo y epistemológico. Entre los resultados de estos trabajos está su caracterización, así como la organización y síntesis que ofrece Duit (2009) y la conformación de una base de datos que reporta cuáles son las principales ideas previas en estudiantes de diferentes niveles educativos para temáticas específicas (Flores et al., 2002), que sirven a los docentes para conocerlas cuando están definiendo una estrategia de trabajo para un determinado tema, pues a partir de saber por dónde están las ideas de los alumnos, podrán proponer estrategias que les permitan a explicitarlas, ponerlas a prueba y gestionarlas en la búsqueda de dar cabida a nuevas ideas y concepciones que los ayuden a ir más allá de lo que implica solo la percepción inmediata de los fenómenos.

## El cambio en sus ideas, el cambio conceptual

En este punto vale la pena centrarse en lo que se busca al tener conocimiento de las ideas previas de los alumnos acerca de un tema en especial, pues a los docentes se les señala la importancia que tiene reconocerlas, valorarlas, tomarlas en cuenta para la enseñanza y fomentar en los estudiantes el “cambio conceptual”, término retomado de la epistemología de la ciencia para señalar que hay una transformación o progreso del conocimiento previo (incluidas las ideas previas) hacia aquél que corresponde con el conocimiento científico.

Como Duit y Treagust (2003), Flores (2004), Flores y Gallegos (2009) lo describen a detalle, hay distintos enfoques y teorías sobre cambio conceptual, de acuerdo con las consideraciones epistemológicas o cognitivas en las que se basan, y como estos autores también destacan, más allá del posicionamiento que se tome, no debe perderse de vista que lograr la transformación de las ideas de los alumnos es difícil, ya que el conocimiento científico no se trata solo de datos, información o conceptos aislados, sino de concebir e interpretar el mundo, lo que es un esfuerzo personal y consciente, que no implica solo la sustitución, reemplazo o memorización de los conceptos.

## Del cambio conceptual al cambio representacional

El cambio conceptual constituyó un cambio profundo para concebir el aprendizaje, pero también un reto que implicó el desarrollo de diversas posiciones teóricas, un gran esfuerzo en la práctica y en el desarrollo de propuestas para el aula. Sin embargo, esta diversidad de enfoques y el reconocimiento de las grandes dificultades para cambiar conceptos, ha hecho que el análisis de las últimas décadas haya propuesto nuevas rutas para tratar de comprender qué es lo que debe cambiar y desde qué perspectiva hay que considerar la mente de los alumnos, para lograr cambios que les lleven a mejores niveles de comprensión de los conocimientos científicos.

Por ello, sin perder de vista la importancia y trascendencia de los avances que implicó el cambio conceptual, la visión actual de transformación ya no está centrada en los conceptos, sino en concepciones más amplias que los incluyen, se trata de las representaciones, construcciones del individuo a partir del conjunto de acciones y percepciones que lleva a cabo dentro de un entorno fenomenológico, y que tienen sentido dentro de condiciones y situaciones definidas. Es justamente en esas representaciones donde los conceptos son aplicados para explicar o describir el fenómeno o proceso referido (Flores-Camacho et al., 2019).

En términos llanos, si las representaciones son los recursos cognitivos que los sujetos tenemos para inferir las propiedades o cualidades de lo que representamos, que nos llevan a generar inferencias, explicaciones y descripciones de lo que ocurre a nuestro alrededor, lo que debe buscarse no es sólo el cambio en los conceptos de los alumnos, sino el cambio en toda la estructura de sus representaciones, su cambio representacional, que implícitamente derivará en el refinamiento de sus conceptos y en la forma en que estos son utilizados para que sean más cercanos al conocimiento de la ciencia escolar.

## Representaciones internas

El propósito de esta sección no es analizar a detalle lo que son las representaciones ni lo que implica el cambio o transformación representacional, para ello, entre otras fuentes, se puede consultar a Flores-Camacho et al. (2020), Tytler et al. (2013), y Flores-Camacho et al. (2019). Sin embargo, para los fines que nos ocupan, sí se requiere reconocerlas y tomarlas en consideración, porque son uno de los principales aspectos que se deben tomar en cuenta cuando se contemplan los obstáculos o dificultades a los que se enfrentan los docentes, pues como se ha señalado, las representaciones que generan los sujetos comúnmente son implícitas, así que el profesor requiere generar condiciones para ayudar a sus alumnos a ser conscientes de ellas, a explicitarlas, a reconocer que no son suficientes o apropiadas para dar respuestas y soluciones desde el punto de vista científico, y dar pie a que generen un nuevo conjunto representacional que sea adecuado para el aprendizaje de la ciencia que se desea logren, lo cual, como podrá notarse, constituye un reto importante que puede verse incrementado en la enseñanza a distancia, principalmente por centrarse, como muestran los primeros apartados, en procesos visuales con una participación disminuida de las actividades prácticas y experimentales. De acuerdo con Flores et al. (2017), el trabajo docente con esta perspectiva, implica fomentar en los alumnos el desarrollo de competencias o habilidades para expresar sus representaciones, para que aumente su alcance para explicar los

fenómenos y procesos que pueden observar e interaccionar, que les permitan reconocer los elementos conceptuales y contextuales que construyen y logren establecer inferencias con las que elaboren esquemas o modelos representacionales para comprender el fenómeno desde diferentes contextos e interpretaciones y, con ello, reconocer cómo articulan sus ideas y cuáles son los mecanismos que generan para darles significado y coherencia.

## Representaciones externas

Las representaciones externas son todas aquellas que los sujetos expresan en un medio, que puede ser verbal, escrito, gráfico, simbólico, simulado (digital) o físico (objetos), es decir, son todo elemento icónico o simbólico designado para representar algo. Tienen la finalidad de comunicar cómo los sujetos – profesores, alumnos, científicos, divulgadores, ilustradores, etc. – se representan-interpretan un proceso o situación, con el objetivo de que otro u otros sujetos puedan interpretarlo y con ello a su vez, representárselos. Este proceso conlleva una re-representación que les permita llevar a cabo, con ella, nuevas inferencias y aprendizajes.

Es aquí donde los docentes necesitan hacer uso de diversos elementos útiles para elaborar o utilizar representaciones que lleven a los alumnos por este camino de interpretación –re-representación– más allá de lo que pueden proporcionar los conceptos, esto es, elaborar y/o utilizar diversas representaciones externas, las que diSessa (2002) considera como el pilar del pensamiento de lo externo al sujeto. Se trata de hacer uso estructurado de los elementos gráficos que cotidianamente se utilizan en clase para describir o explicar, por ejemplo, lecturas, esquemas, dibujos, fotografías, ecuaciones, vectores, videos, animaciones, interactivos, maquetas, etcétera.

Estas representaciones externas son herramientas cotidianas que los profesores y alumnos incorporan en la clase y, por lo común, se convierten en los puntos centrales con los que se analizan y

discuten los fenómenos, pero lo que no hay que perder de vista es que su función va más allá de mostrar algo, pues como señalan Prain y Tytler (2012), su contribución en la construcción de conocimiento tiene dos dimensiones, una epistémica, ya que los modelos y variables de las representaciones que se construyen restringen las representaciones y procesos del sujeto, y la otra semántica, porque al darles significado se convierten en los símbolos y herramientas simbólicas de construcción del sujeto.

Las representaciones externas pueden ayudar, pero también pueden ser el impedimento para lograr los objetivos que se persiguen. Por ello, los docentes deben ser cuidadosos al momento de seleccionar los recursos con los que trabajan con sus alumnos. Al definir con qué se trabajará, hay que considerar sus posibilidades y limitaciones, cómo se conectan las diferentes representaciones que se usarán, cómo inciden o no en las ideas de los alumnos o qué tanto se corresponden con el modelo científico que se pretende desarrollar. Una clasificación de las representaciones externas de acuerdo con su formato o modo representacional, según Wu y Puntambekar (2012) es: verbal-textual, simbólico-matemático o visual-gráfico. Identificarlas, con esta u otra clasificación, es conveniente porque permitirá determinar su utilidad y la forma en que actuarán como herramientas epistémicas para los alumnos y cómo éstos las integrarán en sus propios modelos. Esto trae como resultado que deben presentarse organizadas, con un objetivo de uso claro, guiando al alumno en su comprensión y manejo, fomentando en él la competencia representacional que, para Kozma y Russell (2005), puede gestionarse mediante cinco niveles que dependen de las demandas cognitivas que se ponen en juego, y que son: 1) representación como elemento figurativo; 2) nivel básico o primario de habilidad simbólica; 3) uso sintáctico de representaciones formales; 4) uso semántico de representaciones formales; 5) uso reflexivo y retórico de las representaciones.

Así que para apoyar el desarrollo de la competencia representacional de los alumnos y su transición entre estos

niveles, es importante generar las condiciones educativas que les permitan poner en juego distintos procesos cognitivos (analogías, inferencias, metáforas, etc.) mediante retos que les lleven a cuestionar, indagar, comprender y explicar, haciendo uso de las representaciones externas y las internas (mentales) que tienen a su alcance, para interpretar e interactuar con su entorno, y, mediante procesos de transformación y re-representación (Flores y Valdez, 2007), lograr poco a poco la generación de otras representaciones, más abstractas y fructíferas, que cumplan con los fines específicos para avanzar en su comprensión y explicación de las fenomenologías.

## Las múltiples representaciones

Para generar estrategias de enseñanza adecuadas para promover el aprendizaje desde el enfoque del cambio representacional, conviene hacer uso no de una o dos representaciones externas (como pueden ser una lectura, una imagen, una gráfica), sino multiplicar las oportunidades que tienen los alumnos para analizar la temática mediante la incorporación de distintas representaciones externas. Es en este punto donde el trabajo práctico y el experimental toman relevancia y se fortalecen, pues el estudiante puede emplear un amplio abanico de representaciones (externas e internas), con las que los fenómenos, conceptos o modelos a trabajar pueden ser representados en distintos formatos, que le ayuden a darle sentido e integrar lo que observa, experimenta y analiza. Son diversos los trabajos que fortalecen la idea de que los alumnos alcanzan una mejor comprensión cuando aprenden mediante el uso de múltiples representaciones, como son los de Wu y Puntambekar (2012), Waldrup y Prain (2013), por citar algunos.

Por supuesto que no basta con poner a disposición de los alumnos numerosas representaciones, sino elegir y conectar aquellas que realmente puedan interpretar y que les ofrezcan referentes para conectar con sus propias representaciones.

Como señala Ainsworth (2006), hay que encontrar o desarrollar las mejores representaciones, que les proporcionen elementos de interpretación y les ayuden a comprender diversas formas de representación de un fenómeno, establecer relaciones con otras representaciones, a la vez que interpretan y construyen nuevos marcos interpretativos de esas representaciones. Para ello, se requiere trazar trayectorias que partan de las representaciones que tienen los estudiantes sobre el tema que se va a trabajar, con las que se puedan identificar y explorar los recursos existentes para abordarlo, establecer sus alcances y límites, comprender el formato representacional que presentan, conocer cuáles son las demandas cognitivas que requieren los alumnos para usarlas, cómo se conectan y contribuyen con otras representaciones para comprender de manera amplia, coherente y organizada la problemática que se abordará, así como jerarquizar y organizar su uso dentro de la propuesta didáctica. Por ejemplo, definir cómo se progresará en el trabajo con los alumnos, qué preguntas, retos o problemas se les plantearán, cómo se organizará el grupo, cómo se dividirán las tareas, qué evidencias se les solicitará, todo esto teniendo en mente que se busca fomentar el desarrollo de su competencia representacional, en el sentido que esta sirva para fortalecer y enmarcar su comprensión conceptual.

En síntesis, hablamos de alcanzar una buena práctica que, como menciona Zabalza (2012) y es retomado desde el enfoque de las múltiples representaciones por Flores, Gallegos y Calderón (2019), esto significa identificar y analizar las acciones y actuaciones de los participantes (docente y alumnos) al interactuar con las representaciones, justificar el sentido de lo que se propone a partir del diseño de las prácticas de enseñanza y, hacer visibles dichas prácticas (la comprensión y uso de las representaciones), para que sean trasladadas a otras situaciones (construcción de nuevas representaciones).

## Las TIC y la multiplicidad de representaciones en el aula de ciencias

Para las disciplinas científicas experimentales, sin lugar a duda, el laboratorio escolar puede pensarse como el espacio idóneo para llevar a cabo actividades donde se ponga en práctica el empleo de las múltiples representaciones para la enseñanza, pero debemos comenzar por señalar los problemas que enfrentan muchos docentes y estudiantes, como la carencia de materiales y equipos suficientes y adecuados para proponer y realizar experimentos, que el tiempo de trabajo en el laboratorio siempre es limitado, que es difícil lograr que todos los integrantes de los equipos participen y se distribuyan equitativamente el trabajo, que éste fácilmente se convierte en una repetición de recetas o protocolos cerrados, que no hay oportunidad de indagar y poner a prueba lo que realmente piensan los alumnos, que los resultados son vistos como la comprobación de la teoría, que basta repetir conceptos, esquemas, dibujos y métodos como están en los manuales y libros o han sido dictados por el profesor, entre muchos más obstáculos a los que la tradición hace que se enfrenten los docentes al momento de realizar su planeación didáctica teniendo enfrente el programa escolar.

Más allá de trabajar o no dentro del laboratorio, la enseñanza de las disciplinas científicas ofrece la oportunidad para que los alumnos exploren sus representaciones, interpreten y comprendan aquellas que son externas, para que las empleen como herramientas epistémicas que les permitan reestructurar sus propios marcos representacionales y sus modelos explicativos. Para ello, se cuenta con múltiples recursos tecnológicos, donde las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), empleadas por docentes y alumnos en la clase desde tiempo atrás, requieren ser transformadas para utilizarlas como Tecnologías de Aprendizaje y Conocimiento (TAC) y Tecnologías para el Empoderamiento y la Participación (TEP).

Esto no es tarea sencilla, puesto que exige que el docente, además del dominio de su disciplina, cuente con los

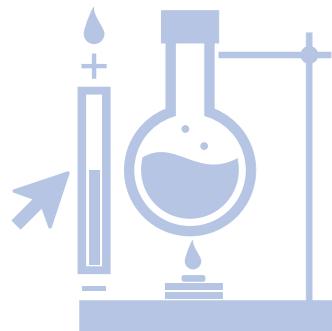
conocimientos y habilidades digitales para hacer este cambio, en el que la lista de los dispositivos de comunicación se aproveche más que solo para la transmisión de información y la motivación de los alumnos. Desde el marco de las múltiples representaciones, esto significa que su incorporación empleadas como TAC para potenciar el trabajo práctico y experimental, ya sea en el laboratorio o en el salón de clases, tiene un objetivo más formativo y didáctico, al ofrecer a los alumnos recursos digitales que puedan convertir en herramientas epistémicas, por lo que un video, una presentación en formato digital, una gráfica, debe tener sentido para ellos, deben comprender, porque se les guía y acompaña en ese proceso, qué aspectos de la fenomenología en estudio representa, cómo puede conectarse con sus propias representaciones y cómo hacer uso de ella para re-representar sus ideas, en el camino de lo que es de interés desde el punto de vista de la ciencia escolar. Esa interacción con los recursos tecnológicos y las herramientas que estos le ofrecen (elegidos y organizados por el profesor) fomenta que el alumno, al ser quien gestiona y controla su aprendizaje, explicita sus representaciones mentales al elaborar representaciones externas que le sirven para mostrar y comunicar a los otros su conocimiento, con lo que hace uso de las TEP.

Las clases presenciales pueden alcanzar este objetivo si la estrategia desarrollada por el docente contempla su visión de enseñanza y aprendizaje, las concepciones de los alumnos en torno al tema a trabajar, las representaciones externas disponibles para abordarlo, cómo organizarlas para que sean comprensibles y se conecten con los marcos de interpretación de los estudiantes, y las conviertan en herramientas epistémicas que favorezcan su aprendizaje.

Algunas propuestas que se han desarrollado muestran alternativas para ello, como es el caso de los trabajos de Flores et al. (2011a, b y c), Gallegos (2015), Flores, Gallegos y Calderón (2019), Flores et al. (2020), entre otros, los que, en el contexto del bachillerato de la Universidad Nacional Autónoma de

México, han replanteado la enseñanza de las ciencias, mediante la inclusión de diversos recursos digitales que favorecen un ambiente multirepresentacional, en el que los alumnos tienen la oportunidad de trabajar colaborativamente, proponer y realizar experimentos, obtener resultados que pueden contrastar y analizar a la luz de otras representaciones, derivadas de emplear simuladores, interactivos, observar y generar videos, fotografías, búsquedas en Internet, enviar y recibir archivos, discutir en equipos, en plenarias con el profesor, todo ello con el propósito de lograr una transformación o cambio representacional que los acerque cada vez más al conocimiento científico escolar. En estas condiciones se busca, como lo señalan Calderón et al. (2016), dotar a los alumnos de distintas oportunidades para trabajar con representaciones externas diversas, que fomenten la construcción de un entramado conceptual, gráfico y simbólico para ayudarlos con la interpretación y comprensión de los procesos y fenómenos naturales que se abordan en una determinada situación de aprendizaje.

Sin pretender ser exhaustivos, hasta este punto se han señalado los principales aspectos conectados con los problemas y obstáculos que los docentes de ciencias deben sortear para definir sus estrategias de enseñanza y promover un mejor aprendizaje en sus alumnos, los que, como puede verse, son independientes al trabajo presencial o a distancia. Pero, ¿qué otras se suman cuando se trabaja en forma remota? En los siguientes párrafos se recuperan los más evidentes, identificados a partir de lo reportado por los profesores durante su práctica en el confinamiento.



## Las implicaciones del trabajo remoto derivado del confinamiento por COVID-19

Lo descrito en el primer apartado de este documento, recupera los obstáculos de la enseñanza en una modalidad distinta a la presencial: carencia de actividades prácticas y experimentales para desarrollarlas en clases en modalidad remota; falta de recursos tecnológicos; problemas técnicos; dificultad para administrar el tiempo y organizar horarios para actividades sincrónicas y asincrónicas; necesidad de un espacio adecuado para trabajar en casa; falta de orientaciones por parte de la institución; falta de competencias tecnológicas; complicaciones para manejar los grupos (disciplina, atención a todos los participantes, contar con evidencias del trabajo diario); carencia de formas de evaluación que reflejen realmente el avance y logros de los alumnos; falta de estrategias para proponer el trabajo colaborativo; necesidad de invertir mucho más tiempo para la preparación e impartición de sus clases, restándole tiempo y calidad a su vida personal y familiar; entre otros que se han mencionado.

Estas dificultades no son exclusivas de los docentes de bachillerato, licenciatura y posgrado de la UNAM, en el resto del país como en el mundo entero, las condiciones y problemas que enfrentaron los profesores ante la emergencia son muy semejantes, aún en los países desarrollados, donde el conocimiento y manejo de los recursos tecnológicos, así como la cobertura de Internet y contar con dispositivos como computadoras, tabletas y teléfonos inteligentes por parte de docentes y alumnos es mucho mayor que en México. Las clases remotas los pusieron de cara con los mismos obstáculos que se han mencionado, como reseña la literatura generada al respecto (Lammert et al., 2022; Wieselmann y Crotty, 2022; Bakhov et al., 2021; García-Morales, Garrido-Moreno, y Martín-Rojas, 2021; Lobos et al., 2021; al Darayseh, 2020; Di Pietro et al., 2020; Ferdig et al., 2020; König, Jäger-Biela y Glutsch, 2020). Destaca también el trabajo de Area-Moreira (2021) donde, además de analizar los desafíos postpandemia

en la educación superior, incluye una lista de los números monográficos sobre el tema del COVID-19 publicados por las revistas académicas en español. En todas y cada una de estas investigaciones se resalta la carencia de un espacio adecuado para impartir y recibir clases desde casa, las dificultades para organizar las actividades familiares, escolares y docentes, imposibilidad para establecer una comunicación abierta con los alumnos, falta de dominio para manejar los equipos y recursos tecnológicos, necesidad de instrumentos de evaluación acordes a la nueva dinámica escolar, factores emocionales y de salud, en fin, el retrato de lo vivido a lo largo de dos años de aislamiento y de las clases a distancia en todo el orbe.

Como señalan Di Pietro y colaboradores (2020), es evidente que, a consecuencia de la desigualdad y disparidad económica y social, aumentó la brecha digital, y países como el nuestro tendrán que buscar estrategias a corto, mediano y largo plazo para subsanar esta situación, tanto en la educación básica, como media superior y superior. Ejemplos de esto es lo reportado por Estrada y Paz (2022), quienes analizaron las percepciones de satisfacción de estudiantes universitarios en Honduras con las clases a distancia, e identificaron que la experiencia de aprendizaje depende de factores como el género, la edad, el lugar donde se ubica la vivienda, la experiencia previa con el manejo de la tecnología, el dispositivo electrónico con que se cuenta para el trabajo escolar y cómo lograr organizar su tiempo para los estudios y el trabajo, aspectos que por supuesto se vinculan con las desigualdades económicas y digitales en los países latinoamericanos. Sin embargo, esto, como ya se apuntó, no es privativo de nuestro continente, pues Bakhov et al. (2021) encontraron resultados similares con estudiantes universitarios en Ucrania, quienes además señalaron que contar con un ambiente cómodo y familiar les facilita el desarrollo de habilidades de autocontrol y motivación para la autoformación y el manejo de las tecnologías de la información.

Si bien es cierto que la investigación educativa nacional e internacional derivada de la crisis sanitaria ha hecho más que

evidentes las complicaciones y obstáculos por las que han atravesado instituciones, docentes, alumnos y sus familias, también ha ofrecido propuestas para aprovechar y optimizar el uso de los recursos disponibles, para que las tecnologías se utilicen en la formación de los docentes y los alumnos en aras de transformar las prácticas educativas imperantes.

La experiencia obtenida en esta etapa subraya la necesidad de promover una práctica distinta, que desarrolle competencias digitales desde una perspectiva educativa que contemple los nuevos enfoques y desarrollos actuales para la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, mismos que consideran tanto las condiciones de educación a distancia, como la híbrida y presencial. No es suficiente contar con alumnos que manipulen la tecnología de forma cotidiana, hay que promover que esas destrezas y habilidades en el manejo y comprensión de la tecnología puedan aprovecharlas para gestionar y regular su aprendizaje, al mismo tiempo que los docentes se hacen competentes para enseñar y evaluar desde esta misma perspectiva (al Darayseh, 2020; Ferdig, et al., 2020; Hodges et al., 2020; National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2020), lo que está en completa concordancia con lo revisado en las páginas precedentes y que corresponde con los elementos que hay que tomar en cuenta para enseñar ciencias desde las perspectiva de las múltiples representaciones y la construcción de conocimiento en colaboración como se detallará más adelante.

Lo antes descrito, aplica a los resultados y las recomendaciones que, para el caso de la UNAM, describieron Sánchez y colaboradores en 2020 y Calderón-Canales et al. (2022a y b), cuando evidencian la importancia que tiene que los docentes cuenten con las capacidades, habilidades y destrezas pedagógicas para que desarrollen su práctica docente incorporando las tecnologías, pero no para repetir lo que hacen en el salón de clases, sino para crear nuevos escenarios de interacción con sus alumnos, en los que el profesor dé paso a la participación central y protagónica del alumno.

Para lograrlo, el docente debe tener la confianza de que cuenta con los conocimientos, herramientas y estrategias educativas y tecnológicas que le permitan proponer nuevos contextos de trabajo con su clase, donde conozca y maneje la diversidad de recursos para comunicarse e interactuar con ellos, así como para abordar las diversas temáticas, para evaluarlos y retroalimentarlos en consonancia con las nuevas perspectivas educativas.

Además, docentes y alumnos deben saber que cuentan con el apoyo y guía de la institución, la que debe comprometerse tanto en los procesos de formación y actualización, como en facilitar la infraestructura y condiciones para esta transformación. Por supuesto que a estos requerimientos se suma la conveniencia de que estén disponibles y al acceso de profesores y alumnos, abundantes recursos didácticos, que estén bien caracterizados y organizados para los distintos temas a tratar dentro de las disciplinas científicas. Ello contribuirá a que el profesor optimice su tiempo disponible y lo destine a analizar cuál es su intención, la forma en que puede incorporarlos a la clase, qué elementos representacionales contemplan y cómo estos pueden incidir en las concepciones y modelos explicativos de los alumnos, y cómo estos últimos los utilizarán para transformar sus propias representaciones y lograr una mejor comprensión de la fenomenología, proceso o modelo que se aborda.

De alguna forma, los docentes definieron y recorrieron parte de este camino durante sus clases remotas de emergencia, como puede verse en lo reportado en este documento, cuando los participantes mencionan las alternativas que llevaron a cabo para la impartición de sus clases, al revisar tutoriales en la red, solicitar apoyo a sus colegas, generar sus propios recursos didácticos, recurrir a la institución para asesoría y cursos, tomar cursos en línea, incrementar el uso de simuladores o laboratorios virtuales, etc. Así que, una vez pasada la emergencia, hay que aprovechar toda esta experiencia y plantear nuevos modelos educativos, aplicables en las diferentes modalidades de trabajo, que permitan solventar las dificultades que enfrentan los profesores al

enseñar, puntos que se detallarán un poco más en las siguientes secciones.



# 3

## Herramientas digitales para aprender ciencias

Como se ha visto a lo largo de los apartados precedentes, usar la tecnología para mejorar la enseñanza y el aprendizaje ha estado presente en el panorama internacional desde hace algunos años, diversas investigaciones han resaltado el potencial que tienen estas herramientas para mejorar la enseñanza y el impacto en el aprendizaje cuando las clases de ciencias se enriquecen con ellas (Bergey, Cromey y Newcombe, 2015; Flores et al., 2020; Gale et al., 2016; Magana y Balachandran, 2017; McElhaner et al., 2015; Oktay y Cakir, 2013; Pande y Chandrasekharan, 2017; Pérez Echeverría, Puy Sánchez y Scheuer, 2009; Yildirim y Sensoy, 2018).

Sin embargo, aun cuando pensemos en una situación ideal, con disponibilidad de diversos recursos tecnológicos, enseñar ciencias de forma remota no es una tarea sencilla. Las complejidades para enfrentar esta labor son amplias y van desde las más evidentes hasta las que muchas veces quedan implícitas en el trabajo docente: el reto de sustituir o transformar el trabajo de laboratorio, el desarrollo de habilidades prácticas, el proceso

de aprender a hacer ciencia con un enfoque indagatorio, comprensión de la cultura y las actitudes científicas, son dimensiones que deben estar consideradas, incluso cuando se trabaja de forma remota. Por ello, es necesario elaborar procesos didácticos que, sustentados en un marco definido de aprendizaje (como el descrito en el apartado 2), les den sentido y funcionalidad a todos estos aspectos y los recuperen como elementos o herramientas para la comprensión y el aprendizaje.

Una consecuencia de la enseñanza remota por la emergencia sanitaria fue que los docentes se vieron forzados a emplear las TIC de forma cotidiana para trabajar a distancia con sus estudiantes. La decisión de qué usar o cómo usar estas herramientas estuvo relacionada con la disponibilidad de herramientas digitales, así como con la capacidad o competencias para usarlas con un determinado propósito en los entornos de docentes y estudiantes, regulada además por las propias teorías o creencias que los docentes tienen sobre el proceso educativo. Este uso también estuvo condicionado por el logro de objetivos a corto plazo, como mantener la interacción social de los estudiantes, apoyar la motivación o conseguir ciertos aprendizajes que los currículos marcan como relevantes. Es decir que, en la mayoría de los casos, la incorporación de estas herramientas no partió de una clara planeación, conocimiento y dominio de las herramientas, como tampoco de un marco del proceso de aprendizaje orientado en utilizar esos recursos como herramientas útiles para incorporar representaciones externas. Esto es lógico si se considera que los docentes, incluso en situaciones no imprevistas, tienden a usar la tecnología para presentar contenido en lugar de diseñar e implementar actividades centradas en el estudiante y que demanden más que la repetición (Cox, 2013), por lo que es necesario transformar esta situación y tener siempre presente que el uso de las tecnologías requiere planeación.

Durante esta etapa, muchos docentes reportaron sentir que las estrategias que usaban en sus sesiones presenciales no tenían ningún sentido en la educación remota y esto motivó un cambio

en sus formas de enseñar y también en las herramientas empleadas, sin que esto implicara necesariamente una mejora. Por el contrario, como se documentó previamente, los docentes, en muchos casos, optaron por actividades expositivas, repetitivas y centraron sus esfuerzos en aspectos como el control de las sesiones, dejando de lado las actividades constructivas. Para superar esta barrera, de acuerdo con los trabajos previos sobre educación a distancia que se reportan en la literatura, se requiere pensar en un proceso de formación que permita que los docentes conozcan y dominen las herramientas, a la vez que transforman sus ideas sobre los procesos de enseñanza y aprendizaje, a fin de incorporar la tecnología a un proceso educativo claramente orientado para proponer actividades constructivas. Desafortunadamente, dada la rapidez con que se pasó de la enseñanza presencial a la remota de emergencia, este proceso no fue posible. Incluso en condiciones de enseñanza híbrida o presencial, el uso de las tecnologías digitales debe planearse dentro de un marco educativo que, más allá de sus bondades representacionales y funcionales, permita a los alumnos llevar a cabo procesos de integración conceptual para comprender los conocimientos científicos.

En el entorno actual de la enseñanza de las ciencias, se encuentra una gran cantidad de propuestas didácticas que se enfocan en el desarrollo de diferentes habilidades de los estudiantes, o bien, en el desarrollo de procesos cognitivos en los que se privilegia la construcción de modelos o la solución de problemas, entre otras muchas. La gran mayoría parte de que el centro de todo proceso es el estudiante y por ello, los enfoques centrados en la construcción de conocimiento y en los procesos de evolución (e. g. Learning Progression) y/o transformación (Cambio Conceptual y Cambio Representacional) en los alumnos. Algunos aspectos comunes de esas estrategias son:

- El alumno debe hacerse consciente de sus representaciones o ideas de inicio y sus posibilidades explicativas, participar activamente en la solución de situaciones a explicar (indagación, solución de problemas, aplicaciones en un

contexto determinado, etc.).

- El docente debe definir los conocimientos clave o relevantes de los temas que se revisarán, determinar los niveles de representación que espera logren los alumnos, emplear secuencias de actividades que consideren las representaciones de los alumnos y les ayuden a darles sentido, usar distintos formatos de representaciones externas para presentar y representar ideas, por ejemplo, imágenes, gráficas, así como descripciones en audio o narraciones y videos, realizar evaluaciones continuas que permitan determinar la comprensión que van logrando los estudiantes, proveer retroalimentación que permita que los alumnos reconozcan que, con las nuevas ideas y concepciones que han desarrollado, pueden generar mejores y más amplias explicaciones.

Estas y otras estrategias hacen evidente que el problema no implica únicamente incorporar una herramienta tecnológica a la enseñanza, puesto que no es un asunto de disponer de un aula virtual, incorporar una animación, una simulación o incluso utilizar un laboratorio virtual. La reflexión debe partir de para qué usamos esa herramienta, cómo la incorporamos en el diseño didáctico y, qué esperamos que los alumnos obtengan de ella. No podemos dar por sentado el beneficio o efecto positivo que conlleva en el aprendizaje, si las herramientas y representaciones externas que usamos para la enseñanza no son elegidas y diseñadas adecuadamente para los requerimientos cognitivos de los alumnos, podemos obstaculizar el aprendizaje. Por ello, la elección de estas herramientas y su integración deben estar centradas, como todo el proceso educativo, en los estudiantes, de modo que sean capaces de interpretar las representaciones que propone el docente para que les ayuden a transformar y refinar sus propias representaciones y lograr un aprendizaje que profundice su comprensión de los fenómenos naturales, a la vez que desarrollan sus habilidades y capacidades para seguir comprendiendo y construyendo conocimiento.

De ahí la importancia de conocer las posibilidades de interacción y construcción que pueden ofrecer las distintas herramientas o recursos tecnológicos que se tienen al alcance.

## Una clasificación de las herramientas tecnológicas para enseñar ciencias

Dentro de la literatura especializada, es posible encontrar diversas denominaciones para las herramientas digitales que apoyan el aprendizaje. Esta tarea de clasificación se ha vuelto más ardua con los años, no solo por los rápidos cambios que se observan, sino también porque cada herramienta tiene características y versatilidad que dependen del contexto donde se use. Algunas clasificaciones se hacen a partir de las características propias de los recursos o herramientas como formas de apoyo o mediación, o bien, a partir de sus posibilidades didácticas, este debate continúa, ya que se argumenta que una visión sesgada del papel que juegan dichas herramientas acarrea una visión reduccionista de su relevancia dentro del proceso de enseñanza aprendizaje (Carcaño, 2021; Garrison y Anderson, 2005). Para nuestros fines, la intención en todo caso no es proponer una clasificación alternativa, sino reflexionar sobre las posibilidades que ofrecen las herramientas tecnológicas cuando se emplean en la enseñanza y los elementos que debemos considerar para que, como se mencionó previamente, sean transformadas para usarse en los procesos de enseñanza como Tecnologías de Aprendizaje y Conocimiento (TAC) y Tecnologías para el Empoderamiento y la Participación (TEP).

Activo, constructivo e interactivo son términos usados con frecuencia cuando nos referimos a las situaciones de aprendizaje y, si bien, se pueden usar en contraposición del término “pasivo”, su clara diferenciación nos permitiría clasificar aquellas herramientas y actividades que promuevan un aprendizaje donde el estudiante sea el centro del proceso didáctico, y podamos pensar en los procesos internos que ocurren en los estudiantes cuando aprenden, aun cuando la enseñanza ocurra de forma no presencial.

Esta clasificación, sugerida por Michelene T. H. Chi (2009), pone al estudiante en el centro del proceso de enseñanza aprendizaje porque se centra en su rol, más que en el del contenido, herramienta o actividad específica (ver tabla 3).

**Tabla 3**  
**Tipos de actividades y sus características**

	<b>Activo</b>	<b>Constructivo</b>	<b>Interactivo</b>
<b>Característica</b>	Realizar una acción, que puede ser física.	Realizar una acción que produzca resultados más allá de la demanda inicial de la tarea.	Realizar una acción recíproca, interactiva, que implique a otro.
<b>Tipo de actividad</b>	Mirar un video. Tomar notas. Observar una animación.  Manipular un objeto.	Elaborar una explicación. Construir un mapa conceptual.  Usar un laboratorio virtual.	Explicar a otros. Resolver problemas en conjunto.  Actividades colaborativas.
<b>Proceso cognitivo</b>	Activar conocimiento previo. Incorporar nueva información.	Integrar y organizar conocimiento. Interpretar, construir explicaciones. Reestructurar conocimiento.	Reestructurar conocimiento.

**Tabla 3**

**Tipos de actividades y sus características**

	Activo	Constructivo	Interactivo
Uso dentro del proceso multirepresentacional	Determinar las representaciones más adecuadas para el proceso de transformación.	Elaborar representaciones externas de los alumnos, Elaboración de inferencias y razonamientos.	Elaborar procesos de integración. (experimentación, presentaciones, documentos, etc.).

Nota: Adaptado y modificado de Chi, (2009).

Una descripción más precisa de estos tres términos permite identificar el tipo de actividades que se realizan con los estudiantes, conocer los procesos cognitivos que favorecen, la efectividad que podrían tener con el alumnado, además de que sirve para reflexionar sobre las posibilidades de las herramientas tecnológicas disponibles:

- Activo hace referencia a una acción durante la actividad de aprendizaje, que en muchos casos puede ser física. Por ejemplo, manipular un objeto en una actividad de laboratorio, seleccionar una opción dentro de una aplicación, observar un video, o señalar un texto. Con este tipo de herramientas debe considerarse qué tipo de representaciones externas implican y cómo serán integradas dentro del conjunto de múltiples representaciones que se establezcan dentro de la propuesta educativa del docente.
- Constructivo, a diferencia del término anterior, implica realizar una acción adicional, que demanda al estudiante un resultado que puede ir más allá de la demanda inicial de la tarea. Por ejemplo, elaborar un mapa conceptual o mental, elaborar explicaciones a partir de la lectura de un texto. Este tipo de interacciones, dentro del proceso de múltiples

representaciones descrito previamente, es especialmente útil para que los alumnos externen sus representaciones, generen inferencias y elaboren sus re-representaciones.

- Interactivo, es la última categoría y hace referencia a aquellas acciones o actividades que implican la interacción con otro, un docente, otro estudiante o incluso un agente animado que involucre un diálogo. Por ejemplo, las actividades colaborativas en conjunto donde los estudiantes resuelven problemas o se explican situaciones unos a otros, un docente que interactúa con un alumno para dar retroalimentación. Las herramientas interactivas tienen gran potencial para que los alumnos lleven a cabo los procesos de integración que se han descrito previamente, pues mediante la colaboración y la participación se promueven y fortalecen los procesos de transformación conceptual y representacional.

Los tres tipos de actividades tienen aspectos positivos y posibilidades de promover procesos cognitivos complejos, pero esto dependerá de cómo se inserten y la demanda que se especifique para los alumnos dentro de la propuesta didáctica que se instrumente. De esta forma, es deseable considerar los tres tipos de forma complementaria. No debe perderse de vista, si la orientación del aprendizaje es hacia la comprensión por reestructuración cognitiva, que los criterios para diseñar estas actividades deben contemplar acciones más complejas, donde los estudiantes enfrenten retos, los discutan, expliquen a otros y a sí mismos (Flores et al., 2019). Como se apuntó, no es solo cuestión de la disponibilidad de la herramienta, sino cómo la usamos dentro del diseño didáctico para darle un sentido activo, constructivo o interactivo. A modo de ejemplo se describe la siguiente situación, con el empleo de algunas herramientas digitales comunes (ver tabla 4) que, como se reportó en el primer apartado, considera las acciones llevadas a cabo más frecuentemente por los docentes durante la enseñanza remota.

**Tabla 4**

**Ejemplo de elaboración de una actividad**

<b>Activo</b>	<b>Constructivo</b>	<b>Interactivo</b>
<p>Observa el siguiente video (el video muestra objetos que flotan y otros que no lo hacen) y después describe: qué fenómeno hace explícito; describe cuál es la intención del video.</p>	<p>A continuación, observarás una simulación (muestra objetos que flotan y otros que no lo hacen). Además de hacer una descripción de lo que muestra, elabora una explicación de lo que ocurre. Elabora una hipótesis que permita analizar si lo que observas puede ocurrir con otros materiales. Planea un experimento que te permita poner a prueba esa hipótesis. Elabora un mapa conceptual que muestre tu comprensión del fenómeno.</p>	<p>A continuación, establecerán una sesión en video conferencia. Plantea con tus compañeros una actividad experimental que muestre el proceso de flotación, utilizando materiales diversos y preséntela a todos los participantes. Lleven a cabo una discusión para explicar por qué ocurre lo observado. Elaboren, después de que todos estén de acuerdo, una exposición que describa claramente las explicaciones que generaron, y que puedan compartir a todos sus compañeros. Realicen una sesión de evaluación en la que puedan conocer si esa exposición fue clara o no.</p>

Como podrá notarse, las herramientas pueden ser muy versátiles y adaptarse a diversos enfoques educativos. Lo presentado en la tabla anterior muestra, de manera breve, cómo podrían utilizarse diversos recursos como formas distintas de representación y los procesos que pueden llevarse a cabo, activo, constructivo e interactivo, teniendo siempre como fin que los alumnos sean el centro del proceso de aprendizaje.

Desde luego que esto solo es un ejemplo de algunas de las posibilidades de uso de esas herramientas. A continuación, se presenta la propuesta de un modelo, con una estructura más amplia y estructurada, que incorpora el marco educativo descrito previamente.

## Elementos para diseñar una secuencia didáctica desde el marco de la transformación representacional

Para que el marco teórico de la transformación representacional y el uso de múltiples representaciones dé sentido a propuestas didácticas que incorporen las tecnologías digitales y los entornos de educación a distancia e híbridos, es necesario, en primer lugar, establecer un modelo que pueda dar estructura o marco a diversas formas de abordar los procesos educativos.

Este modelo debe considerar que los alumnos, ante los conocimientos y procesos naturales que se les presentan, y para que éstos sean comprendidos (aprendidos), parten de los elementos previos que tienen, que les permiten tener una representación de dichos conocimientos, procesos o fenómenos.

Si se tienen presentes estos elementos previos, los docentes están en posibilidades de definir y contar con un conjunto de representaciones externas que muestren otras formas de dar sentido a ese proceso o fenómeno que se quiere estudiar en el aula y que pueden presentarles a los estudiantes. Como se ha descrito, estas representaciones externas pueden tener diversas formas: verbales, como una analogía, escritas, gráficas, simbólicas, esquemáticas, simulaciones, videos, entre muchas otras. Ahora bien, presentar múltiples representaciones no implica, de facto, la comprensión de estas y, desde luego, que no llevará necesariamente a un proceso de transformación de las ideas de los estudiantes. Para promover esta transformación, esas representaciones deben convertirse en instrumentos que los alumnos interpreten como explicaciones alternas a la suyas, que

puedan visualizarlas e inferir a partir de ellas, esto es, que estas representaciones externas se conviertan en herramientas epistémicas.

Para lograr que eso ocurra, es necesario que los alumnos, para cada representación externa (analogía, imagen, simulación, esquema, entre otras) que se les presenta, la interpreten, analicen y obtengan con ella, alguna o algunas inferencias, esto es, que a partir de sus características, como el medio en el que se expresa esa representación (gráfica, simbólica, etc.), les lleven a inferir hipótesis, explicaciones o predicciones, pues cada forma de representación tiene características distintas que permiten razonar, inferir y elaborar diferentes explicaciones.

La labor más compleja, y que dará indicios de la comprensión que se espera de los alumnos, implica que puedan establecerse vínculos entre las distintas representaciones utilizadas en el proceso de enseñanza (e. g. texto-simulación-experimento). Esto puede requerir de diversos procesos. Uno de los más relevantes, aunque no es el único, es la experimentación como una actividad indagatoria (abierta o semiabierta), cuando es posible, y que deberá constituir el primer paso de integración. En ella, los estudiantes podrán elaborar actividades encaminadas a obtener evidencias que podrán expresar en diversas formas de representación y que les permitan argumentar (establecer razonamientos) para reconocer si sus inferencias son plausibles.

Otro ejemplo es que los alumnos construyan presentaciones, con la finalidad de explicar el fenómeno o conocimiento en cuestión para que otros, sus pares, puedan comprenderlo. Desde luego, estas presentaciones involucran diversas representaciones externas. Una forma más para conocer la construcción y comprensión alcanzada por los alumnos es que puedan argumentar cómo se pasa de una forma de representación a otra, describiendo cómo cada una de ellas puede complementar a las otras y brindar inferencias semejantes.

Desde luego que los ejemplos descritos hasta ahora no agotan todas las posibilidades, son solo algunos elementos que pueden servir de guía y sumarse a la experiencia de la práctica docente que tengan los profesores, quienes pueden aportar muchos más elementos de integración que lleven a sus alumnos a alcanzar la transformación representacional que se espera.

No debemos perder de vista que este proceso de transformación representacional no ocurre de manera inmediata cuando se presentan múltiples representaciones. Requiere de procesos de análisis por parte de los alumnos y de un importante acompañamiento de los docentes para coadyuvar a la interpretación de esas representaciones y cómo dar sentido y coherencia a sus componentes, para que sus procesos de razonamiento sean coherentes y bien fundados.

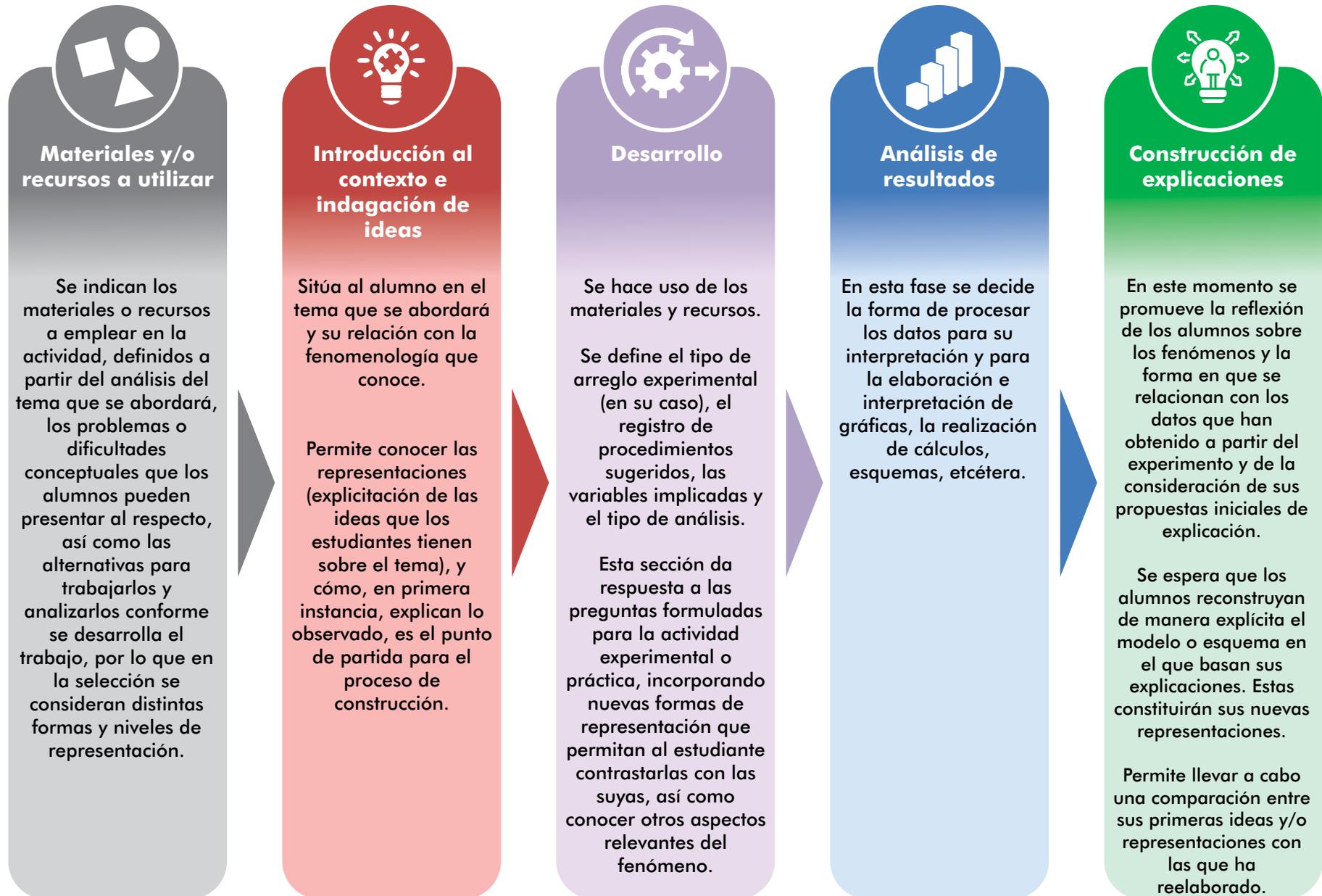
Para aportar más elementos, a continuación, se describe una actividad, que formaría parte de una secuencia didáctica. La estructura considera el tipo de herramientas que podemos elegir para diseñar actividades de enseñanza, orientadas a los procesos de transformación representacional utilizando múltiples representaciones (ver tabla 5). Aquí retomamos una versión simplificada de la propuesta original (Flores et al., 2011a, b y c) para ejemplificar algunas tareas y herramientas<sup>2</sup> que se podrían considerar para su uso en una actividad remota y/o presencial o en un formato mixto.

La actividad plantea cinco momentos distintos, que integran el conjunto de acciones y ejercicios que dan sentido al proceso de enseñanza aprendizaje en el aula. En la figura 10 se muestran estos aspectos y después, en las tablas, se explica cada uno de los momentos, con las acciones y herramientas que es posible usar y lo que se espera que logren los estudiantes en cada etapa del proceso.

<sup>2</sup> Las herramientas aquí mencionadas son solo una posibilidad para integrar en una actividad, existen muchas otras que podrían ser utilizadas con los mismos fines.

Figura 10

## Momentos en los que se divide y organiza la actividad didáctica



Una vez detallado el trabajo que se propone hacer en los distintos momentos o etapas de la actividad como parte del proceso de enseñanza aprendizaje, es importante definir las acciones y herramientas que es posible usar en cada una de ellas, aspectos que se presentan en las siguientes tablas, recordando que, como se ha mencionado, estos son solo algunos ejemplos a los que se podría recurrir. También se indica lo que se espera que logren o realicen los estudiantes en cada fase de la actividad.

**Tabla 5**  
**Descripción de las acciones, herramientas y logros esperados en los estudiantes durante cada etapa de la actividad.**

Materiales y/o recursos <sup>3</sup>	Acciones y herramientas posibles	Logros esperados en el estudiante
	Simulaciones.	Identificar los recursos que se van a emplear, diferenciando el formato y características de cada uno.
	Animaciones.	
	Microscopio virtual.	
	Datos proporcionados por el docente.	Identificar las habilidades requeridas para trabajar y manipular las diversas herramientas disponibles.
	Video de una actividad experimental.	
	Laboratorio virtual.	
Actividad experimental casera.		

<sup>3</sup>En el anexo se presenta una lista de recursos digitales (animaciones, simulaciones, laboratorios virtuales, etc.) para incorporar en el diseño de las actividades.

Introducción al contexto e indagación de ideas	Acciones y herramientas posibles	Logros esperados en el estudiante
	Presentar un video (elaborado por el docente o disponible en Internet) del fenómeno o situación a analizar.	Identificar el fenómeno y los aspectos relevantes del tema a analizar, dentro de un contexto o condiciones determinadas.
	Elaborar una presentación colaborativa, con preguntas complejas, donde los alumnos puedan identificar correcto/incorrecto, y justificar su selección.	
	Construir un crucigrama en línea.	Explorar y explicitar sus representaciones (dinámicas u operativas).
	Utilizar una herramienta digital colaborativa para anotar las ideas referidas a las preguntas de indagación/explicación, propuestas por el docente.	Hacer inferencias o construir explicaciones diversas del fenómeno que se pretende analizar.
Elaborar un mapa conceptual digital.		
Desarrollo de la actividad	Acciones y herramientas posibles	Logros esperados en el estudiante
	Se toman notas en una hoja de Word o de Excel en forma colaborativa.	Diseñar, a partir de las ideas y representaciones iniciales, formas de obtener información y los aspectos relevantes que le permitan generar nuevas representaciones y elementos de interpretación y análisis.
	Se manipula el simulador.	
	Se realiza la actividad experimental y vuelven a tomar notas.	

Desarrollo de la actividad	Acciones y herramientas posibles	Logros esperados en el estudiante
	Se observa nuevamente el video y se establecen comparaciones con lo obtenido en la actividad.	<p>Obtener evidencias a partir de las distintas herramientas empleadas, que favorecen el manejo y manipulación de diferentes formatos representacionales.</p> <p>Poner en juego y desarrollar distintas habilidades relacionadas con la experiencia práctica.</p>

Análisis de resultados	Acciones y herramientas posibles	Logros esperados en el estudiante
	<p>Construir gráficas en <i>Excel</i>.</p> <p>Elaborar una presentación en <i>PPT</i> con los resultados.</p> <p>Construir una infografía en <i>Canva</i> con los resultados obtenidos.</p>	<p>Presentar las evidencias recabadas, que den cuenta del reconocimiento de la nueva información y de los vínculos establecidos entre los distintos formatos representacionales con los que se trabajó.</p> <p>Contrastar o comparar sus representaciones iniciales con las que han elaborado a partir de la nueva evidencia generada, así como con aquellas explicitadas por el resto de sus compañeros.</p>

Construcción de explicaciones	Acciones y herramientas posibles	Logros esperados en el estudiante
	<p>Construir un <i>Blog</i> con las explicaciones. Elaborar un <i>podcast</i> con las reflexiones de los equipos de trabajo.</p> <p>Grabaciones de <i>audio</i> con las conclusiones del trabajo.</p> <p>Construir una historia digital o animación que muestre la reflexión de su comprensión inicial con la alcanzada después de la secuencia.</p>	<p>Integrar y explicitar lo comprendido, incorporando nuevas formas representacionales en sus explicaciones, que fortalezcan sus representaciones o les permitan generar nuevas.</p> <p>Apoyarse en sus representaciones para analizar y explicar situaciones similares o relacionadas.</p>

La estructura de la actividad mostrada no es más que un indicativo de la forma en la que, dentro de una estrategia didáctica, el uso de las herramientas digitales proporciona diversos tipos y niveles de representación y de interacción, que contribuyan a un proceso de aprendizaje centrado en el cambio representacional y por tanto, conceptual, de los alumnos. Cada tema requerirá de elementos propios, de acciones específicas que orienten ese proceso de cambio y, desde luego, del uso adecuado de los recursos digitales y de la forma de enseñanza, sea a distancia, mixta o presencial.

Para presentar con más detalle estos aspectos, se incluye el ejemplo de una actividad, que podría concebirse como la primera dentro de una secuencia para trabajar el tema de fotosíntesis, en la que se recuperan cada uno de los momentos que integran la actividad, las herramientas que se pueden usar

para comenzar a abordar el tema y las diversas formas de trabajo en el aula. Nótese que, en cada paso, se aportan detalles de la intención de la representación que se propone usar.

## SIMBOLOGÍA A USAR EN ESTE EJEMPLO

### MOMENTOS QUE INTEGRAN LA ACTIVIDAD

-  *Materiales y/o recursos*
-  *Introducción al contexto e indagación de ideas*
-  *Desarrollo de la actividad*
-  *Análisis de resultados*
-  *Construcción de explicaciones*

### FORMAS DE TRABAJO

-  *Docente*
-  *Individual*
-  *Equipo*
-  *Grupal*

### HERRAMIENTAS

-  *Mapas conceptuales*
-  *Cuestionario*
-  *Lectura*
-  *Presentación*
-  *Herramienta de programa colaborativa*



## MATERIALES Y/O RECURSOS PARA LA ACTIVIDAD



Selección de fotografías digitales o impresas de diferentes seres vivos (que ayuden a los alumnos a reflexionar o a analizar si los ejemplos fotosintetizan y/o respiran).



Definición de la organización del grupo para trabajar en equipos.



Generación de esquema o archivo con la información que los alumnos deben analizar, discutir y organizar.



Selección y/o generación de síntesis de los aspectos relevantes que se busca aporten más elementos de análisis en la sesión.



Preguntas guía que fomenten la contrastación, reflexión y análisis de las ideas de los alumnos con respecto a la nueva información revisada.



## INTRODUCCIÓN AL CONTEXTO E INDAGACIÓN DE IDEAS



Presentación de fotografías de diferentes seres vivos (bacterias, protistas, plantas, hongos, animales) que clasifican en fotosintéticos, así como si respiran o no.



**Intención de la representación externa:**  
Ubicar el tema a abordar; recuperar sus ideas sobre lo que son la fotosíntesis y la respiración; de acuerdo con sus ideas, clasificar los ejemplos.



Trabajo para análisis y acuerdos en equipo.

**Intención del trabajo con sus representaciones:**  
Explicitación y contrastación, exploración de nuevas ideas; definición en conjunto de las características de los organismos fotosintéticos.

\*Cada integrante menciona qué concibe como fotosíntesis y respiración.

\*Identifican y comentan similitudes y diferencias de sus ideas.

\*Muestran y comparan clasificaciones.

\* Discuten qué tienen en común los seres vivos que realizan la fotosíntesis y aquellos que respiran, acuerdan.

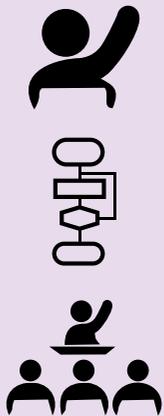
\*Por consenso, generan una clasificación que comparten y explican al grupo.



## DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD



Generación de archivo o documento con el que hará el mapa, definiendo los elementos y aspectos relevantes que deben contemplar sobre fotosíntesis y respiración (con imágenes, palabras, fórmulas y frases).



Estructuración de un mapa conceptual que dé cuenta de sus concepciones y representaciones de fotosíntesis y respiración.

### **Intención de la representación externa:**

Definir los aspectos relevantes de la fotosíntesis y su relación con la respiración; seleccionar e integrar material de lectura con información teórica relevante sobre fotosíntesis y respiración; generar guía de preguntas para promover la reflexión y el análisis.

### **Intención del trabajo con sus representaciones:**

Identificar los aspectos relevantes de la fotosíntesis y la respiración, e integrarlos en una representación que les permita definir ambos procesos, incluyendo otras ideas que tengan al respecto.

- \* Cada integrante realiza el trabajo con el mapa.
- \* Comparten su trabajo y lo comparan.
- \* Acuerdan y generan un mapa en conjunto.



## ANÁLISIS DE RESULTADOS



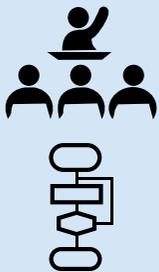
Lectura analítica sobre fotosíntesis y respiración.



Resolución de la guía de preguntas.



Reestructuración del mapa del equipo.



Trabajo para análisis y acuerdos en equipo.

### **Intención de la representación externa:**

Contar con información teórica para contrastar sus representaciones sobre los procesos de fotosíntesis y respiración, con la que resuelven el cuestionario; reestructuración del mapa que generaron en equipo para integrar la nueva información y comprensión alcanzada.

### **Intención del trabajo con sus representaciones:**

Reestructuración del mapa que generaron en equipo para integrar la nueva información y comprensión alcanzada.



## CONSTRUCCIÓN DE EXPLICACIONES



Generación de presentación o material gráfico en el que describan los procesos de fotosíntesis y respiración, teniendo como apoyo el cuestionario y el mapa final del equipo.



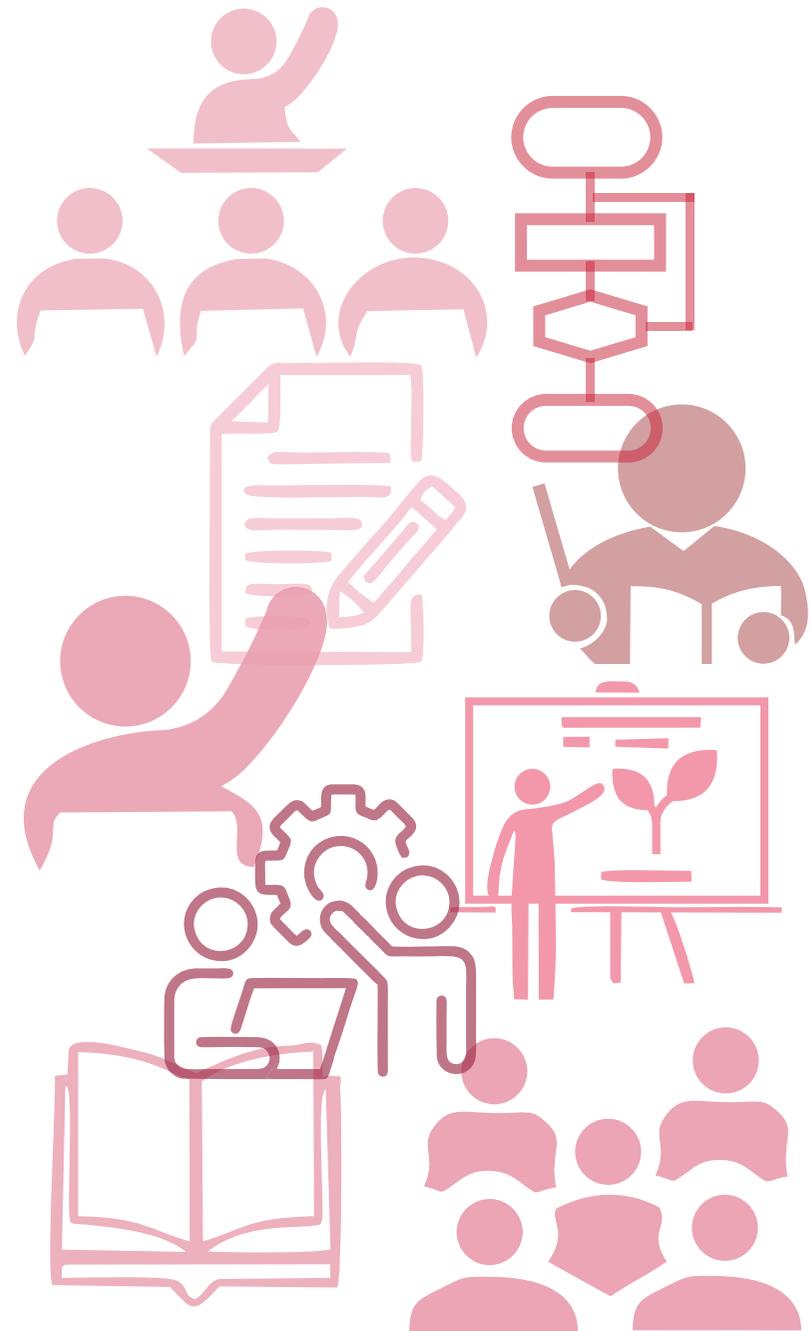
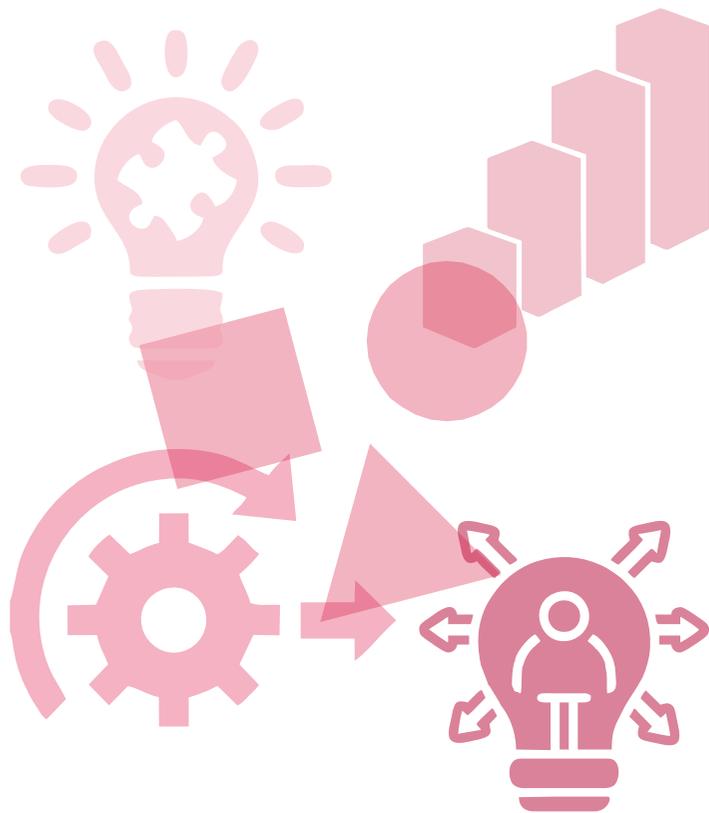
Presentación por equipos del trabajo realizado.

**Intención de la representación externa:**  
Integrar y organizar el trabajo realizado.

**Intención del trabajo con sus representaciones:**  
Identificar la posible reestructuración de sus representaciones, así como de la nueva información que consideran relevante para el tema de análisis; identificación las ideas previas que persisten y que habrá que seguir poniendo a prueba y contrastando.

Sin ser una propuesta prescriptiva, los aspectos presentados en esta sección y los ejemplos de una actividad didáctica sirven como elementos para planear y organizar la práctica docente desde el marco de la transformación representacional y el uso de múltiples representaciones, que integren la tecnología con una perspectiva interactiva.

Esta visión contempla al estudiante como centro del proceso, la relevancia de los procesos cognitivos en el aprendizaje y el uso de herramientas (tecnológicas) y representaciones externas integradas desde una visión didáctica, sin perder de vista que el docente, con su planeación e interacción durante todo el proceso, el encargado de apoyar a los estudiantes en este proceso de construcción y reconstrucción de ideas.



# 4

## La transformación de la enseñanza a partir de la experiencia de educación remota de emergencia

En una clase de ciencias tradicional, la enseñanza cara a cara permite a los docentes realizar una gran cantidad de acciones, pues tiene la posibilidad de diversificar los materiales y hacer un seguimiento del aprendizaje que logran los alumnos, incluso apoyándose en la observación de sus rostros y expresiones. Sin embargo, la enseñanza remota nos situó ante un panorama completamente diferente.

¿Qué cambió y qué tenemos que hacer para adaptarnos a esta nueva circunstancia? La enseñanza remota por la emergencia sanitaria transformó las formas de relacionarse con los estudiantes en muchos niveles. Si bien ya no estamos en el episodio inicial, en el cual nuestra única forma de trabajar con los alumnos era a la distancia, el aprendizaje remoto puede ser una realidad para muchos estudiantes, así como una alternativa que permita adaptar las aulas para trabajar nuevos esquemas con ellos.

Las nuevas aulas pueden implicar trabajo remoto y presencial, estas actividades mixtas requieren seguir algunas pautas que permitan conseguir los objetivos de aprendizaje, pero también desarrollar en los estudiantes motivación e interés por las ciencias. Algunas estrategias pueden incluir dividir las actividades, por ejemplo, destinar el tiempo de aprendizaje asincrónico para que los estudiantes hagan investigaciones y las sesiones de aprendizaje sincrónico o presenciales puedan dedicarse a las discusiones grupales; otro caso sería que los estudiantes busquen videos de experimentos o fenómenos de interés (YouTube, TikTok, entre otros) para discutir con el docente o los compañeros de clase.

Una guía para considerar cuáles son las mejores prácticas para enseñar ciencias en forma remota incluye, en primer lugar, tomar en cuenta a ambos actores del proceso: docentes y estudiantes (García-Vedrenne, 2020; Goodell y Kessler, 2020; Kennepohl, 2016; Morrison et al., 2021).

No hay duda de que los docentes enseñan mediante su planeación, diseño y ejecución de las actividades, pero esta enseñanza debe implicar también el ayudar a los alumnos a ganar control sobre su propio aprendizaje, situación que no es privativa de la educación a distancia, aunque puede ser más crítico en este contexto. En concordancia, los estudiantes necesitan considerar que el aprendizaje es una tarea bidireccional, no es una acción del docente hacia ellos. Es importante que los alumnos estén conscientes de que muchos aspectos relacionados con esta compleja actividad cognitiva requieren estrategias y esfuerzo, y que, para que el proceso de aprendizaje realmente funcione, ellos deben comprometerse a participar.

Como se destacó anteriormente, si queremos mejorar la enseñanza, presencial, a distancia o híbrida, el diseño de actividades para enseñar sustentadas en un marco educativo son el elemento primordial, por lo que al desarrollarlas es necesario contemplar la forma en que alumnos y docentes están involucrados en el proceso.

De acuerdo con esto, en la tabla 6 se sintetizan algunos aspectos relevantes correspondientes a cada actor, considerando que no deben dejarse de lado si lo que se busca es avanzar en el camino de contar con mejores procesos de enseñanza aprendizaje a distancia o en formatos híbridos.

**Tabla 6**

**Mejores prácticas para enseñar ciencias**

<b>Docentes</b>	<b>Estudiantes</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Involucrar al estudiante desde el inicio y de manera frecuente.</li> <li>• Planear una estructura centrada en el sujeto y que, por tanto, sea flexible.</li> <li>• Centrarse en los conocimientos que se pretende enseñar, más que en la tecnología que se está usando.</li> <li>• Hacer equipo con otros docentes para desarrollar actividades y cursos.</li> <li>• Explorar los recursos abiertos cuando sea posible y construir a partir de otras prácticas exitosas.</li> <li>• Evitar la sobrecarga cognitiva, eligiendo representaciones adecuadas y que no incluyan demasiados elementos, así como usar la tecnología con moderación.</li> <li>• Usar tecnología con la cual se sientan cómodos y para la cual puedan conseguir apoyo técnico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer normas y rutinas: tener un calendario de actividades, tener un registro de las fechas y tareas y un plan de trabajo, determinar los recursos que se tienen que utilizar y los horarios de trabajo.</li> <li>• Automonitoreo: establecer tiempos específicos para trabajar en determinadas tareas, usar solo las aplicaciones o programas esenciales que se van a emplear en la tarea, dividir el trabajo en intervalos cortos pero enfocados. Incluir actividades como el ejercicio físico que permitan regular el estrés y el sueño.</li> <li>• Metacognición: reflexionar de manera cotidiana sobre su comprensión de los temas y elaborar alguna forma de representarlos (escrito, dibujo, mapa conceptual, entre otros), pedir ayuda cuando no se comprenda un tema, plantearse preguntas que permitan reflexionar sobre lo aprendido, ¿cómo le explicaría este tema a alguien?</li> </ul>

<b>Docentes</b>	<b>Estudiantes</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crear espacios para interactuar con los estudiantes, pero también para que interactúen entre ellos.</li> <li>• Usar tecnología con la cual se sientan cómodos y para la cual puedan conseguir apoyo técnico.</li> <li>• Crear espacios para interactuar con los estudiantes, pero también para que interactúen entre ellos.</li> <li>• Evitar incorporar tecnología que no se conozca o aquella sobre la que previamente no se hayan hecho pruebas para conocer si es efectiva, es decir, es indispensable hacer pruebas antes de llevarla a los alumnos.</li> <li>• Los estudiantes y docentes requieren un tiempo para aprender y familiarizarse con la tecnología, no es pertinente asumir que los participantes conocen y tienen experiencia en el uso de las herramientas.</li> <li>• Diversificar las formas de evaluar.</li> <li>• Usar las tecnologías en aquellas actividades donde se considere que tendrá más impacto en el aprendizaje, o en aquellas tareas que den ventajas prácticas sustanciales para el aprendizaje.</li> </ul>	<p>¿qué aspectos debo mejorar de mi aprendizaje o mis habilidades?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer grupos de discusión entre compañeros para analizar los temas y los aprendizajes que consideran han logrado, así como las dificultades que enfrentan.</li> </ul>

En este punto, conviene recordar que lo que se transitó durante las clases a distancia en el confinamiento corresponde a Educación Remota de Emergencia (ERE) la que, de acuerdo con Hodges et al. (2020) está referida al cambio temporal que ocurre en la enseñanza como resultado de una situación de crisis, de forma tal que se aplican soluciones para continuar con el trabajo educativo a distancia, y una vez que la crisis pasa, se retoma nuevamente el modelo de enseñanza que comúnmente se lleva a cabo, como pueden ser cursos presenciales, semipresenciales o híbridos, para los cuales se supone que existe un sistema y diseño cuidadosamente planeado. Un ejemplo de esto es el aprendizaje en línea, que se ha realizado tiempo atrás y cuenta con un diseño para la enseñanza bien planificado, que le ha permitido ser relativamente exitoso (Hodges et al., 2020; Kennepohl, 2016; Means, Bakia y Murphy, 2014; Paudel, 2021). Sin embargo, mirando en retrospectiva y reconociendo todas las limitaciones, desconocimiento e incertidumbre con las que se desarrollaron las clases en esta fase de emergencia, contamos con suficiente información para poder señalar los principales aspectos sobre los que hay que trabajar para implementar, por un lado, modelos de educación que puedan ser híbridos o completamente a distancia, y por otro, definitivamente más importante, cambios en los procesos de enseñanza que ocurren en forma presencial, y que desde hace décadas demandan nuevos paradigmas acordes con las necesidades de las nuevas generaciones, el avance en el conocimiento y los recursos tecnológicos disponibles actualmente, temas sobre los que se abundó en los apartados precedentes y que deben ser el marco educativo rector para cualquier propuesta educativa que busque innovar y tener un impacto positivo en el aprendizaje, como el que en este libro se ha propuesto.

Profesores y alumnos regresamos a los salones de clase transformados, ahora contamos con mayores conocimientos sobre los diferentes recursos tecnológicos disponibles para comunicarnos en forma sincrónica y asincrónica, para enviarnos información, trabajar con colaboración, evaluar, acceder a bases de datos, descargar y utilizar simuladores, animaciones, y mucho más.

Pero esa transformación no fue completa, nos hicimos hábiles para utilizar la tecnología en la clase, ahora nos falta aprender a utilizarla con un sentido pedagógico y didáctico, que nos permita mejorar la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Por ello, todo el sistema educativo, presencial o no, debe replantearse e incorporar lo aprendido en forma acelerada en estos dos años y medio. A manera de resumen, a continuación, se presentan algunos de los aspectos que consideramos hay que contemplar en el nuevo paradigma educativo al que nos enfrentamos.

Fortalecer la formación docente para ampliar sus competencias en el uso de la tecnología con amplio y profundo sentido pedagógico y disciplinar. Dicha formación debe favorecer que logren generar propuestas de trabajo en las que la trayectoria conceptual y representacional que buscan promover en sus alumnos sea clara, coherente y alcanzable, reconociéndolos como los participantes centrales del proceso, y en las que la tecnología permita, además de su acercamiento a la fenomenología desde diferentes formatos de representación externa, la interacción con el profesor y entre pares, así como formas de evaluación individual, colaborativas y colectivas. Promover la formación de los docentes en este sentido, repercutirá no solo en mayor y mejor uso de estas herramientas, sino también incidirá en sus concepciones sobre el proceso de enseñanza, independientemente de la modalidad que se tenga que emplear en adelante.

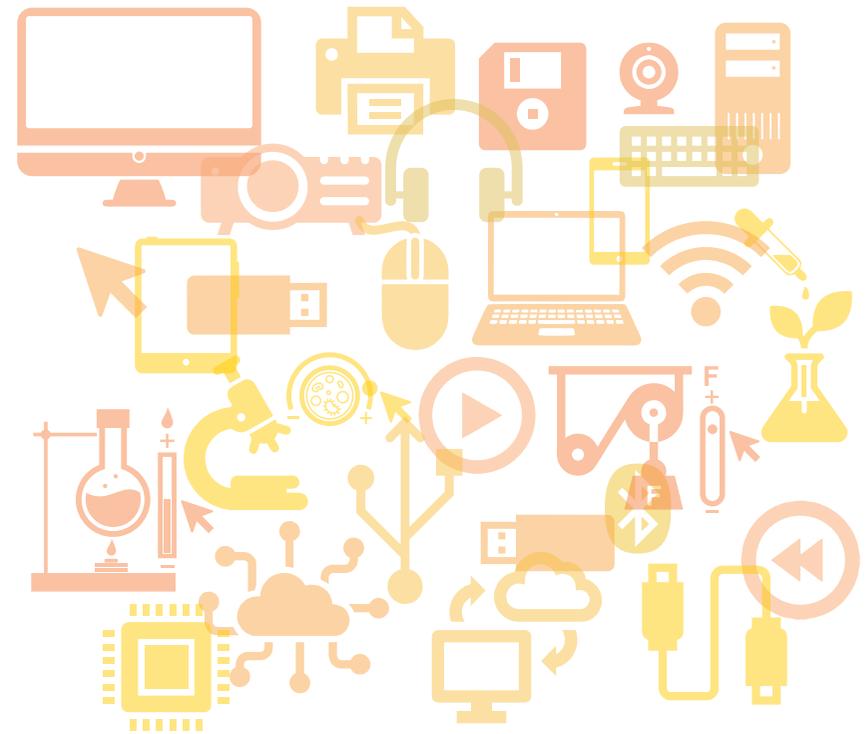
La experiencia, adaptabilidad y flexibilidad mostrada por el profesorado, tiene que ser aprovechada para generar estrategias donde la tecnología cumpla con expectativas pedagógicas y se pongan en juego los procesos cognitivos más sofisticados de los estudiantes, es necesario motivarlos e involucrarlos en tareas que fomenten un aprendizaje efectivo y sus acciones no se reduzcan solamente a escuchar o resolver tareas en forma mecánica, aunque en ellas se use la tecnología (Contreras et al., 2020; Lammert et al., 2022; Verma et al., 2020; Wieselmann y Crotty, 2022).

Tampoco debe olvidarse la importancia que tienen las actividades experimentales en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, y ante la evidente carencia de actividades prácticas que puedan hacerse en forma remota con los alumnos (al Darayseh, 2020), se requieren propuestas que, de acuerdo con la temática, las incluyan en diferentes momentos del proceso educativo, y con ello ofrecer al alumno distintas alternativas de analizar los fenómenos. Por su parte, Ma y Nickerson (2006) enfatizan, por ejemplo, que cuando se trabaja con laboratorios virtuales, vale la pena que primero se dé oportunidad a los alumnos de llevar a cabo algunos experimentos en forma real, para que después reconozcan y establezcan las semejanzas y diferencias que las simulaciones tienen con respecto a estos, y puedan tener una verdadera sensación de inmersión, para lo cual es necesario que el docente gestione las actividades y promueva la comunicación y retroalimentación constante entre alumnos y con él, como guía del proceso educativo.

Finalmente, es importante reconocer que ya sea en las actividades presenciales o remotas, la transformación de las ideas y representaciones que construyen los estudiantes sobre los fenómenos naturales llevan tiempo, la comprensión del conocimiento científico en los alumnos es un proceso complejo y gradual, en el cual los estudiantes requieren participar en actividades específicas que les ayuden a superar sus ideas más intuitivas para acercarse a las ideas científicas y que al mismo tiempo promuevan su razonamiento científico.

Como puede notarse, generar un espacio de trabajo que incorpore todos los elementos necesarios para lograr una enseñanza que realmente apoye el aprendizaje de los alumnos implica aceptar una ruptura de las dinámicas usuales, pero las condiciones derivadas del confinamiento y las clases en línea forzaron esta posibilidad, por lo que estamos en el momento justo para aceptar el reto y transitar ese camino.

La pandemia por COVID-19 es una crisis que no se ha ido, por ello se requiere que las instituciones educativas continúen encontrando nuevas y creativas formas de trabajo que permitan mantener la calidad y el acceso a la educación. Las experiencias nacionales e internacionales por la pandemia han documentado las dificultades que pueden estar asociadas a la enseñanza bajo estas condiciones, pero también se han comenzado a documentar alternativas para mejorar la enseñanza y adaptarse a la nueva realidad, así como también se abren nuevas oportunidades de investigación y análisis para tratar de incorporar las mejores prácticas en la enseñanza de las ciencias.





- Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, 16, 183-198. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.03.001>
- al Darayseh, A. (2020). The impact of COVID-19 pandemic on modes of teaching science in UAE schools. *Journal of Education and Practice*, 11(20), 110-115. <https://doi.org/10.7176/JEP/11-20-13>
- Area-Moreira, M. (2021). La enseñanza remota de emergencia durante la COVID-19. Los desafíos postpandemia en la Educación Superior. *Propuesta Educativa*, 30(56), 57-70.
- Avsar Erumit, B., Tanis Ozcelik, A., Yuksel, T., & Tekbiyik, A. (2021). Examining the views of preservice teachers about online science education during the COVID-19 lockdown: Expectations, opportunities, threats, motivations and beliefs. *Journal of Turkish Science Education*, 18, 2-26.
- Bachelard, G. (1984). *La filosofía del no*. Buenos Aires, Amorrortu.
- Bakhov, I., Opolska, N., Bogus, M., Anishchenko, V., & Biryukova, Y. (2021). Emergency Distance Education in the Conditions of COVID-19 Pandemic: Experience of Ukrainian Universities. *Education Sciences*, 11(7), 364. <https://doi.org/10.3390/educsci11070364>
- Bergey, B. W., Cromley, J. G., & Newcombe, N. S. (2015). Teaching High School Biology Students to Coordinate Text and Diagrams: Relations with Transfer, Effort, and Spatial Skill. *International Journal of Science Education*, 37(15), 2476-2502. <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1082672>
- Boulton-Lewis, G., Smith, D., McCrindle, A., Burnett, P., & Campbell, K. (2001). Secondary teachers' conceptions of teaching and learning. *Learning and Instruction*, 11(1), 35-51. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(00\)00014-1](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(00)00014-1)
- Calderón-Canales, E., Flores-Camacho, F., Gallegos-Cázares, L., de la Cruz, G., Ramírez, J., & Castañeda, R. (2016). Laboratorios de ciencias en el bachillerato: tecnologías digitales y adaptación docente. *Apertura, Revista de Innovación Educativa*, 8(1). <http://www.udgvirtual.udg.mx/apertura/index.php/apertura/article/view/822>
- Calderón-Canales, E., García-Rivera, B., Flores-Camacho, F., Gallegos-Cázares, L., Ambrosio-Luz, L. (2022). *Acciones y herramientas utilizadas en la educación a distancia para la enseñanza de las ciencias*. Congresos educación Editora, VI Simposio Internacional de Enseñanza de las Ciencias SIEC 2022. <http://congresos.educacioneditora.net/index.php/SIEC/SIEC2022/rt/printerFriendly/1371/0>
- Calderón-Canales, E., García-Rivera, B., Flores-Camacho, F., Gallegos-Cázares, L., & Ambrosio-Luz, L., & Albornoz-Delgado, H. (2022). *Retos y adecuaciones para la enseñanza de las ciencias en tiempos de coronavirus*. Congresos educación Editora, VI Simposio Internacional de Enseñanza de las Ciencias SIEC 2022. <http://congresos.educacioneditora.net/index.php/SIEC/SIEC2022/rt/printerFriendly/1343/0>

- Campbell, J., Smith, D., Boulton-Lewis, G., Brownlee, J., Burnett, P., Carrington, S., & Purdie, N. (2001). Students' Perceptions of Teaching and Learning: The influence of students' approaches to learning and teachers' approaches to teaching. *Teachers and Teaching*, 7(2), 173-187.  
<http://doi.org/10.1080/13540600120054964>
- Carcaño, E. (2021). Herramientas digitales para el desarrollo de aprendizajes. *Revista Vinculando*.  
<https://vinculando.org/educacion/herramientas-digitales-para-el-desarrollo-de-aprendizajes.html>
- Carrillo, C., & Flores, M. A. (2020). COVID-19 and teacher education: a literature review of online teaching and learning practices. *European Journal of Teacher Education*, 43(4), 466-487.  
<https://doi.org/10.1080/02619768.2020.1821184>
- Chi, T. H., M. (2009). Active-Constructive-Interactive: A conceptual framework for differentiating learning activities. *Topics in Cognitive Science*, 1, 73-105.  
<https://doi.org/10.1111/j.1756-8765.2008.01005.x>
- Contreras, K., Arredondo, C., Díaz, C., Inostroza, M. J., & Strickland, B. (2020). Examining differences between pre- and in-service teachers' cognition when lesson planning. *System*, 91, 1-14.  
<https://doi.org/10.1016/j.system.2020.102240>
- Contreras, P. C., Picazo, D., Cordero-Hidalgo, A., & Chaparro-Medina, P. M. (2021). Challenges of virtual education during the COVID-19 Pandemic: Experiences of Mexican University Professors and Students. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 20(3), 188-204.  
<https://doi.org/10.26803/ijlter.20.3.12>
- Cox, J. (2013). Tenured teachers & technology integration in the classroom. *Contemporary Issues in Education Research*, 6(2), 209-218.  
<https://doi.org/10.19030/cier.v6i2.7730>
- Cruz-Cisneros, J., Vega-Murguía, E., Covarrubias-Martínez, H., Gallegos-Cázares, L., & Flores-Camacho, F. (2015). Movimiento debido a la gravedad. Una experiencia multirepresentacional en los nuevos laboratorios del bachillerato de la UNAM. *Latin American Journal of Physics Education*, 9(1), 1403-1-1403-8.
- DeCoito, I., & Estaiteyeh, M. (2022). Online teaching during the COVID-19 pandemic: exploring science/STEM teachers' curriculum and assessment practices in Canada. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 4(8), 2-18.  
<https://doi.org/10.1186/s43031-022-00048-z>
- Di Pietro, G., Biagi, F., Costa, P., Karpiński Z., & Mazza, J. (2020). The likely impact of COVID-19 on education: Reflections based on the existing literature and international datasets. En *Publications Office of the European Union*. <https://doi.org/10.2760/126686>
- diSessa, A. (2002). Why "conceptual ecology" is a good idea. En M. Limón & L. Mason (Eds.), *Reconsidering Conceptual Change: Issues in Theory and Practice* (pp. 29-60). Kluwer Academic Publishers.  
[https://doi.org/10.1007/0-306-47637-1\\_2](https://doi.org/10.1007/0-306-47637-1_2)
- diSessa, A., & Sherin, B. (1998). What changes in conceptual change? *International Journal of Science Education*, 20(10), 1155-119.  
<https://doi.org/10.1080/09500699802010021>

- Driver R., & Easley J. (1978). Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*, 5, 61-84.  
<https://doi.org/10.1080/03057267808559857>
- Duit, R. (2009). *Bibliography STCSE: Students' and Teachers' Conceptions and Science Education*. Kiel, Germany: University of Kiel. <https://archiv.ipn.uni-kiel.de/stcse/>
- Estrada, L., & Paz Delgado, C. (2022). Enseñanza remota de emergencia. *Perfiles Educativos*, 44(178), 46-62.  
<https://doi.org/10.22201/iisue.24486167e.2022.178.60503>
- Ferdig, R. E., Baumgartner, E., Hartshorne, R., Kaplan-Rakowski, R., & Mouza, C. (Eds.). (2020). *Teaching, Technology, and Teacher Education During the COVID-19 Pandemic: Stories from the Field*. Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).  
<https://www.learntechlib.org/p/216903/>
- Fernández-Altuna, M. A., Gutierrez Rayon, D., Ramirez Resendiz, M., Cruz Mendez, P., & Tovar Lopez, K. (2020). Experience of the biggest School of Medicine in Mexico during the COVID-19 pandemic. *MedEdPublish*, 9:101. <https://doi.org/10.15694/mep.2020.000101.2>
- Flores-Camacho, F. (2012). Conocimientos, concepciones y formación de los profesores. En F. Flores Camacho (Ed.), *La enseñanza de la ciencia en la educación básica en México*, (pp. 113-128). Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación.
- Flores-Camacho, F., Gallegos-Cázares, L., & Calderón-Canales, E. (2019). *Enseñar y aprender ciencias en el bachillerato: un enfoque multirrepresentacional*. Santillana Bachillerato.
- Flores-Camacho, F., Gallegos-Cázares, L., García-Rivera, B. E., & Báez-Islas, A. (2019). Efectos de los laboratorios de ciencias con TIC en la comprensión y representación de los conocimientos científicos en estudiantes del bachillerato en un contexto escolar cotidiano. *Revista iberoamericana de educación superior*, 10(29), 124-142.  
<https://doi.org/10.22201/iisue.20072872e.2019.29.527>
- Flores-Camacho, F., García-Rivera, B., Gallegos-Cázares, L., & Calderón-Canales E. (2020). *Representaciones y aprendizaje de las ciencias*. Fomento Editorial UNAM.
- Flores-Camacho, F., Gallegos-Cázares, L., Sosa, P., Bello, S., et al. (2002). *Base de datos: ideas previas*. Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico, UNAM.  
<http://www.ideasprevias.ccadet.unam.mx:8080/ideasprevias/>
- Flores-Camacho, F., & Valdez, R. (2007). Enfoques epistémicos y cambios representacionales y conceptuales. En J. I. Pozo, & F. Flores (Eds.). *Cambio conceptual y representacional en el aprendizaje y la enseñanza de la ciencia* (pp. 21-36). Madrid: Antonio Machado Libros.
- Gale, J., Wind, S., Koval, J., Dagosta, J., Ryan, M., & Usselman, M. (2016). Simulation-based performance assessment: an innovative approach to exploring understanding of physical science concepts. *International Journal of Science Education*, 38(14). 2284 – 2303.  
<https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1236298>

- Gallegos-Cázares, L. (2015). Una propuesta didáctica para el trabajo en el laboratorio. En F. Flores-Camacho (Coord.). *Las tecnologías digitales en la enseñanza experimental de la ciencia. Fundamentos cognitivos y procesos.* (pp. 81-120). Grañén Porrúa.
- Gallegos-Cázares, L., & Flores-Camacho, F. (Coords.). (2011). *Secuencias didácticas de Biología para los Laboratorios de Ciencias del Bachillerato UNAM.* Dirección General de Publicaciones y Fomento Editorial.
- Gallegos-Cázares, L., & Flores-Camacho, F. (Coords.). (2011). *Secuencias didácticas de Física para los Laboratorios de Ciencias del Bachillerato UNAM.* Dirección General de Publicaciones y Fomento Editorial.
- Gallegos-Cázares, L., & Flores-Camacho, F. (Coords.). (2011). *Secuencias didácticas de Química para los Laboratorios de Ciencias del Bachillerato UNAM.* Dirección General de Publicaciones y Fomento Editorial.
- Gallegos, L., Flores, F., & Valdés, S. (2004). Transformación de la enseñanza de la ciencia en profesores de secundaria. Efectos de los Cursos Nacionales de Actualización. *Perfiles Educativos*, XXVI (103), 7-37.
- García Aretio, L. (2011). Perspectivas teóricas de la educación a distancia y virtual. *Revista Española de Pedagogía*, 249, 255-271.
- García Aretio, L. (2014). *Bases, Mediaciones y Futuro de la Educación a Distancia en la Sociedad Digital.* España: Síntesis.
- García-Morales, V., Garrido-Moreno, A., & Martín-Rojas, R. (2021). The Transformation of Higher Education After the COVID Disruption: Emerging Challenges in an Online Learning Scenario, *Frontiers in Psychology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.616059>
- Garcia-Vedrenne, A. E, Orland, C., Ballare, M. K., Shapiro, B., & Wayne, R. K. (2020). Ten strategies for a successful transition to remote learning: Lessons learned with a flipped course. *Ecology and Evolution*, 10(22), 12620-12634. <https://doi.org/10.1002/ece3.6760>
- Garrison, D. R., & Anderson, T. (2005). *El e-learning en el siglo XXI. Investigación y práctica.* Recursos Octaedro.
- Goodell, J., & Kessler, A. (2020). *The Science of Remote Learning.* <https://openlearning.mit.edu/sites/default/files/inline-files/TheScienceofRemoteLearning.pdf>
- Heller, J., Daehler, K., Wong, N., Shinohara M., & Miratrix, L. (2012). Differential effects of three professional development models on teacher knowledge and student achievement in elementary science. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(3), 333-362. <https://doi.org/10.1002/tea.21004>
- Hirschfeld, L., & Gelman, S. (2002). *Cartografía de la mente. La especificidad de dominio en la cognición y en la cultura.* Barcelona: Gedisa
- Hodges, C., Moore, S., Lockee, B., Trust, T., & Bond, A (2020). *The Difference between Emergency Remote Teaching and Online Learning*, EDUCAUSE Review. <https://er.educause.edu/articles/2020/3/the-difference-between-emergency-remote-teaching-and-online-learning>.
- Kennepohl, D. K. (2016). *Teaching Science Online. Practical Guidance for Effective Instruction and Lab Work.* Stylus Publishing, LLC.

- König, J., Jäger-Biela, D. J., & Glutsch, N. (2020). Adapting to online teaching during COVID-19 school closure: teacher education and teacher competence effects among early career teachers in Germany. *European Journal of Teacher Education*, 43(4), 608-622. <https://doi.org/10.1080/02619768.2020.1809650>
- Kozma, R., & Russell, J. (2005). Students becoming chemists: developing representational competence. En J. Gilbert (Ed.), *Visualization in Science Education* (pp. 121-146). Springer. [https://doi.org/10.1007/1-4020-3613-2\\_8](https://doi.org/10.1007/1-4020-3613-2_8)
- Lammert, C., Hand, B., Suh, J.K., & Fulmer, G. (2022). It's all in the moment: a mixed-methods study of elementary science teacher adaptiveness following professional development on knowledge generation approaches. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research* 4(12). <https://doi.org/10.1186/s43031-022-00052-3>
- Lobos Peña, K., Bustos-Navarrete, C., Cobo-Rendón, R., Fernández Branada, C., Bruna Jofré, C., & Maldonado Trapp, A. (2021). Professors' Expectations About Online Education and Its Relationship with Characteristics of University Entrance and Students' Academic Performance During the COVID-19 Pandemic. *Frontiers in Psychology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.642391>
- López-Mota, A., Rodríguez, D., & Bonilla, M. X. (2006). ¿Cambian los cursos de actualización las representaciones de la ciencia y la práctica docente? *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 9(22), 699-719.
- Ma, J., & Nickerson, J. V. (2006). Hands-on, simulated, and remote laboratories: A comparative literature review. *ACM Computing Surveys*, 38, 7. <https://doi.org/10.1145/1132960.1132961>
- Magana, A. J., & Balachandran, S. (2017). Students' development of representational competence through the sense of touch. *Journal of Science Education and Technology*, 26, 332 – 346. <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9682-9>
- Means, B., Bakia, M., & Murphy, R. (2014). *Learning Online. What Research Tells Us About Whether, When and How*. Routledge: Taylor & Francis Group.
- Morrison, E. S., Naro-Maciel E., & Bonney, K. M. (2021). Innovation in a Time of Crisis: Adapting Active Learning Approaches for Remote Biology Courses. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 22(1). <https://doi.org/10.1128/jmbe.v22i1.2341>
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2020). *Teaching K-12 science and engineering during a crisis*. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/25909>
- Pande, P., & Chandrasekharan, S. (2017). Representational competence: toward a distributed and embodied cognition account. *Studies in Science Education*, 53(1), 1-43, <https://doi.org/10.1080/03057267.2017.1248627>
- Paudel, P. (2021). Online education: Benefits, challenges and strategies during and after COVID-19 in higher education. *International Journal on Studies in Education*, 3(2), 70-85. <https://doi.org/10.46328/ijonse.32>

- Pérez Echeverría, M. P., & Scheuer, N. (2009). External representations as learning tools. En C. Andersen, Nora Sheuer, María del Puy Pérez Echeverría y Eva Teubal (Eds.) *Representational Systems and Practices as Learning Tools* (pp. 1-17). Rotterdam, Sense Publishers.
- Porlán Ariza, R., Rivero García, A., & Martín del Pozo, R. (1998). Conocimiento profesional y epistemología de los profesores II. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), 271-288.
- Pozo, J. I., Pérez Echeverría, P., Cabellos, B., & Sánchez, L. D. (2021). Teaching and learning in times of COVID-19: Uses of digital technologies during school lockdowns. *Frontiers in Psychology*, 12, 656776. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.656776>
- Prain, V., & Tytler, R. (2012). Learning through constructing representation in science: A framework or representational construction affordances. *International Journal of Science Education*, 34(17), 2751-2773. <http://dx.doi.org/10.1080/09500693.2011.626462>
- Reimers, F., Schleicher, A., Saavedra, J., & Tuominen, S. (2020). Supporting the continuation of teaching and learning during the COVID-19 Pandemic. Annotated resources for online learning. OECD. <https://www.oecd.org/education/Supporting-the-continuation-of-teaching-and-learning-during-the-COVID-19-pandemic.pdf>
- Sánchez Mendiola, M., Martínez Hernández, M del P., Torres Carrasco, R., de Agüero Servín, M., Hernández Romo, A., Jaimes Vergara, C., Benavides Lara, M., & Rendón Cazales, V. (2020). *Informe: Retos de la Educación a distancia en la contingencia COVID-19 cuestionario a docentes de la UNAM*. [https://cuaieed.unam.mx/descargas/investigacion/Informe\\_encuesta\\_CODEIC\\_30-III-2020\\_.pdf](https://cuaieed.unam.mx/descargas/investigacion/Informe_encuesta_CODEIC_30-III-2020_.pdf)
- Sánchez Mendiola, M., Martínez Hernández, M del P., Torres Carrasco, R., de Agüero Servín, M., Hernández Romo, A., Benavides Lara, M., Rendón Cazales, V., & Jaimes Vergara, C. (2020). Retos educativos durante la pandemia de COVID-19: una encuesta a profesores de la UNAM. *Revista Digital Universitaria*, 21(3). <http://doi.org/10.22201/codeic.16076079e.2020.v21n3.a12>
- Sánchez-Lazo, S., Gallegos-Cázares, L., & Flores-Camacho, F. (2015). El aprendizaje de la química en los nuevos Laboratorios de ciencia para el bachillerato UNAM. *Revista Iberoamericana de Educación Superior (RIES)*, 6(17), 38-57. <https://doi.org/10.1016/j.rides.2015.10.002>
- Taber, K. (2001). Shifting sands: a case study of conceptual development as competition between alternative conceptions. *International Journal of Science Education*, 23(7), 731-753. <https://doi.org/10.1080/09500690010006572>
- Tsai, C. (2002). Nested epistemologies: science teachers' belief of teaching, learning and science. *International Journal of Science Education*, 24(8) 771-783. <https://doi.org/10.1080/09500690110049132>
- Tytler, R., Prain, V., Hubber, P., & Waldrip, B. (2013). *Constructing representations to learn in science*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Universidad Nacional Autónoma de México. (2020). *Transición de los profesores de la UNAM a la educación remota de emergencia durante la pandemia. Informe Ejecutivo*. CUAIEED. UNAM.

- Verma, G., Campbell, T., Melville, W., & Park, B-Y. (2020). Science Teacher Education in the Times of the COVID-19 Pandemic. *Journal of Science Teacher Education*, 31(5), 483-490.  
<https://doi.org/10.1080/1046560X.2020.1771514>
- Wandersee J., Mintzes J., & Novak J. (1994). Research on alternative conceptions in science. En D. Gabel (Ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning* (pp. 177-210). Macmillan.
- Wieselmann J., & Crotty, E. (2022). Teaching during COVID-19: reflections of early-career science teachers. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 4(15). <https://doi.org/10.1186/s43031-022-00057-y>
- Wu, H.-K., & Puntambekar, S. (2012). Pedagogical affordances of multiple external representations in science processes. *Journal of Science Education and Technology*, 21(6), 754-767.  
<https://doi.org/10.1007/s10956-011-9363-7>
- Zabalza, B. (2012). El estudio de las “buenas prácticas” docentes en la enseñanza universitaria. *Revista de Docencia Universitaria*, 10(1), 17-42.  
<https://doi.org/10.4995/redu.2012.6120>



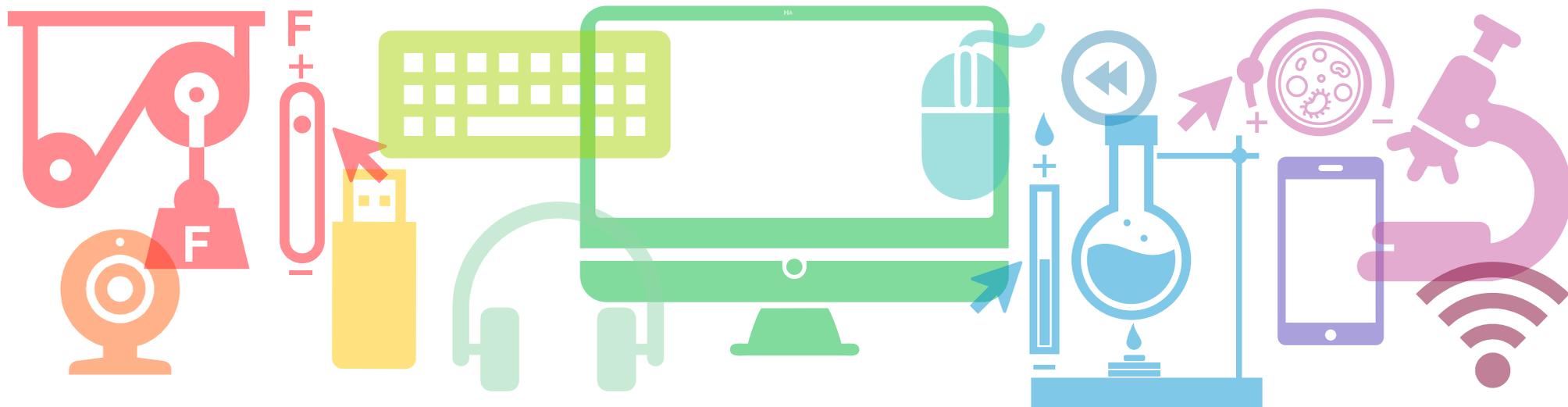
## Recursos y sitios para explorar

La lista que a continuación presentamos tiene algunas páginas con animaciones, simuladores, laboratorios virtuales y otras herramientas para incorporar en sus actividades.

NOMBRE	TIPO	TEMAS	DISPONIBILIDAD	DIRECCIÓN
APOYOS ACADÉMICOS PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR	Actividades, Simuladores	Ciencias	Gratuito	<a href="http://www.objetos.unam.mx/">http://www.objetos.unam.mx/</a>
BIO Y GEO BIERZO	Actividades, Simuladores, Laboratorios virtuales	Biología	Gratuito	<a href="https://sites.google.com/site/practicاسبioygeobierzo/">https://sites.google.com/site/practicاسبioygeobierzo/</a>
BIOINTERACTIVE	Laboratorios virtuales/actividades	Biología	Gratuito	<a href="https://www.biointeractive.org/es">https://www.biointeractive.org/es</a>
CELESTIA	Animaciones	Física	Gratuito	<a href="https://celestia.space/">https://celestia.space/</a>
CHEM COLECTIVE	Laboratorios virtuales	Química	Gratuito	<a href="http://chemcollective.org/vlabs">http://chemcollective.org/vlabs</a>
CLOUD LABS	Simuladores virtuales	Ciencias	De pago	<a href="https://igniteonline.la/laboratorioscloudlabs/">https://igniteonline.la/laboratorioscloudlabs/</a>
EDUCAPLUS	Animaciones	Ciencias	Gratuito	<a href="https://www.educaplus.org/">https://www.educaplus.org/</a>

NOMBRE	TIPO	TEMAS	DISPONIBILIDAD	DIRECCIÓN
EDUMEDIA	Animaciones	Ciencias (para primaria y secundaria)	De pago	<a href="https://www.edumedia-sciences.com/es/">https://www.edumedia-sciences.com/es/</a>
FÍSICA CON TIC	Actividades	Física	Gratuito	<a href="https://sites.google.com/site/fisicacontics/home">https://sites.google.com/site/fisicacontics/home</a>
GEOGEBRA	Herramientas digitales	Matemáticas	Gratuito	<a href="https://www.geogebra.org/">https://www.geogebra.org/</a>
GO-LAB	Laboratorios virtuales	Ciencias	Gratuito	<a href="https://www.golabz.eu/">https://www.golabz.eu/</a>
IBERCAJA AULA EN RED	Actividades	Ciencias	Gratuito	<a href="https://aulaenred.ibercaja.es/materias/ciencias/">https://aulaenred.ibercaja.es/materias/ciencias/</a>
LABORATORIO VIRTUAL	Laboratorio virtual	Física y Química	Gratuito	<a href="https://labovirtual.blogspot.com/">https://labovirtual.blogspot.com/</a>
LABSTER	Laboratorios virtuales	Ciencias	De pago	<a href="https://www.labster.com/">https://www.labster.com/</a>
PHET	Simuladores	Ciencias	Gratuito	<a href="https://phet.colorado.edu/es/">https://phet.colorado.edu/es/</a>
PHYSICS AND CHEMISTRY BY LEARNING	Simuladores	Física y química	Gratuito	<a href="http://www.physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/">http://www.physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/</a>
VIRTUAL LABS	Laboratorios virtuales	Ciencias	Gratuito	<a href="https://www.vlab.co.in/">https://www.vlab.co.in/</a>
PL@ANT NET	Herramienta para identificar	Biología	Gratuito	<a href="https://identify.plantnet.org/es">https://identify.plantnet.org/es</a>
PHYPHOX	Aplicación de teléfono con sensores y toma de datos	Ciencias	Gratuito	<a href="https://phyphox.org/">https://phyphox.org/</a>

NOMBRE	TIPO	TEMAS	DISPONIBILIDAD	DIRECCIÓN
GOOGLE SCIENCE JOURNAL	Aplicación de teléfono para toma de datos con sensores y registro	Ciencias	Gratuito	<a href="https://edu.google.com/">https://edu.google.com/</a>
MATERIALES PARA LA ENSEÑANZA Y DIVULGACIÓN DE LA FÍSICA	Actividades, experimentos, simuladores	Física	Gratuito	<a href="http://rsefalicante.umh.es/fisica.htm">http://rsefalicante.umh.es/fisica.htm</a>
MICROSCOPIO VIRTUAL	Plataforma online para la visualización de preparados histológicos	Biología	Gratuito	<a href="https://www.microscopiovirtual.net/">https://www.microscopiovirtual.net/</a>
NABT	Recursos diversos	Biología	Gratuito	<a href="https://nabt.org/Resources-Resource-Links">https://nabt.org/Resources-Resource-Links</a>
OLABS	Simulaciones y actividades	Ciencias	Gratuito	<a href="http://www.olabs.edu.in/">http://www.olabs.edu.in/</a>
SOLAR SYSTEM SCOPE	Simulador	Física	Gratuito	<a href="https://regalosparacientificos.com/ideas/sistema-solar-interactivo/">https://regalosparacientificos.com/ideas/sistema-solar-interactivo/</a>
STELLARIUM	Planetario de código abierto	Física	Gratuito	<a href="https://stellarium.org/es/">https://stellarium.org/es/</a>



# ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS DURANTE LA EDUCACIÓN REMOTA POR COVID 19:

LECCIONES APRENDIDAS Y NUEVAS OPORTUNIDADES

Universidad Nacional Autónoma de México  
Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología  
diciembre de 2023