

TÁNGARA REAL
Blue-necked Tanager
Stilpnia cyanicollis.

También conocido como Tangara Cabeciazul. Esta especie mide 13cm de longitud. La coloración de esta ave es en mayor parte negro, su cabeza y cuello son azul claro intenso. Es nativa de regiones montañosas y andinas del norte y oeste de América del Sur. Es considerada común. Ésta tángara real fue retratada en Pamplonita, Norte de Santander.



RETOS Y DESAFÍOS DE LA EDUCACIÓN EN CIENCIAS EN EL MARCO DE LA REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA Y LA PANDEMIA COVID-19

CHALLENGES OF SCIENCE EDUCATION IN THE
FRAMEWORK OF THE TECHNOLOGICAL
REVOLUTION AND THE COVID-19 PANDEMIC

Darwin Leonardo Vargas Sánchez

MSc en Docencia de la Química. Estudiante de
Doctorado DIE-UD

<https://orcid.org/0000-0002-5463-5779>

Álvaro García Martínez

Doctor en Didáctica de las Ciencias. Profesor
Doctorado DIE-UD

Orcid <https://orcid.org/0000-0002-3597-6252>

Doctorado Interinstitucional en Educación
Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Resumen

Este capítulo presenta algunos retos de la educación científica escolar en el marco de la cuarta revolución industrial caracterizada por la fusión de tecnologías, los cuales están borrando los límites entre las esferas físicas, digitales y biológicas. También presenta algunos desafíos de la educación en ciencias, en el marco de la pandemia Covid – 19, que, sin duda, durante el último año, ha generado grandes cambios en la forma de aprender y enseñar.

En el primer apartado se presenta un análisis sobre qué es la educación 4.0 y cuáles serían los requerimientos para el sistema educativo. En el segundo apartado, se realiza una revisión sobre qué es la educación STEM y qué visiones se pueden caracterizar sobre ella. En el tercer apartado, se caracteriza la educación STEM Science-Technology-Engineering-Mathematics - STEM (Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas - CTIM) como un campo naciente de investigación y se perfilan algunas sublíneas de trabajo. En el cuarto apartado, se presenta una reflexión sobre las nuevas tendencias en la investigación en Didácticas de las Ciencias, y en el quinto y último apartado, se plantean algunos retos de la educación en ciencias en el marco de la pandemia.

Palabras clave: educación, ciencias, tecnología, pandemia, STEM, investigación.

Abstract

This chapter presents some challenges of school science education in the context of the fourth industrial revolution characterized by the fusion of technologies, which are blurring the boundaries between the physical, digital and biological spheres. It also presents some challenges of science education in the context of the Covid-19 pandemics, which undoubtedly, during the last year, has generated changes in the way of learning and teaching.

The first section presents an analysis of what education 4.0 is and what would be the requirements for the educational system. In the second, a review of what STEM education is and what visions can be characterized about it. In the third section, STEM education is characterized as a nascent field of research and some sublines of work are outlined. In the fourth section, a reflection on the new trends in science education research is presented, and in the fifth and last section, some challenges of science education in the context of the pandemic are presented.

Keywords: education, science, technology, pandemic, STEM, research.

La escuela de hoy, ¿la escuela del futuro?

El mundo atraviesa por grandes transformaciones que han cambiado sustancialmente la forma en la que vivimos. El mundo actual está vinculado a un entorno material permeado por artefactos, dispositivos tecnológicos y de realidad virtual y robots soportados por la inteligencia artificial, entre otros avances. Estas nuevas tecnologías han cambiado nuestras prácticas sociales, políticas, económicas, educativas y culturales. Según Ortiz y Quintana (2013), nuestras prácticas sociales son cada vez más prácticas sociotécnicas, desde los ámbitos más públicos o externos, como aquellos que tienen que ver con la comunicación, la recreación, el trabajo y la política, hasta aquellos antes considerados tan íntimos, como la relación de pareja o la vida familiar.

La educación no es ajena a este proceso de transformación, también se ha visto altamente permeada por la tecnología. Esto ha llevado a que los educadores reflexionen sobre el papel de la tecnología en la educación y se planteen algunos interrogantes: ¿Desde qué perspectiva se debe educar?, ¿qué es educar y cómo se proyecta esta visión en la escuela?, ¿qué aspectos de la cultura escolar están cambiando con la incorporación de la tecnología?, ¿cuáles son los fines u objetivos de las instituciones educativas al incorporar la tecnología al aula?, ¿cómo se está reconfigurando la relación entre docentes y alumnos con la información y el conocimiento?, ¿qué aspectos del proceso de enseñanza se cualifican con la incorporación de la tecnología?, ¿cómo están cambiando los modelos de lectura y escritura con el uso de internet?, ¿cómo debe ser el proceso de formación de profesores para la incorporación de la tecnología al aula?, ¿qué visión de mundo se desea formar en los estudiantes?, ¿cuál es el papel del ser humano en ese mundo y cuáles sus interacciones con el mismo?

Para proyectar el futuro de la educación, es necesario conocer en qué punto nos encontramos.

En la actualidad, estamos atravesando por la cuarta revolución industrial también conocida como la revolución de las tecnologías emergentes, el internet, la inteligencia artificial, la realidad virtual, la robótica y la nanotecnología. La cuarta revolución industrial ha generado el surgimiento del movimiento Educación 4.0, que motiva al sistema educativo y a los maestros a estar preparados para enseñar en el marco de esta revolución tecnológica, esto significa que los estudiantes deben desarrollar unas competencias y unas destrezas que les permita estar preparados para las nuevas dinámicas que estamos viviendo y les facilite su adaptación ante estas nuevas tecnologías.

La cuarta revolución industrial es antecedida por otras tres revoluciones que también generaron grandes transformaciones en la forma de vida y en el sistema productivo. La primera revolución industrial se originó en 1784, se caracterizó por optimizar los procesos productivos utilizando la energía del agua y del vapor. Gracias a ello se pudo mecanizar los procesos industriales y como consecuencia se logró la producción en masa o en serie.

Casi un siglo más tarde, en 1870 se produce la segunda revolución industrial que se caracterizó por emplear la electricidad para mejorar la eficiencia de los procesos productivos y generar una considerable reducción en los costos de fabricación. Posteriormente, en 1969 se produce la tercera revolución industrial que se caracterizó por usar computadores y tecnologías de la información y la comunicación para automatizar los procesos productivos. Para Echevarría y Martínez (2018), desde inicios del siglo XXI asistimos al nacimiento de la cuarta, basada en la revolución digital, caracterizada por la fusión de tecnologías, que está borrando los límites entre las esferas físicas, digitales y biológicas.

Según Parrales (2019), hay al menos tres razones de esta llamada Cuarta revolución industrial que nos hace entender que no estamos viviendo tan solo una extensión de la Tercera. Esas razones

son: la velocidad de los avances actuales, la cual no tiene precedentes históricos. En comparación con las revoluciones industriales anteriores, la Cuarta está evolucionando a un ritmo exponencial en lugar de lineal. Además, está afectando a casi todas las industrias en todos los países alrededor del mundo. La amplitud y profundidad de estos cambios anuncian la transformación de sistemas completos de producción, gestión y gobierno.

La Educación 4.0, en el marco de la cuarta revolución industrial trae consigo unas exigencias para la escuela. Una de ellas es la descentralización de los contenidos, tradicionalmente los diseños microcurriculares de los profesores están cargados de contenidos que muchas veces se organizan en grandes listados de temas que parecen inconexos, por ello, la educación 4.0 está centrada en que los alumnos sean competentes, esto implica que el estudiante, además de una apropiación conceptual, debe desarrollar competencias para aplicar el conocimiento.

Dentro de la Educación 4.0 se priorizan las metodologías activas de aprendizaje, como el aprendizaje basado en proyectos, el aprendizaje basado en problemas o el aprendizaje basado en retos. De acuerdo con Swiden (2013), por medio de estas metodologías los estudiantes construyen su conocimiento a través del desarrollo de una tarea específica, los conocimientos adquiridos se aplican para llevar a cabo el proyecto o para resolver el problema.

Otra de las exigencias de la Educación 4.0 es la descentralización del proceso educativo del profesor al estudiante. La educación está centrada en muchos aspectos en el docente, dado que orienta y diseña las secuencias de enseñanza y aprendizaje dentro del aula de clase. Sin embargo, el protagonista del proceso educativo debería ser el estudiante, por ello, se deberían contemplar sus intereses, motivaciones, limitaciones, inteligencias múltiples, estilos y ritmos de aprendizaje. Esto implica que los docentes debemos tener en

cuenta todas estas variables en los diseños microcurriculares, para atender a la diversidad de estudiantes que conforman el sistema educativo.

La Educación 4.0 también exige al sistema educativo eliminar las barreras tradicionales que rompen o dividen el currículo. Tradicionalmente el currículo de las instituciones educativas presenta el conocimiento fragmentado en “compartimientos” o “cajas” llamadas asignaturas o áreas del conocimiento. Sin embargo, cuando los estudiantes se enfrentan a problemas de la vida real donde deben aplicar lo que han aprendido, ellos utilizan el conocimiento sin diferenciar si lo aprendieron en la clase de ciencias o en la clase de matemáticas. Esto permite concluir que el conocimiento es universal y, por ende, desde el diseño curricular se deben hacer esfuerzos para desfragmentar el conocimiento y permitir que los estudiantes puedan relacionar contenidos y los puedan aplicar en su vida cotidiana.

Otra de las exigencias que hace la Educación 4.0 a la escuela es la contextualización de los contenidos. El currículo está lleno de contenidos que se abordan en ocasiones de forma descontextualizada, por ello, los estudiantes no comprenden por qué deben aprender estos contenidos y qué utilidad tiene el aprendizaje de los mismos. Para Caamaño (2018), la contextualización es el proceso mediante el cual el conocimiento se relaciona con la vida cotidiana de los estudiantes, generando en ellos un interés para sus futuras vidas en los aspectos personal, profesional y social. La educación en contexto tiene una visión del aprendizaje situado. La tesis principal del aprendizaje situado es que, para que la transferencia de conocimiento se produzca, el conocimiento debe ser adquirido en un proceso activo y en un contexto auténtico. Por ende, el trabajo de los docentes consiste en buscar y seleccionar unos contextos que permitan abordar contenidos temáticos que sean interesantes y motivantes para los estudiantes, esto ayudará a generar una atmósfera motivante para el aprendizaje.

Para finalizar, la Educación 4.0 propone unas habilidades que los estudiantes deben desarrollar para adaptarse a los constantes cambios que impone la cuarta revolución industrial. Dentro de estas habilidades se encuentran: el desarrollo de la creatividad y la innovación, el trabajo en equipo y aprendizaje cooperativo, el aprendizaje a partir de los errores, el desarrollo del pensamiento crítico, el desarrollo del pensamiento computacional y la programación, el desarrollo de la inteligencia emocional, entre otras.

Como conclusión se puede afirmar que la Educación 4.0 no solo ayudará a que los estudiantes estén preparados para responder a las exigencias del futuro. También es una oportunidad para que los profesores se puedan formar y preparar ante estos nuevos desafíos y estas nuevas tecnologías y a partir de ello proponer diseños curriculares que puedan ser más atractivos para los estudiantes. La Educación 4.0 puede ayudar a que niños y jóvenes sensibles, creativos, lúcidos y visionarios, encuentren en la escuela propuestas más atractivas que cautiven su interés y motivación por aprender.

Estos elementos nos dan luces para ir tomando postura frente a la formación que deseamos generar en los ciudadanos frente a su papel que desempeñarán en la sociedad. De aquí surgen preguntas claves que deben analizarse y tomar postura para saber qué tipo de visión de educación va a generarse, para qué ciudadano y para qué sociedad de futuro inmediato. Estas reflexiones darán la postura teórica y metodológica que guíe al profesor para orientar su trabajo, ya que orientarán los objetivos, las competencias, los contenidos, la metodología y los procesos de seguimiento y evaluación que se adelantarán en la escuela (desde el preescolar hasta la universidad).

La educación STEM en el marco de la cuarta revolución industrial

En el marco de la cuarta revolución industrial y la Educación 4.0 han surgido nuevos enfoques que responden a las necesidades del sistema educativo actual. STEM es un enfoque interdisciplinario de aprendizaje que elimina las barreras tradicionales que, dentro del currículo, separan las ciencias, la tecnología, las matemáticas y la ingeniería; y las integra dentro del mundo real por medio de experiencias de aprendizaje rigurosas y relevantes para los estudiantes.

La educación STEM nos obliga a pensar en el futuro y a plantearnos algunos interrogantes: ¿En qué mundo vivirán nuestros estudiantes al terminar su etapa escolar en el colegio?, ¿qué habilidades deben desarrollar para desempeñarse como ciudadanos científicamente alfabetizados?, ¿en qué actividades y labores se desempeñarán cuando sean adultos?, ¿cuáles serán sus respuestas ante desafíos éticos, políticos, morales, democráticos y científicos? Algunas de estas preguntas son las principales preocupaciones que tenemos los docentes, todas apuntan a reflexionar si la educación que están recibiendo nuestros estudiantes hoy, será pertinente para las exigencias del futuro.

Según Rivas para definir qué hay que enseñar, es necesario partir de una visión proyectada del presente. Los educadores, los diseñadores del currículo, los políticos de la educación, no pueden evitar proyectar el mundo: es su trabajo central. Hacerlo no implica caer en un futurismo astrológico o en fabulas de ciencia ficción. Anticipar el futuro es un trabajo imposible pero necesario: nadie sabe qué pasará en 2030, pero debemos usar todas las



herramientas científicas y epistemológicas para anticipar cómo será ese mundo en el cual vivirán nuestros estudiantes cuando les toque adentrarse en la mayoría de edad. (2019, p. 15)

En este marco, es necesario analizar los cambios educativos teniendo en cuenta tendencias que han sido proyectadas por especialistas en el área y que atienden a necesidades contextuales específicas del futuro, partiendo de algunas dimensiones como el trabajo y la economía, el mundo social y cultural, y el mundo político y ciudadano.

Como se ha mencionado, en la actualidad estamos atravesando por la cuarta revolución industrial que se construye sobre la base de la electrónica, la informática y sobre los sistemas de información. Podemos ver cómo las tecnologías emergentes empiezan a brindar diferentes posibilidades económicas, sociales y productivas. En el contexto de la cuarta revolución industrial, se cree que el 75% de los empleos que tendrán en el futuro los niños que están actualmente en primaria, no existen todavía, pero estarán relacionados con profesiones STEM (Science, Technology, Engineering & Mathematics). Algunas de las profesiones del futuro pueden ser ingenieros de datos, ingenieros de nanorobots médicos, terapeutas de inteligencia artificial, entre otras.

El enfoque STEM surge de la necesidad de incentivar en los niños y jóvenes, desde la escuela, el interés por la resolución de problemas científico - tecnológicos, ya que en los últimos años se ha observado una significativa disminución en el número de profesionales en áreas relacionadas con ciencia y tecnología. El desinterés por estas disciplinas se debe principalmente a la actitud negativa que se tiene hacia ellas, pues en muchos casos los estudiantes piensan que hacer ciencia o tecnología es algo complejo que se encuentra lejos de su realidad y, por tanto, no las reconocen dentro de su cotidianidad.

Por consiguiente, desarrollar habilidades básicas en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM), ha despertado un interés creciente a nivel mundial durante la última década ya que, más allá de los resultados positivos que pueda traer en cuanto a los procesos de enseñanza-aprendizaje en el aula, se cree que la educación STEM constituye una herramienta de alfabetización. De igual manera, hacer que los estudiantes tengan nuevas perspectivas e ideas ante la ciencia y la tecnología, puede conducir a la formación de futuros profesionales más productivos, independientemente si trabajan o no en un campo relacionado con STEM, ya que todas las personas necesitan tener algún grado de conocimiento científico y tecnológico para llevar una vida productiva como ciudadanos.

Para Simarro y Couso, en los últimos años el enfoque STEM ha ido ganando relevancia y acapara el protagonismo en materia de integración de disciplinas del ámbito científico-tecnológico. Bajo este enfoque, la integración, no solo de las ciencias y las matemáticas, sino sobre todo de la ingeniería e incluso las artes o humanidades (perspectiva STEAM), se concibe como necesaria para preparar al alumnado para enfrentar los problemas complejos del mundo actual. (2018, p.50)

Son muchas las actividades escolares que llevan las etiquetas STEM, entre ellas los campamentos científicos, los concursos de robótica y programación, las simulaciones en 3D y 4D, el diseño y la construcción de artefactos y prototipos, entre otras. En todas estas actividades se presupone un carácter innovador, sin embargo, no es claro exactamente qué significa la educación STEM, cómo se pueden materializar propuestas educativas para llevar este enfoque al aula, qué aspectos deben tener los materiales educativos escolares para desarrollar las competencias STEM.

La perspectiva STEM se concibe, sobre todo, como una oportunidad para cuestionar el enfoque y contenido de las disciplinas del ámbito científico-tecnológico, con el objetivo de promover una alfabetización para todos. La alfabetización en el ámbito STEM se concibe como la capacidad de identificar, aplicar e integrar las formas de hacer, pensar y hablar de la ciencia, la ingeniería y la matemática para, por un lado, comprender, decidir o actuar ante problemas complejos; por otro, construir soluciones creativas e innovadoras, aprovechando las sinergias personales y las tecnologías disponibles. (Couso, 2017)

Para analizar las diferentes visiones sobre educación STEM, Simarro y Couso aplicaron un cuestionario al profesorado activo en primaria y en secundaria, que estaba interesado en este enfoque con el fin de explorar sus visiones. Dicho cuestionario se aplicó en el marco de la tercera edición de la STEAM Conf en Barcelona, España. Es importante tener en cuenta que la visión STEM que construye cada profesor es la que tiene mayor impacto en el aula porque a partir de ella realizan sus diseños didácticos y sus materiales de clase.

El cuestionario aplicado incluía preguntas sobre la relación entre disciplinas STEM, el uso de nuevas tecnologías, las demandas de los estudiantes y los objetivos de aprendizaje. En total, se aplicaron 48 encuestas a 35 de profesores de secundaria y 13 de profesores de primaria. Al analizar los datos recolectados en los cuestionarios se pudieron determinar en el profesorado cuatro visiones diferenciadas sobre STEM: la visión estética, la visión globalizada, la visión tecnocentrista y la visión ingenieril.

En la visión estética es común que junto con las siglas ya conocidas (STEM), se incluya la letra A de arte (STEAM). En este enfoque las ciencias y las matemáticas se presentan de una forma más

divertida incluyendo un componente estético como elemento central. Como ejemplos se puede encontrar la teatralización de contenidos científicos o la representación artística de conceptos matemáticos. La principal limitación de esta visión se relaciona con que los contenidos STEM pasan a un segundo plano, las actividades se convierten en algo anecdótico y casual pero no hay una vinculación real con la idea práctica de STEM.

En la visión globalizada se prioriza la adquisición de competencias transversales como la comunicación, el trabajo en equipo, la creatividad, el pensamiento crítico, la resolución de problemas, entre otras. También se prioriza el aprendizaje de conceptos clave de la ciencia y en general formas de hacer, razonar, valorar y comunicar disciplinas STEM. La principal limitación de esta visión se relaciona con que, en muchos casos, se da un uso meramente utilitario a los conocimientos STEM, lo que no facilita el desarrollo de competencias específicas de ciencias, ingeniería o matemáticas.

En la visión tecnocentrista se destaca el papel central otorgado a las nuevas tecnologías como la robótica, los lenguajes de programación, las impresiones en 3D, entre otras. Esta visión surge porque en la actualidad hay nuevas tecnologías que son más accesibles para las personas, inclusive de forma gratuita y normalmente se relaciona con movimientos sociales emergentes conocidos como la cultura maker. Esta visión tiene algunas limitaciones, por ejemplo, reducir el pensamiento científico y tecnológico a la construcción de artefactos o prototipos, enfatizar en la promoción de la programación sin promover el pensamiento computacional y en muchas ocasiones se asocia la educación STEM con la compra de tecnología, lo que puede generar un consumo irresponsable.

En la visión ingenieril se da importancia principalmente al papel de la ingeniería y al proceso de creación y diseño de soluciones. Este enfoque fomenta la práctica, las formas de hacer, pensar, comunicar y valorar en ingeniería. Como

limitaciones se presenta que las matemáticas y las ciencias pasan a ser una herramienta para el diseño de soluciones en lugar de proponer prácticas concretas en donde los estudiantes sean alfabetizados y, en ocasiones, este enfoque tiene una perspectiva limitada solo a una o a dos de las áreas del conocimiento incluidas dentro del enfoque STEM.

La investigación anteriormente presentada es importante porque es necesario realizar un análisis crítico de las visiones que construyen los profesores sobre el enfoque STEM, pues dichas presentan algunas limitaciones y son el punto de partida para comprender cómo se está llevando este enfoque al aula de clase, qué pertinencia tiene la visión de los profesores para el desarrollo de las competencias STEM, cómo se puede emplear este enfoque para el diseño curricular, el diseño de secuencias de clase y para el diseño de materiales escolares.

Para finalizar, es importante aclarar que el acrónimo STEM es polisémico y desde el punto de vista didáctico se suele encontrar con diferentes significados. De acuerdo con Casal (2019), en ocasiones STEM significa trabajo “interdisciplinar” integrando la Ciencia, la Tecnología, la Ingeniería y las Matemáticas -obviando que la pedagogía ya tenía un término para eso (“interdisciplinar” o “trabajo integrado”)-. En ocasiones, el término mantiene ese significado interdisciplinar como STEAM, incorporando una A de Artes, que puede ser, en sentido estricto (pintura, escultura, danza...) o en sentido amplio (literatura, filosofía... lo que llamamos Humanidades).

Por otro lado, el término STEM se asocia en muchas ocasiones a la enseñanza de la tecnología, de la robótica, de la programación, el uso de aparatos relacionados con las nuevas tecnologías de la información y la comunicación e inclusive al uso del laboratorio de ciencias. Otras veces el término STEM suele asociarse al desarrollo de algunas habilidades vinculadas a la autonomía, como el trabajo en equipo, el análisis crítico, la creatividad

o el pensamiento computacional. (Simarro & Couso, 2018)

Desde la Educación 4.0 y el enfoque STEM, es necesario fomentar la investigación en este campo, de forma tal que se pueda dotar de un sentido pedagógico y didáctico al término STEM, y desde la comunidad científica se pueda llegar a un consenso para reducir la polisemia que existe en la actualidad para referirse a este nuevo enfoque.

STEM como un campo de investigación

El surgimiento de STEM como un campo investigativo en educación es reciente. Por ello, la educación STEM es considerada como una línea emergente en la investigación en didáctica de las ciencias experimentales. Sin embargo, en los últimos años se puede evidenciar un aumento significativo en la cantidad de publicaciones relacionadas con educación STEM en revistas científicas indexadas a nivel internacional. A continuación, se presentará el resultado de un análisis bibliométrico realizado en la base de datos Scopus.

Para realizar el análisis bibliométrico se definieron las siguientes palabras clave para facilitar la búsqueda de los artículos en la base de datos: Educación STEM, Ciencias Naturales (biología, química, física, ecología), Educación Secundaria y Educación Universitaria. En la primera búsqueda, la base de datos arrojó en total 692 artículos relacionados con las palabras propuestas. Luego de la lectura en serie de los resúmenes de los artículos, se realizó la selección final de 78 artículos. Es importante aclarar que el acrónimo STEM también es utilizado para la investigación científica de las áreas puras (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas), por ello, el 88,8% de los artículos filtrados inicialmente correspondían a investigaciones en ciencias puras y no en educación en ciencias, solo el 11,2% de los artículos seleccionados correspondían a educación STEM.



De acuerdo con la información de los 78 documentos preseleccionados, se pudo determinar que los años de publicación de los artículos oscilan entre el año 2004 y el 2021, sin embargo, la mayor cantidad de publicaciones están concentradas entre los años 2016 y 2020. En el año 2016 se publicaron 8 artículos, en el año 2017 se publicaron 7, en el año 2018 se publicaron 14, en el año 2019 se publicaron 16 y en el año 2020 se publicaron 17. Esto permite concluir que en los últimos cinco años en la base de datos Scopus aparecen el 79,5% de artículos relacionados con la educación STEM, lo que confirma que es una línea emergente de investigación.

Las revistas científicas que se encuentran indexadas en Scopus y que más publicaron artículos relacionados con educación STEM son The Journal of Chemical Education con alrededor de 15 artículos publicados, The Journal of Physics: Conference series con alrededor de 6 artículos publicados, la revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las ciencias con alrededor de 3 artículos publicados y The American Chemical Society, The ACS Symposium Series, Annual Conference and Exposition (conference proceedings), The International Journal of Science Education e International Journal of STEM Education, todas estas revistas cuentan con 24 artículos publicados.

Los países que más publican artículos relacionados con educación STEM son Estados Unidos con un total de 41 artículos publicados, Indonesia con un total de 6 artículos publicados, España con un total de 4 artículos publicados, Irlanda y Filipinas con un total de 3 artículos publicados y China, Tailandia y Turquía con un total de 54 artículos publicados. Esto permite evidenciar que en América Latina la investigación y la producción en educación STEM es muy baja, de los 78 artículos solo uno corresponde a Argentina, otro a México y otro a Colombia.

A partir de la lectura detallada de los resúmenes de los 78 artículos seleccionados y de los objetivos planteados en cada uno de los

proyectos de investigación, se pudo establecer una categorización que permitió definir unas sublíneas de investigación dentro del campo de la Educación STEM. A continuación, se presentan las nueve sublíneas de investigación obtenidas a partir de la categorización realizada en el análisis bibliométrico:

- STEM y herramientas tecnológicas e informáticas. En esta sublínea se suscriben los trabajos relacionados con el diseño, desarrollo y aplicación de las tecnologías de la información y la comunicación. En total 34 artículos estaban relacionados con investigación en torno a simuladores, laboratorios virtuales, diseños de ambientes virtuales de aprendizaje, el desarrollo del pensamiento computacional, la robótica aplicada a la clase de ciencias naturales, el desarrollo de actividades tipo maker (construcción de algunos instrumentos de medición con sensores), la impresión 3D, la realidad aumentada, el uso de videos como estrategias para comprender temas STEM, el desarrollo de Apps y videojuegos para gamificar la clase de ciencias. (Merino & García-Martínez, 2019)
- Diseño de actividades STEM en la clase de ciencias. En esta sublínea se suscriben los trabajos relacionados con el diseño de actividades STEM dentro de las clases de biología, química, física o ecología, por ejemplo, actividades como mover un carro por medio de una reacción química con la vitamina C, realizar una máquina que permita llegar a bajas temperaturas para hacer helado, la construcción de baterías simples, entre otras. En total 10 artículos estaban relacionados con esta sublínea.
- STEM y minorías. En esta sublínea se suscriben los trabajos relacionados con exaltar la representación de las mujeres en carreras STEM, el uso de la impresión 3D para facilitar el aprendizaje a personas con impedimentos visuales, el desarrollo de cursos STEM para nivelar en ciencias a estudiantes migrantes

americanos, el análisis de las concepciones influenciadas por padres de niñas latinas sobre STEM, la diversificación de STEM (representación de STEM en todos los segmentos de la población) y el desarrollo de actividades STEM para jóvenes socialmente desatendidos en Estados Unidos (jóvenes urbanos). En total 7 artículos estaban relacionados con esta sublínea.

- STEM, actitudes e interés científico. En esta sublínea se suscriben los trabajos que tienen como finalidad identificar cómo el enfoque STEM puede mejorar la motivación de los estudiantes por el aprendizaje de las ciencias naturales y cómo este enfoque puede ayudar a generar vocación científica. En total 7 artículos estaban relacionados con esta sublínea.
- STEM y diseño curricular. En esta sublínea se suscriben los trabajos que tienen como finalidad desarrollar y analizar propuestas curriculares STEM e identificar cómo se puede dar la alineación curricular entre las áreas científicas en la escuela. En total 5 artículos estaban relacionados con esta sublínea.
- STEM y formación de profesores. En esta sublínea se suscriben los trabajos que tienen como finalidad desarrollar cursos y programas de formación de profesores en torno al enfoque STEM, y explorar las concepciones y percepciones que tienen los profesores sobre éste. En total 5 artículos estaban relacionados con esta sublínea.
- STEM y contenidos científicos. En esta sublínea se suscriben los trabajos que tienen como finalidad desarrollar proyectos STEM para mejorar la comprensión de los estudiantes de diferentes contenidos científicos. En total 4 artículos estaban relacionados con esta sublínea.
- Unidades didácticas y libros de texto STEM. En esta sublínea se suscriben los trabajos que tienen como finalidad desarrollar unidades

didácticas transversales bajo el enfoque STEM y analizar libros de textos escolares de ciencias naturales diseñados con el enfoque STEM. En total 3 artículos estaban relacionados con esta sublínea.

- STEM y actividades prácticas experimentales. En esta sublínea se suscriben los trabajos que tienen como finalidad analizar los cambios en las prácticas de laboratorio con enfoque STEM, analizar las instrucciones que reciben los estudiantes en ellas, indagar cómo los campamentos científicos ayudan a generar vocaciones STEM y explorar las percepciones de los estudiantes de secundaria sobre las carreras STEM. En total 3 artículos estaban relacionados con esta sublínea.

Para finalizar, Casal (2019), define que la investigación en torno a la Educación STEM debería perseguir tres objetivos:

1. Promover las vocaciones científico-tecnológicas y su capacidad para afrontar nuevos retos.
2. Corregir el sesgo de género y socioeconómico en el acceso a estas vocaciones y...
3. Formar a una ciudadanía competente para participar en la definición de la agenda de innovación e investigación.

La investigación en didácticas de las ciencias

La didáctica de las ciencias es una disciplina autónoma que posee un campo de conocimiento específico. Para Adúriz (1999), hay algunos indicadores que muestran la consolidación del campo investigativo de la didáctica de las ciencias. Entre ellos, la cantidad de producciones anuales que se publican en revistas indexadas, la consolidación de redes de difusión a nivel mundial que organizan eventos como los congresos internacionales que

reúnen expertos de todas partes del mundo, el reconocimiento de la didáctica de las ciencias como área específica y con titulación de posgrado, que se sustenta con el aumento de programas de maestría y doctorado enfocados específicamente en didáctica de las ciencias y la complejidad y la potencia heurística de los modelos formulados por los expertos.

Según Adúriz (1999), la evolución de la didáctica de las ciencias está enmarcada en cinco etapas que están diferenciadas por sus referentes psicopedagógicos, epistemológicos y por la naturaleza de la investigación empírica. Estas etapas son la disciplinar, la tecnológica, la protodisciplinar, la disciplina emergente y la disciplina consolidada. La caracterización de la didáctica de las ciencias en estas etapas permite evidenciar que la consolidación del cuerpo teórico y de la comunidad científica fue un proceso gradual, en el que se fueron conectando diversos referentes conceptuales y se consolidaron unas líneas de investigación.

En la etapa a disciplinar existe una preocupación inicial por la enseñanza de las ciencias naturales, sin embargo, en un comienzo no había una comunidad científica organizada que produjera conocimiento en el marco de unas líneas de investigación. Se publicaron algunos trabajos inconexos desde diferentes referentes conceptuales. Por ejemplo, con base en el propio conocimiento científico, en la pedagogía y en la psicología, pero no hay trabajos relacionados con la historia, filosofía y epistemología de las ciencias. La mayoría de las revistas que surgieron en esta época tenían un enfoque más disciplinar que pedagógico y didáctico. Para Adúriz (1999), la disparidad de estas producciones y la falta de conexión entre sus autores permiten sostener la inexistencia de la didáctica de las ciencias como campo de problema y como cuerpo internacional de investigadores. Sólo se puede hablar de una serie de estudiosos de distintas disciplinas que coinciden en su preocupación por la problemática de la educación científica.

En la etapa tecnológica se realizaron investigaciones que ponen en marcha reformas curriculares con la orientación teórica de la psicología del aprendizaje que no tiene en cuenta las particularidades del conocimiento científico. Estas nuevas orientaciones generaron unos recursos y unas técnicas de corte metodológico que son el producto del trabajo interdisciplinario entre científicos, profesores, psicólogos y psicopedagogos; hay un fuerte interés por intervenir el aula y poca preocupación por la producción de conocimiento científico. Esta didáctica de las ciencias tecnológica está caracterizada por una precisa delimitación de sus objetivos y metas. El posterior cuestionamiento de estas metas, a causa del fracaso manifiesto de las acciones destinadas a mejorar el nivel de la educación científica de la población general, desemboca en el colapso del incipiente campo de estudios. (Izquierdo, 1990)

Para Adúriz (1999), en la década del 70 se genera un consenso acerca de la existencia de un nuevo campo de estudios académicos. Los investigadores en didáctica de las ciencias comienzan a considerarse como miembros de una misma comunidad, que se independiza crecientemente de las disciplinas que la rodean y que acepta la necesidad de formular problemas de investigación originales. En la etapa protodisciplinar, ocurrió una separación teórica de los modelos psicológicos (característicos de la etapa anterior) y los modelos didácticos (modelos nacientes). Los estudios en didáctica de las ciencias experimentales ganaron terreno en el ámbito universitario y empiezan a surgir algunos programas de posgrado preocupados por esta disciplina. Se habla de una etapa protodisciplinar porque hay una competencia entre varias escuelas para establecer una base teórica de la comunidad.

En la etapa de disciplina emergente, los investigadores se preocupan por la coherencia teórica del conocimiento acumulado. Se realizan análisis rigurosos de los marcos conceptuales y metodológicos que conducen a la exploración sistematizada de la problemática didáctica. Los diversos autores que

revisan esta época caracterizan la didáctica de las ciencias en evolución acelerada como una disciplina emergente desde el punto de vista epistemológico, utilizando para ello los llamados modelos evolucionistas de dinámica científica. (Aliberas et al., 1989; Porlán, 1998)

Para finalizar, en la etapa de disciplina consolidada la didáctica de las ciencias ha madurado lo suficiente como para poder ser enseñada y este es un argumento central para sostener la solidez de este conocimiento, pues posee una coherencia propia, transponible y difundible. También posee una comunidad académica que hace públicos sus saberes, la cantidad de producciones anuales crece de manera exponencial, se consolidan redes de difusión de resultados de investigaciones a nivel internacional (como los congresos), existen variedad de programas de posgrado en didáctica a nivel internacional y también, varios modelos formulados que son específicos de la disciplina y que conforman lo que se llamará el constructivismo didáctico.

Al considerar a la didáctica de las ciencias como una disciplina consolidada, es necesario perfilar unas líneas de investigación que dan cuenta del estado actual del campo del conocimiento y que definen las posibilidades investigativas para los nuevos jóvenes que quieren incursionar en la investigación. Para conocer cuáles son las áreas de investigación vigentes en el campo de la didáctica de las ciencias, se debe realizar un análisis de los grupos de investigación líderes y reconocidos, tanto a nivel nacional, como internacional y las tesis que producen. También se puede realizar un análisis de las líneas temáticas definidas en los grandes congresos en los que participa la comunidad científica, entre ellos los congresos ESERA, Enseñanza de las Ciencias, NARST o ENPEC; por último, se puede hacer un análisis bibliométrico o bibliográfico en revistas científicas especializadas indexadas que hablan de la didáctica de las ciencias en general, o en revistas que están enfocadas en subtemas específicos.

Para Adúriz (2020), las siguientes líneas de investigación son las que están vigentes en el campo de didáctica de las ciencias. El listado fue elaborado de acuerdo con las líneas de trabajo propuestas para el congreso de la ESERA, que se realizará en septiembre del año en curso.

- Educación científica en los niveles infantil y primaria.
- Educación científica a nivel secundario.
- Educación científica a nivel superior y universitario.
- Educación científica en contextos formales e informales.
- Nuevas tecnologías para la educación científica.
- Formación inicial y permanente del profesorado de ciencias.
- Educación para la sostenibilidad.
- Epistemología, historia y naturaleza de la ciencia.
- Modelos y modelización en la educación científica.
- Uso de metáforas, analogías, simulaciones, etc., en la educación en ciencias.
- Aprendizaje de las ciencias. Factores cognitivos, emocionales y sociales.
- Perspectivas culturales, sociales y de género en la educación científica.
- Hablar y escribir en ciencias. Argumentación y Explicación científica escolar.
- Educación científica en contexto y controversias sociocientíficas. Alfabetización científica y ciudadanía.
- El dominio afectivo en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.

- Diseño, implementación y evaluación de programas y propuestas didácticas.
- Evaluación de los aprendizajes del alumnado.
- Ambiente y salud en educación científica.

Existen algunas líneas que no se incluyeron en el listado anterior, por ejemplo, la línea ideas previas y cambio conceptual porque presenta una reducción significativa en los trabajos publicados. Esto quiere decir que la comunidad científica no publica con la misma intensidad sobre estos temas como ocurría en la década de los 80 y los 90. Hay otras líneas que tampoco se incluyeron porque son consideradas líneas emergentes que no tienen la cantidad suficiente de investigadores para publicar trabajos o cantidad de expertos para evaluarlos, entre ellas están incluidas las líneas enseñanza de las ciencias en poblaciones con necesidades especiales y educación STEM o STEAM. Otras líneas como, por ejemplo, métodos activos en la enseñanza de las ciencias pueden pertenecer al campo de la didáctica general y en ocasiones los investigadores las pueden considerar como líneas que no están a su alcance o no responden a sus intereses particulares.

Para concluir podemos identificar que la didáctica de las ciencias es, en la actualidad, una disciplina autónoma, que produce nuevos conocimientos y profundiza en los ya existentes. En la década de los 90, la didáctica de las ciencias fue exaltada, grandes proyectos se realizaron con inversiones económicas importantes, sin embargo, estas inversiones se han reducido de manera considerable desde el inicio del siglo XXI hasta la actualidad. La didáctica de las ciencias convive con otras aproximaciones al problema de la educación científica, por ejemplo, la aproximación que se hace desde las propias ciencias naturales cuando químicos, biólogos, físicos o profesionales de las ciencias exactas hacen afirmaciones sobre la educación en ciencias.

La investigación en educación en ciencias ha generado marcos teóricos potentes, sin embargo,

ignoramos aún muchos conocimientos, por lo que es importante fortalecer la investigación empírica y la puesta en campo (aplicación en el aula de clase). La didáctica de las ciencias tiene como objetivo principal modelizar y teorizar las “buenas prácticas de aula” y también se interesa en la formación y en la profesionalización de los profesores de ciencias. (Izquierdo Aymerich, García-Martínez, Quintanilla, & Adúriz-Bravo, 2016)

Es importante aclarar que las líneas de investigación en didáctica de las ciencias son cambiantes en el tiempo. Esto depende de los intereses, de la producción de la comunidad científica y las necesidades de la escuela. Ya al inicio de este siglo, Moreira (2004) brindaba un panorama sobre la investigación en educación en ciencias, dando cuenta de los temas en los que existía una importante producción, así como de aquellos en los que aún quedaba mucho por investigar. Entre estos últimos, hacía referencia al currículo, los profesores y su formación, el contexto en que se da esta educación, las nuevas tecnologías en la enseñanza de las ciencias y lo relativo a la evaluación (del aprendizaje, del currículum, de la enseñanza). Sin embargo, estos temas de investigación definidos por Moreira pueden ser un poco diferentes a los propuestos por Adúriz, dado que los intereses y necesidades de los profesores y de los estudiantes son cambiantes en el tiempo.

La educación en el marco de la pandemia

La Covid-19 es una enfermedad infecciosa causada por el coronavirus, fue descubierta en Wuhan (China) en diciembre del 2019. En la actualidad, la Covid-19 es considerada una pandemia que afecta a muchos países alrededor del mundo. La pandemia cambió de forma drástica la vida de todas las personas puesto que se empezaron a implementar aislamientos obligatorios y voluntarios como medida para frenar los contagios, para evitar el colapso del sistema de salud y para proteger la

población sensible (personas con comorbilidades y adultos de la tercera edad).

El aislamiento obligatorio generó la cancelación de eventos sociales y multitudinarios como los conciertos, los eventos religiosos, el cierre de establecimientos comerciales como los bares, las salas de cine, los gimnasios, los centros comerciales, entre otros. Las empresas tuvieron que adaptarse a estas nuevas condiciones, por ello, implementaron el teletrabajo, también conocido como home office. Las instituciones educativas como los jardines, colegios y universidades cerraron sus puertas y en poco tiempo buscaron alternativas para trasladar el aula de clase a la casa de los estudiantes.

El coronavirus, sin duda, cambió drásticamente la educación ya que la escuela y el hogar de los estudiantes, se fusionaron en un mismo lugar. Según datos de la UNESCO, más de 861.7 millones de niños y jóvenes en 119 países del mundo se han visto afectados por la pandemia.

El coronavirus también permitió evidenciar la realidad inequitativa en la que viven los estudiantes fuera del aula, pues para impartir las clases desde casa se implementó el *e-learning*, mediante el cual la enseñanza se lleva a cabo de forma remota a través de plataformas digitales. Sin embargo, para acceder a las clases remotas los estudiantes deben contar, como mínimo, con un dispositivo (computador, tableta o celular) que les permita acceder a las plataformas digitales y una conexión estable a internet.

En Colombia, la implementación de las clases remotas en educación básica primaria, básica secundaria y media ha sido un tema complejo, pues muchos estudiantes no cuentan con un dispositivo ni con internet para conectarse desde su casa. De acuerdo con la UNESCO (2020), en América Latina y el Caribe el 47% de los hogares cuentan con una conexión estable a internet. Esto quiere decir que uno de cada dos hogares en América Latina está conectado.



Todas las dificultades de los estudiantes para el acceso a las clases remotas dan cuenta de las grandes brechas que existen entre el sector educativo público y privado, dado que en el sector público es donde más se presentan casos de estudiantes que carecen de computador o de internet. Esta dificultad ha duplicado el trabajo de los docentes del sector oficial, pues deben pensar en estrategias que permitan el aprendizaje en casa de los estudiantes que poseen herramientas tecnológicas y de aquellos que no las poseen, pero luchan por participar en el aprendizaje digital.

Para resolver este problema, los docentes del sector oficial deben proponer cartillas y guías de trabajo para los estudiantes que carecen de herramientas digitales y desarrollar clases remotas o material digital para aquellos estudiantes que sí poseen herramientas tecnológicas. Esto ha impactado negativamente al profesorado en lo laboral y en lo profesional, en muchos casos sus jornadas de trabajo se han duplicado, para responder a las inquietudes y evaluar a los estudiantes en ambas modalidades; por otro lado, muchos docentes han tenido que capacitarse en tiempo récord en el uso de plataformas y herramientas digitales.

Otro de los grandes problemas del acceso a la educación en tiempos de pandemia se da con los estudiantes que pertenecen al sector rural. Colombia geográficamente es un país con áreas de difícil acceso, en donde se encuentran escuelas rurales que no tienen internet y tampoco tienen infraestructura para imprimir o fotocopiar materiales educativos (cartillas o guías). Se cree que la mayor deserción educativa en tiempos de pandemia se ha dado en los estudiantes que pertenecen al sector rural.

La pandemia también ha permitido evidenciar otros roles que ofrece la escuela aparte del aspecto académico. Por ejemplo, muchos padres de familia han regresado a sus empleos luego de los periodos de confinamiento y han tenido que pensar con quién dejar sus hijos, puesto que las instituciones

educativas continúan en enseñanza remota. Por otro lado, en los colegios del sector oficial se cuenta con el Programa de Alimentación Escolar (PAE) que garantiza raciones alimentarias y un complemento nutricional a los niños, niñas y jóvenes. Sin embargo, desde que empezó la enseñanza remota muchos estudiantes no han tenido una alimentación adecuada porque los colegios están cerrados. Es importante reconocer el esfuerzo de las Secretarías de Educación por intentar llevar el PAE a la casa de los estudiantes en tiempos de pandemia.

Además del acceso a la educación en tiempos de pandemia, es importante analizar la calidad de la educación que están recibiendo los estudiantes en la enseñanza remota. De acuerdo con Foro Económico Mundial se ha demostrado que el aprendizaje en línea aumenta la retención de información por parte de los estudiantes, lo que permite concluir que esta modalidad de aprendizaje prioriza la memoria. Esto va en contravía con las tres dimensiones del aprendizaje: el saber, saber hacer y el ser. El aprendizaje memorístico está centrado en retener datos o información que normalmente son almacenados en la memoria a corto plazo, esto quiere decir que se olvidan con facilidad. Priorizar la memoria, es dejar de lado la dimensión del saber hacer que facilite a los estudiantes la aplicación de los conocimientos en la vida cotidiana.

Para Li y Lalani (2020), para aquellos estudiantes que tienen acceso a la tecnología adecuada, existen evidencias de que el aprendizaje en línea puede ser más eficaz. Algunas investigaciones muestran que, en promedio, los estudiantes retienen entre un 25 – 60% más información cuando aprenden en línea, en comparación con sólo el 10% en el aula de clase. Esto se debe principalmente a que los estudiantes pueden aprender más rápido en línea. El aprendizaje electrónico requiere entre un 40 – 60% menos tiempo para aprender que en un salón de clases tradicional, porque los estudiantes pueden aprender a su propio ritmo, retrocediendo y releyendo, saltando o acelerando a través de los conceptos que elijan.

De acuerdo con la UNESCO (2020), la falta de referencias a crisis semejantes en el pasado hace difícil poder predecir qué pueda suceder en el futuro inmediato. Lógicamente, los efectos presentes son fácilmente documentables, pero aquellos que dejarán huella en los distintos actores a medio y a largo plazo resultan más sujetos a debate. Para favorecer el análisis, se presentan a continuación algunos impactos de la pandemia para los estudiantes y los profesores.

Para los estudiantes, el impacto más inmediato de la pandemia ha sido en cese de las actividades académicas presenciales que ha afectado su vida cotidiana y el equilibrio personal. La pérdida de contacto social y las rutinas de socialización les ha dejado una huella socioemocional. De acuerdo con la UNESCO (2020), el 75% de los estudiantes de educación superior en Estados Unidos afirma haber experimentado ansiedad y depresión como resultado de los confinamientos de la pandemia.

Otro de los impactos para los estudiantes se relaciona con el proceso de adaptación a las clases remotas. En muchos países los confinamientos se dieron de forma rápida y el inicio de las clases en línea también, esto no permitió a los estudiantes tener un proceso de adaptación a esta modalidad de aprendizaje, a las plataformas tecnológicas y, sobre todo, acostumbrarse a estar sentados frente a una pantalla escuchando a sus profesores buena parte de su jornada diaria.

Para los profesores, el impacto más inmediato de la pandemia fue trasladar en poco tiempo un diseño microcurricular pensado para aplicar de forma presencial a uno para aplicar en educación remota. Esto implicó grandes esfuerzos de parte del profesorado dado que no todos cuentan con el mismo dominio de las tecnologías de la información y la comunicación. Otro impacto para los profesores fue el manejo del tiempo, pues muchos sintieron que su jornada laboral se extendió en los procesos de preparación de materiales digitales, evaluación de tareas y atención de dudas e inquietudes de

estudiantes y padres de familia. Muchas de estas dudas fueron atendidas en horarios no laborales dado que el principal canal de comunicación entre docentes y estudiantes era el correo electrónico o el WhatsApp.

Otro de los impactos de los docentes se relaciona con las condiciones laborales. En muchas instituciones educativas privadas a los docentes les hicieron una reducción salarial, justificada por un bajo recaudo en las mensualidades que pagan los estudiantes. En el caso de los docentes universitarios, muchos quedaron desempleados por el bajo porcentaje de estudiantes matriculados para los periodos académicos y, en muchos casos, a los docentes contratados bajo la figura de cátedra, medio tiempo o tiempo completo, les fueron asignadas cargas laborales más altas de las convencionales para cubrir los docentes que habían sido despedidos.

La pandemia ha dejado grandes desafíos para la educación, a continuación, se mencionan algunos de ellos.

- Reducir la brecha digital mejorando el acceso de los estudiantes a internet y a las nuevas tecnologías.
- Repensar cómo la integración entre las tecnologías de la información y la comunicación y la educación pueden hacer más eficiente la enseñanza y el aprendizaje.
- Proponer estrategias de integración curricular que permitan a los estudiantes conectar los conocimientos y tener una jornada escolar remota más corta y eficiente.
- Explorar y desarrollar diversidad de recursos digitales para que el aprendizaje sea más atractivo para los estudiantes.
- Fomentar la formación permanente del profesorado en temas relacionados con las tecnologías de la información y la comunicación.

- Integrar de forma permanente la educación presencial con herramientas o plataformas digitales.
- Proponer nuevas estrategias de evaluación que se puedan aplicar en la educación remota.

Retos de la educación en ciencias en pandemia

La pandemia no solo ha desafiado a la educación en general, también ha desafiado a la educación científica. Con la implementación de la enseñanza remota, el desarrollo de algunas de las habilidades propias de las ciencias se ha visto afectada ya que muchas de ellas requieren de la observación directa y manipulación de los fenómenos a través de las actividades prácticas experimentales, las visitas y las salidas de campo, entre otras. Muchas de estas actividades se han visto reducidas por los períodos de confinamiento, lo que ha llevado a los docentes a pensar en estrategias para poder desarrollar dichas habilidades desde casa.

Uno de los grandes retos de la educación científica en tiempos de pandemia se relaciona con el desarrollo de actividades experimentales desde casa. Si bien, se pueden diseñar y plantear algunas actividades sencillas para hacer en casa, en muchas ocasiones no se cuenta con la totalidad de materiales o instrumentos que permitan sacar el mayor provecho de estas.

Algunos profesores han optado por implementar prácticas de laboratorio virtuales, sin embargo, esto trae consigo varias limitaciones. Una de las principales se encuentra en la selección de recursos digitales gratuitos en línea, que respondan a las intencionalidades del docente y a los contenidos que pretende abordar. Si bien, en internet existen varios sitios web en donde se pueden encontrar de forma gratuita simuladores, laboratorios virtuales, videos con actividades prácticas experimentales grabadas y herramientas de realidad virtual, en

muchas ocasiones estos recursos no son suficientes para abordar el extenso panorama temático propuesto en el currículo de ciencias naturales. (Córdoba, Castelblanco, & García-Martínez, 2018)

De acuerdo con Méndez, Monge y Rivas (2001), realizar laboratorios virtuales trae consigo algunos beneficios como ampliar la cobertura de los cursos, disminuir los costos de traslado, simular situaciones que en realidad tendría escasas posibilidades de realizarlas, repetir los eventos o fenómenos cuantas veces se requiera, relacionar fenómenos con sus consecuencias, desarrollar habilidades en el uso de las tecnologías de la información y la comunicación, reducir la generación de residuos contaminantes, pues los laboratorios virtuales son amigables con el medio ambiente, y aumentar la seguridad de los estudiantes, porque no hay una manipulación directa de sustancias químicas.

Sin embargo, otra limitación que tienen las prácticas de laboratorio virtuales son las habilidades reales que desarrollan los estudiantes, puesto que en estos materiales digitales los fenómenos ya están modelizados y parametrizados y las posibilidades de error son prácticamente nulas. En una práctica presencial, el estudiante realiza una manipulación directa de los materiales, equipos e instrumentos de laboratorio, los aprende a utilizar, a calibrar y también aprende a realizar mediciones, a interpretar y registrar datos. En las prácticas presenciales los estudiantes deben tomar decisiones que no están definidas explícitamente en los protocolos de laboratorio, por ello, el aprendizaje a través de los errores permite que este tipo de actividades se constituyan como verdades situaciones para aprender.

Se fortalece la relación entre pensamiento, acción y comunicación; se analiza y planifica el experimento o el trabajo de campo (identificando variables, el seguimiento que se les hará, su ponderación y manipulación, etc.), se lleva a la práctica donde se manipulan objetos y situaciones en determinadas condiciones (materiales, reactivos, presión atmosférica, temperatura...), y se comunica, a

través de la planeación de un informe, reporte, artículo, presentación oral, etc.

Otro reto de la educación científica en tiempos de pandemia tiene que ver con la contextualización y la aplicación del contenido. La educación científica debe responder al contexto más inmediato de los estudiantes y en la actualidad todos los días se produce nuevo conocimiento científico sobre el coronavirus y la Covid-19 que se publica en revistas científicas, en periódicos, las redes sociales y la televisión. Esto permite a los docentes utilizar la Covid-19 como un eje articulador de saberes dentro de la clase de ciencias naturales.

Dentro del currículo de ciencias naturales en Colombia la Covid-19 se puede relacionar con varios contenidos que se abordan en secundaria. Por ejemplo, en ciclo 3 en el componente de biología se analizan las características de los seres vivos; con los estudiantes se puede abordar por qué los virus (coronavirus) no son considerados seres vivos. Esto permite diferenciar a los virus de algunos seres vivos como las bacterias, los protistas o los hongos. Dentro de este ciclo se pueden abordar algunas de las siguientes preguntas: si los virus no son seres vivos, ¿por qué pueden infectar las células?, ¿por qué los antibióticos no se utilizan en el tratamiento para la Covid-19?, ¿por qué las pequeñas gotas que quedan suspendidas en el aire cuando una persona tose o estornuda son peligrosas para contagiarse con el virus?

En el ciclo 4 también hay varios contenidos que se pueden relacionar con la Covid-19. Por ejemplo, comprender cuál es la estructura de los virus (una envoltura lipofílica, una cápside y el material genético), reconocer qué mecanismos utiliza el virus para infectar las células, diferenciar entre el ADN y el ARN para comprender que el coronavirus lleva en su ARN el mismo alfabeto de la información genética que llevamos los humanos. Dentro de este ciclo se pueden abordar algunas de las siguientes preguntas: ¿Cómo es la respuesta del sistema inmunológico ante la infección de la Covid-19?,

¿por qué la memoria inmunitaria que deja la Covid se cree que es a corto plazo?, ¿qué significa que el virus haya mutado?, ¿cómo se forman las nuevas cepas, linajes o familias del virus?

En el ciclo 5 se pueden relacionar contenidos de bioquímica con la Covid-19. Por ejemplo, entender qué son las vacunas, cómo se fabrican, cuándo se consideran seguras, qué tipo de inmunidad generan, cuáles medicamentos y tratamientos son más efectivos, cuáles son las principales diferencias entre las vacunas desarrolladas por las casas farmacéuticas. En este ciclo también se puede abordar la pandemia como una cuestión sociocientífica en la que se pueden reconocer implicaciones éticas, morales, científicas, sociales, ambientales, económicas, políticas y culturales de la Covid-19.

Para Ratcliffe y Grace (2003) las cuestiones sociocientíficas presentan las siguientes características:

- Están contextualizadas en la vida real.
- Son situaciones abiertas y relevantes para los estudiantes.
- Tienen una base científica que a menudo hace parte de investigaciones de frontera.
- Involucran la formación de opiniones, explicaciones y argumentos.
- Involucran el desarrollo del proceso argumentativo y el pensamiento crítico.
- Son frecuentemente divulgadas por los medios de comunicación.
- Pueden tener evidencias científicas o sociales incompletas.
- Se pueden abordar las dimensiones locales, nacionales y mundiales.
- Involucran valores y razonamientos éticos.
- Pueden requerir comprensión de probabilidad y riesgo.

Para Solbes y Ruiz (2013), la argumentación sobre las cuestiones sociocientíficas contribuye a conseguir la alfabetización científica del alumnado y ofrece la oportunidad de desarrollar el pensamiento crítico, dos objetivos fundamentales de la enseñanza en una sociedad democrática donde grandes retos del futuro están vinculados a conceptos científicos y técnicos, como los problemas ambientales, los problemas morales relacionados con las manipulaciones genéticas, las aplicaciones de las nuevas tecnologías, etc.

Para abordar la Covid-19 como una cuestión socio científica en ciclo 5 se pueden plantear las siguientes preguntas en forma de debates a los estudiantes:

- ¿Existen intereses económicos y políticos detrás del proceso de vacunación por la Covid-19?
- ¿La vacunación en realidad es la solución para poner fin a la pandemia?
- ¿Las personas en Colombia en realidad estarían dispuestas a vacunarse?
- ¿Son ciertos los mitos alrededor de las vacunas? Por ejemplo, pensar que las vacunas producen otras enfermedades, que con las vacunas nos van a introducir un chip para controlarnos o que la vacuna puede tener efectos adversos como la infertilidad.

Para finalizar, el desafío principal de la educación en ciencias en tiempo de pandemia es propiciar una educación con sentido. De acuerdo con Isla y

Medina (2020), los docentes debemos repensar los estímulos que estamos presentando a nuestros niños, niñas y jóvenes para que se apropien del conocimiento científico, que efectivamente conozcan las ideas centrales de la ciencia y desarrollen habilidades y actitudes, pero con sentido para ellos y ellas, de manera situada, apelando a su entorno local y a las problemáticas que les afectan directamente.

En este capítulo se han generado reflexiones de diferentes niveles, que se pueden orientar hacia las políticas públicas en educación, para la sociedad, para la escuela (en sentido amplio) y para la formación que se da en ella. De aquí se derivan preguntas centrales, como:

- ¿Qué sociedad deseamos tener y como llegar a ella a través de la formación en la escuela?
- ¿Qué tipo de ciudadano deseamos formar para esa sociedad, y como hacerlo?
- ¿Qué metodologías son las más pertinentes para desarrollar esa formación en los tiempos actuales y bajo las condiciones sanitarias que nos aquejan?
- ¿Qué criterios deben tenerse en cuenta para la selección de contenidos a trabajar en la escuela, y como priorizarlos?

A pesar de que en este documento hemos dado algunas pautas a estos interrogantes, el tema está abierto y apenas se empieza a profundizar, a pesar de décadas de estudio en la formación científica en la escuela.

Referencias

- Aliberas, J. (1989). Didáctica de les ciències. Perspectives actuals. La didáctica de las ciencias: una empresa racional. *Enseñanza de las Ciencias*, 7 (3), 277-284.
- Adúriz-Bravo, A. (1999). La didáctica de las ciencias como disciplina. Ediciones universidad de Salamanca. *Enseñanza*, 17-18, 61-74.
- Adúriz-Bravo, A. (2020). La investigación en didácticas de las ciencias naturales hoy. Conferencia en el marco del sexto encuentro de maestros investigadores: reinventado la educación. <https://youtu.be/u22z1CVAPcY>.
- Caamaño, A. (2018). Enseñar química en contexto: un recorrido por los proyectos de química en contexto desde la década de los 80 hasta la actualidad. *Educación en Química*. 29(1), 21-54.
- Casal, J. (2019). STEM: Oportunidades y retos desde la Enseñanza de las Ciencias. *Revista de Ciències de l'Educació* 155 – 168. DOI: <https://doi.org/10.17345/ute.2019.2>.
- Córdoba, F., Castelblanco, J., & García-Martínez, Á. (2018). Desarrollo de las habilidades cognitivo-lingüísticas en ciencias bajo la modalidad de educación virtual a distancia. *Enseñanza de Las Ciencias*, 36(3), 163–178. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2189>
- Couso, D. (2017). «Per a què estem a STEM? Definint l'alfabetització STEM per a tothom i amb valors». *Ciències. Revista del Professorat de Ciències d'Infantil, Primària i Secundària*, núm. 34, pp. 20-28.
- Echevarría, B. y Martínez, P. (2018). Revolución 4.0, competencias, educación y orientación. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, 12(2), 4-34. doi: <http://dx.doi.org/10.19083/ridu.2018.831>
- Izquierdo, M. (1990). Memoria del proyecto docente e investigador. Universitat Autònoma de Barcelona. — y Adúriz-Bravo, A. (en prensa): Epistemological foundations of science education, *Science & Education*.
- Izquierdo Aymerich, M., García-Martínez, Á., Quintanilla, M., & Adúriz-Bravo, A. (2016). Historia, Filosofía y Didáctica de las Ciencias: Aportes para la formación del profesorado de ciencias. <https://doi.org/10.14483/9789588972282>
- Lalani, F. y Li, C. (2020). La COVID-19 ha cambiado la educación para siempre. Recuperado el 30 de enero de 2021 de https://apolitical.co/es/solution_article/covid-19-ha-cambiado-la-educacion-para-siempre-heres-como.
- Méndez, E, Monge, J. y Rivas, M. (2001). Laboratorios virtuales: qué son, por qué usarlos y cómo producirlos. San José, Costa Rica: EUNED.
- Merino, C., & García-Martínez, A. (2019). Incorporación de realidad aumentada en el desarrollo de la visualización. Un estudio con estudiantes de secundaria en torno al modelo atómico. *Pensamiento Educativo: Revista de Investigación Educativa Latinoamericana*, 56(2), 1–23. <https://doi.org/10.7764/PEL.56.2.2019.6>
- Moreira, M. (2004). Investigación básica en educación en ciencias: una visión personal. *Revista Chilena de Educación Científica*, 3(1), 10 – 17.
- Ortiz, R. y Quintana, A. (2013). Ellos vienen con el chip incorporado: aproximación a la cultura informática escolar. En el marco de una filosofía de la tecnología (pp 39-90). Bogotá, Colombia. Editorial Jotamar.
- Parrales, M. (2019). ¿Qué es la Educación 4? y por qué es tan relevante? Recuperado el 30 de enero de 2021 de <https://inspire-edu.tech/educacion-4/>.
- Porlán, R. (1998). Pasado, presente y futuro de la didáctica de las ciencias, *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (1), 175-185.
- Ratcliffe, M. y Grace M. (2003). *Science education for citizenship*. Maidenhead. Open University Press.
- Rivas, A. (2019). ¿Qué hay que aprender hoy? De la escuela de las preguntas a la escuela de las respuestas. Editorial Fundación Santillana.
- Simarro, C. & Couso, D. (2018). Visiones en educación STEAM: y las mates, ¿qué? *Revista didáctica de las matemáticas* 81, p. 49-56.
- Solbes, C. y Ruiz, J. (2013). Debates sobre cuestiones sociocientíficas: Una herramienta para aprender física y química. *Revista enseñanza-aprendizaje del discurso científico*, número 64. pp. 32-39.
- Swiden, C. L. (2013). Effects of challenge-based learning on student motivation and achievement (Tesis de Maestría). Montana State University. <http://scholarworks.montana.edu/xmlui/handle/1/2817>.
- Unesco (2020). COVID-19 y educación superior: De los efectos inmediatos al día después. Análisis de impactos, respuestas políticas y recomendaciones.

Hoy los sujetos son comparados con máquinas que no tienen capacidad de detenerse al análisis y la contemplación, así, los profesionales de la pedagogía universitaria pierden la capacidad contemplativa del mirar y detallar los procesos de aprendizaje y enseñanza debido a la aceleración y la dispersión, que se caracteriza por no tener capacidad de énfasis. Finalmente, la hiperactividad es paradójica, porque es una forma en extremo pasiva de actividad, que no permite ninguna acción libre de los docentes universitarios en los procesos de aprendizaje y enseñanza, condicionados por los nuevos roles de los docentes y las exigencias de las organizaciones de educación superior.



Bogotá D.C.
Sede Nacional
José Celestino Mutis

Bogotá D.C.
Sede Nacional
José Celestino Mutis

