

La Importancia de la Enseñanza de las Ciencias: un Enfoque Multidisciplinario post-COVID

Norma Palacios Ramírez^a, Josefina Pérez Vargas^b, Joel Omar Yam Gamboa^a, José Luis González Bucio^a, José Manuel Carrión Jiménez^a, Walter Magaña Landero^a, Graciano Calva Calva^c*



Acerca de los autores

^a Universidad de Quintana Roo. División de Ciencias e Ingeniería, Ingeniería Ambiental.

^b Tecnológico Nacional de México/ Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec. División de Química e Ingeniería Bioquímica.

^c Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. Biotecnología y Bioingeniería.

Resumen

La reciente aprobación legislativa para la expedición de la Ley General de Humanidades, Ciencia, Tecnología e Innovación (HCTI), ha resaltado en la población el derecho de toda persona a gozar de los beneficios del desarrollo científico y la innovación tecnológica, despertando la inquietud de saber más de cómo las ciencias y su enseñanza afectan su vida cotidiana. Este trabajo tiene como objetivo analizar la importancia de la enseñanza de

la ciencia en la sociedad desde un enfoque multidisciplinario. Se destaca la importancia de una sociedad científicamente informada, particularmente con respecto al papel de las universidades en la educación científica y la mayor relevancia de la ciencia, magnificada por la pandemia de la enfermedad COVID-19.

Palabras clave. Educación, aprendizaje, conocimiento, enseñanza-aprendizaje, alfabetización científica.

Abstract

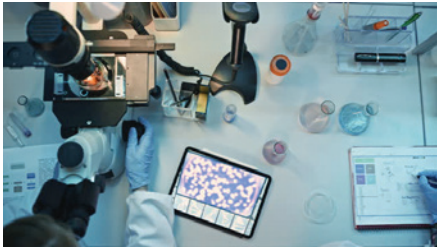
The recent legislative approval for the issuance of the General Law of Humanities, Science, Technology, and Innovation (HCTI) has highlighted in the population the right of every person to enjoy the benefits of scientific development and technological innovation, awakening the concern to know more about how science and its teaching may affect their life. This paper aims to analyze the importance of science teaching in society from a multidisciplinary approach. The importance of a scientifically knowledgeable society is highlighted, particularly regarding the role of universities in science education and the heightened relevance of science, magnified by the COVID-19 disease pandemic.

Keywords. Education, learning, knowledge, teaching-learning, scientific literacy.

Introducción

La nueva Ley General de Humanidades, Ciencia, Tecnología e Innovación (HCTI), aprobada por la Cámara de Diputados el 25 de abril del 2023 y por la de Senadores el 29 de abril del mismo año, y publicada el *Diario Oficial de la Federación* el 8 de mayo (DOF 08-05-2023), ha resaltado en la población el derecho de toda persona a gozar de los beneficios del desarrollo científico





yla innovación tecnológica, despertando la inquietud generalizada de saber más de cómo las ciencias y su enseñanza afectan su vida cotidiana y el surgimiento de diversos foros para discutir esas inquietudes y los efectos de la ley sobre las instituciones académicas (ver por ejemplo Mesa de diálogo: La nueva ley de ciencia y tecnología y el CONAHCYT - YouTube). En trabajos previos, los autores hemos señalado el por qué las ciencias deben ser el camino para abordar los fenómenos o problemas para proponer soluciones y generar conocimiento objetivo (Calva-Calva y Pérez-Vargas 2016), y por qué el uso de competencias de comunicación y trabajo mediante el aprendizaje basado en proyectos es un método conveniente de enseñanza-aprendizaje (Palacios-Ramírez *et al.*, 2020). En congruencia con esos trabajos, el objetivo del presente es analizar la importancia de la enseñanza de la ciencia en la sociedad desde un enfoque multidisciplinario, tratando de responder una serie de preguntas y discutiendo situaciones de interés general. Se destaca la trascendencia de una sociedad científicamente informada, particularmente con respecto al papel de las universidades en la educación científica y la mayor relevancia de la ciencia, magnificada por la pandemia de la enfermedad COVID-19.

¿Para qué sirve la ciencia?

El hombre siempre ha sentido curiosidad por saber más de cuanto lo rodea; a lo largo de la historia, ha existido un gran número de gente de ciencia que ha aportado conocimiento a la humanidad. Este conocimiento toma forma para transformar la vida cotidiana. Papp (1996), señala que la ciencia no sólo le da al hombre la facultad de entender el mundo, también le da el poder de modificarlo; menciona también, la neutralidad de la ciencia y cómo el hombre puede hacer uso de ella para distintos fines, ya que el mismo metal que es útil para forjar un arado, puede servir para hacer una espada. Para Ziman (2003), la ciencia impregna la sociedad, se le encuentra en cada ámbito de la vida en diferentes formas, de tal manera que cualquier persona puede jugar diferentes papeles ante la ciencia, ya sea como paciente, médico, consumidor, estudiante, investigador, etcétera, pero todos interaccionamos con la ciencia y con los productos que de ella emanan, de una u otra manera. Para Alcubierre (2005), la razón fundamental de la ciencia es entender la naturaleza, y las aplicaciones tecnológicas son un producto secundario, muchas veces afortunado y otras tantas no. Bonfil (2005) menciona que sin duda el producto directo de la ciencia es el conocimiento pero, desde su punto de vista, la ciencia sirve para cuatro cosas fundamentales: clasificar, explicar, predecir y controlar. El hecho de que la ciencia se encuentra presente en muchas de las actividades del ser humano, demuestra lo importante que es y por lo tanto debe serlo para el proceso de su enseñanza-aprendizaje. El objetivo de este trabajo es analizar la importancia que tiene el enseñar ciencias en ese proceso, en el sentido de que se puede lograr a través de su enseñanza y en consecuencia a quién o quiénes debe ir dirigida esta enseñanza.



¿Para qué enseñar ciencias?

Por lo antes expuesto, es claro que la ciencia resulta importante para la humanidad. A continuación, se mencionan algunas reflexiones de aspectos concretos que evidencian esta calidad.

Desarrollo del pensamiento crítico

Para Tamayo *et al.*, (2015), uno de los propósitos centrales de la enseñanza de las ciencias es la formación del pensamiento crítico en los estudiantes, pero

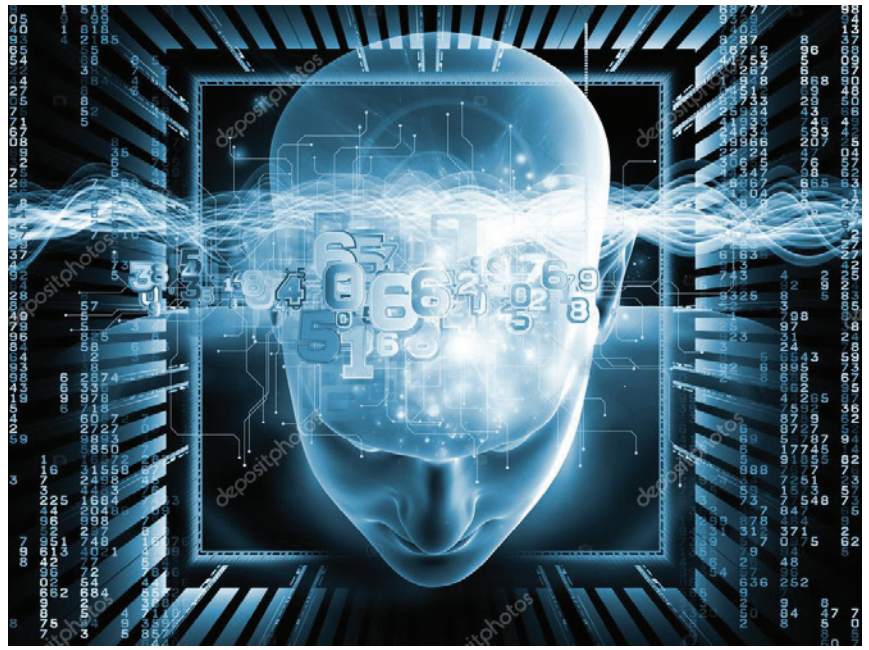


para los autores de este manuscrito, el fin primordial de la escuela es formar sujetos y comunidades que piensen y actúen críticamente, basados en los aprendizajes adquiridos en la escuela. Para los autores, algunas características de los pensadores críticos deben ser, entre otras, que: a) tratan de identificar los supuestos o hipótesis que subyacen las ideas, las creencias, los valores y las acciones; b) poseen la capacidad de imaginar y explorar alternativas a maneras existentes de pensar y de vivir; c) usualmente son escépticos hacia afirmaciones de verdades universales o explicaciones últimas y definitivas, y d) están conscientes del contexto.

Para Blanco López *et al.* (2017), existe acuerdo sobre la trascendencia que el pensamiento crítico tiene para los ciudadanos y su consideración como una de las grandes finalidades de la educación científica. Sin embargo, su desarrollo no está presente en la práctica educativa. Solbes y Torres (2012), hacen un análisis acerca de las competencias que promueven el pensamiento crítico en estudiantes universitarios partiendo del abordaje de cuestiones socio-científicas, resaltando que la principal característica del pensamiento crítico es la duda, el escepticismo y que la discusión de cuestiones socio-científicas en el aula es importante en la formación de ciudadanos para que entiendan la naturaleza de la ciencia, sus aplicaciones y sus implicaciones sociales. Según los autores, las competencias que se requieren para el desarrollo del pensamiento crítico, relacionado a cuestiones socio-científicas deben incluir:

- Comprender la ciencia como actividad humana relacionada con la tecnología, la sociedad y el ambiente.
- Informarse, conocer posturas alternativas, cuestionar la validez de los argumentos, rechazar conclusiones no basadas en pruebas, detectar falacias y evaluar la credibilidad de las fuentes.
- Estudiar el problema socio-científico de forma integral, involucrando dimensiones científicas, técnicas, culturales, ambientales, sociales y económicas.
- Valorar y realizar juicios éticos en cuestiones socio-científicas, considerando la contribución de estos a la satisfacción de las necesidades humanas.
- Llegar a conclusiones que lleven a una toma de decisiones fundamentada y a promover acciones para el mejoramiento de la calidad de vida.

Loaiza *et al.*, (2018) llevan a cabo una investigación orientada a desarrollar habilidades del pensamiento crítico mediante la creación de un semillero de investigación en el área de ciencias naturales con adolescentes entre 12 y 14 años. Las habilidades del pensamiento crítico que analizan son: análisis de la información, inferencia de implicaciones, proponer alternativas de solución al problema y argumentar una postura. Después de un acompañamiento





continuo de los adolescentes, se pudieron observar cambios favorables en las habilidades de proponer soluciones a un problema y en argumentar una postura frente al mismo. Este resultado, como los autores afirman, plantea la posibilidad de potenciar y desarrollar, desde esta edad y más tempranamente, situaciones orientadas a la formación de un pensamiento crítico.

Toma de decisiones de forma informada y consciente

Para Romero-Ariza (2017), una enseñanza de las ciencias más relevantes ha sido un reclamo de los especialistas desde la segunda mitad del siglo XX. Menciona que con una mejor formación en ciencias, los estudiantes podrán comprender mejor los fenómenos y asuntos

cotidianos y desenvolverse de manera adecuada en la vida, decidir qué productos consumir, qué fuentes de energía utilizar, qué iniciativas apoyar o rechazar. Aunque esas decisiones pueden ser personales, con frecuencia trascienden el ámbito local y los autores hacen notar cómo la toma de decisiones individuales adquiere gran importancia en un mundo actual tan cambiante y globalizado.

Por su parte, Martín (2002) subraya la importancia que tiene la educación científica de la ciudadanía, de manera que ésta pueda actuar con capacidad crítica en la vida cotidiana y en la búsqueda de soluciones a los problemas que se plantea la humanidad. En este sentido, Martín y Osorio (2003) afirman que es importante propiciar en la ciudadanía una formación que le capacite para comprender, manejarse y participar en un mundo en el que la ciencia y la tecnología están cada vez más presentes.

Combatir la desinformación

Uno de los productos más notables de la ciencia y la tecnología, es la Internet. Alcalá (2017) señala que la internet ha creado nuevas formas y canales de comunicación, estableciendo nuevos sistemas de interacción, control y cambios sociales, permitiendo una participación ciudadana de manera interactiva. La información es canalizada a las mayorías principalmente a través de los medios de comunicación masiva y las redes sociales. Sin embargo, no toda la información que llega al receptor es verídica y el ciudadano común se enfrenta muchas veces a información falsa. El problema es tan importante, que la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), hace un llamado a informarse bien y no compartir información falsa, principalmente en las redes sociales, alertando del peligro que conlleva tomar como cierta, información que nadie verificó, haciéndola viral (UNESCO, 2020).

La influencia de las redes sociales en los jóvenes se pone de manifiesto en los resultados de la encuesta de PISA de 2018, donde se reporta que 64% de los estudiantes siguen los acontecimientos mundiales por Facebook o Twitter. Esto demuestra el poder que tienen estos medios de información y también el peligro que representan si la información que se comparte no es verídica (PISA, 2020).

Despertar vocaciones científicas

Cabe señalar que a nivel internacional existe una tendencia a la disminución de la cantidad de jóvenes interesados en estudiar ciencias (Lorenzo, 2017). Esta problemática ha sido señalada por diversos autores, como Chadwick (2022), que también refiere que las nuevas generaciones no desean estudiar ciencias, pero una sociedad en la que la ciencia se encuentra presente en cada uno de los aspectos, necesita formar científicos.

A quiénes debe dirigirse la enseñanza de la ciencia

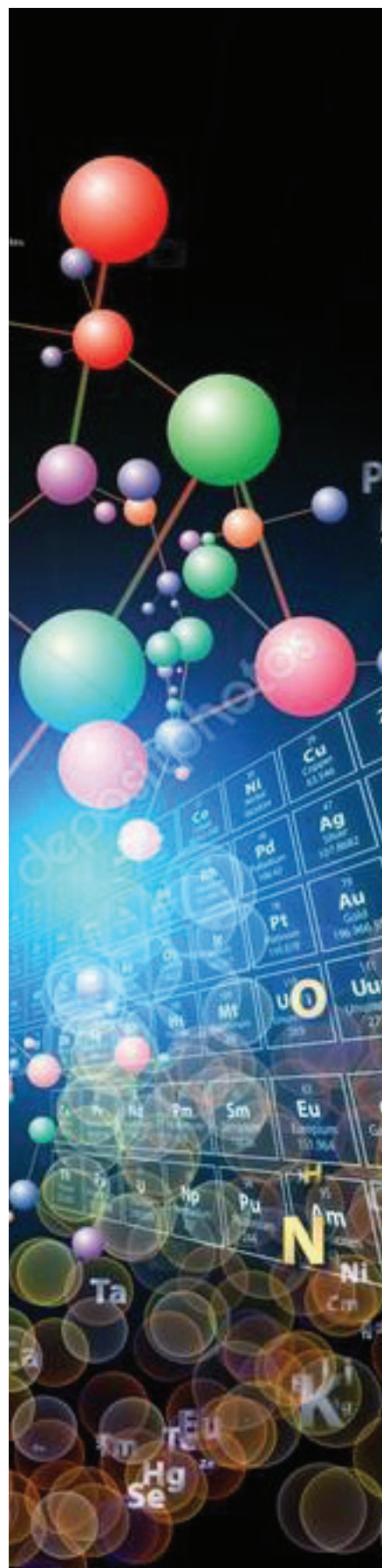
Si como se ha mencionado anteriormente, la enseñanza de la ciencia favorece el desarrollo del pensamiento crítico, la toma de decisiones consciente que abona contra la desinformación y favorece el despertar de vocaciones científicas, sería deseable que la población en su conjunto tuviera un mínimo de conocimiento científico. Hoy día, se habla de una alfabetización científica, en analogía a la alfabetización transmitida mediante la lectura y escritura. En ese sentido, Acevedo (2004) afirma que, dado lo deseable que resulta que alfabetización científica de las personas vaya aumentando a lo largo de su vida, el sistema escolar no puede ser el único responsable de la alfabetización de la ciudadanía, debiéndose recurrir a la educación no formal a través de la divulgación de la ciencia. Rocha *et al.* (2017), elaboraron un estudio acerca del empleo de términos como divulgación de la ciencia, popularización de la ciencia, comunicación de la ciencia, apropiación de la ciencia o del conocimiento, educación científica no formal y alfabetización científica, mostrando que tales términos son utilizados por muchos autores en forma indistinta, considerando que todos los términos se encuentran en la interfase entre ciencia y sociedad, siendo más usado el término divulgación de la ciencia. En congruencia con el estudio de esos autores, en este trabajo se utilizan indistintamente dichos términos.

El tema de la alfabetización científica es tan relevante, que en el Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA), se ha incluido dentro de las materias a evaluar, definiendo la alfabetización científica como la capacidad de involucrarse con temas relacionados con la ciencia (PISA, 2020). Más aún, en lo que se refiere a la participación ciudadana y bienestar colectivo, PISA hace referencia a una “competencia global”, definiéndola como una capacidad multidimensional que abarca la facultad para examinar cuestiones de importancia local, mundial y cultural; comprender y apreciar las perspectivas y cosmovisiones de los demás; participar en interacciones abiertas, apropiadas y efectivas entre culturas, así como tomar medidas para el bienestar colectivo y el desarrollo.

De hecho, el origen de la idea de la alfabetización científica, expresión utilizada por primera vez por Hurd en 1958 (Ballesteros 2022), se da en una especie de campaña para revolucionar la forma en que se enseñaba ciencias en las escuelas en Estados Unidos, con el objetivo de favorecer el desarrollo social e industrial relacionado con la ciencia. Esta situación se dio ante la preocupación de ese país por vencer a Rusia en la carrera espacial, luego del lanzamiento del Sputnik el 4 de octubre de 1957, lo que llevó a replantear la forma de enseñar ciencias en Estados Unidos.

El papel de las universidades

En la enseñanza de las ciencias, deben converger los esfuerzos de muchos actores sociales, pero las universidades requieren ser el factor clave. Estas





instituciones de educación superior cuentan con la estructura necesaria, aunque tal vez no suficiente, para contribuir a la formación científica de la ciudadanía, a través de sus departamentos de vinculación y difusión. Además, en ellas confluyen expertos de los diferentes campos del conocimiento y es justamente ahí donde se forman los futuros profesionistas, con espacios para la reflexión acerca de la importancia del conocimiento de la humanidad.

Gutiérrez (2019) hace notar el papel central que juegan las universidades públicas y la ciencia en el desarrollo de la sociedad, así como la necesidad de fortalecer y renovar la relación de ésta con los diversos sectores de la misma, sugiriendo la manera como la universidad y la ciencia pueden y deben contribuir a la construcción de formas de convivencia más generosas y solidarias. Si bien el cómo llevar a cabo la educación en ciencias en la sociedad puede ser objeto de debates, resulta evidente que para lograrlo se debe iniciar el proceso desde tempranas edades y las instituciones de educación superior podrían tener un papel más importante a nivel de educación media y superior.

Fernández (2017) ubica a la educación superior como un bien estratégico de las naciones, como el vínculo entre el capital humano altamente calificado y la producción y difusión del conocimiento. Menciona que, aun cuando las universidades han participado de forma activa en actividades de divulgación del conocimiento, es necesario fomentar, extender y profundizar políticas de apropiación y divulgación de los logros en ciencias, tecnologías e innovación, promoviendo una cultura científica y tecnológica en la población, así como el reconocimiento social de la ciencia.

Las instituciones de educación superior son los espacios para la reflexión acerca de la importancia del conocimiento para la humanidad porque cuentan,

en su mayoría, con la estructura necesaria, aunque tal vez no suficiente, para contribuir a la formación en ciencia de la ciudadanía y cuentan con departamentos de investigación, vinculación y difusión, donde convergen expertos de diferentes campos del conocimiento y donde se forman los futuros profesionistas.

La ciencia y la contingencia por la pandemia de COVID-19

El escenario expuesto por la enfermedad COVID-19 que produce el virus SARS-CoV-2 (Cascella *et al.*, 2021, 2022), permitió resaltar la importancia del desarrollo del pensamiento crítico en la sociedad para la toma de decisiones conscientes, evitar la desinformación y valorar la importancia de las vocaciones científicas. Fue notable el despliegue de conocimiento y tecnología implícitos en el combate a la pandemia, desde la detección de la enfermedad, la identificación de la forma de transmisión y de los modos de contención, hasta el desarrollo de vacunas experimentales, procesos en el que convergen distintas disciplinas. La ciencia también se hizo presente en la aplicación de las vacunas, atención a enfermos, distribución de mecanismos de transporte de las vacunas y medicamentos auxiliares para el tratamiento de la enfermedad. Se pudo observar el trabajo eficiente y desgastante de profesionales de distintas áreas, luchando todos contra la enfermedad. Es en escenarios como éste, donde la toma de decisiones individuales puede afectar notablemente a la sociedad en su conjunto, resaltando la necesidad de tener una población con un mínimo de conocimiento científico, que permita que las decisiones tomadas sean conscientes y bien informadas. En cuanto a las vacunas, en México las razones de las personas que no deseaban ser vacunadas iban desde miedo o desconfianza a la vacunación, rechazo a los efectos secundarios, el no creer en la existencia del COVID-19, hasta alergias (Statista Research Department, 2023). Esta situación también se dio en los países considerados como desarrollados; según el diario *El País*, Francia fue uno de los países con más movimientos antivacunas (Ayuso *et al.*, 2021).

Entre los mitos más comunes acerca del COVID-19, estaba el daño que podrían causar los termómetros digitales (Poncela, 2020, Espejel y Vargas, 2020). Durante esta pandemia, una de las medidas de protección fue la toma de la temperatura corporal al ingresar a lugares donde hubiera concentración de personas, tales como supermercados, lugares de culto religioso o escuelas. Frecuentemente se observaba cómo algunas personas se resistían a esta práctica por creer que los termómetros digitales podrían ocasionarles algún daño (Graillet Carbajal, 2021). Otro mito, era que el virus podría propagarse a través de las redes de telefonía 5G. Se sabe que el virus no se desplaza a mediante las ondas electromagnéticas ni redes de telefonía móvil, de hecho, el COVID-19 se propagó en países donde no existía una red 5G (OMS, 2022.).

La falta de capacidad para lograr diferenciar entre información fidedigna o falsa, o la escasa comprensión de la magnitud del problema, llevó a muchas personas a tomar decisiones que no apoyaban el bien común.

Para Lopes y McKay (2020), había dos formas de contener la propagación de la pandemia: mediante el uso de medidas restrictivas que impidieran al flujo de ciudadanos o inducirlos a adoptar comportamientos y actitudes adecuadas en esta situación particular. Para la segunda opción, era necesario que las personas tuvieran un nivel educativo previo, suficiente para comprender el riesgo y beneficiarse de la información difundida en cuestiones de salud.



A manera de conclusión

Si bien la educación científica por sí sola no es suficiente para que la humanidad pueda enfrentar con éxito los grandes retos a los que actualmente se enfrenta, como son el calentamiento global, el agotamiento de los recursos naturales, la extinción de especies, y pandemias, queda de manifiesto la necesidad de una educación científica para lograr individuos más críticos, responsables y comprometidos con el mundo y sus problemas, ya que las soluciones que se propongan deberán contemplar la participación de la población en su conjunto. Esta participación será de mayor utilidad en la medida en que la gente colabore de manera consciente, informada y con capacidad de análisis crítico, pues si las decisiones individuales tienen consecuencias en la población, entonces es deseable que ésta en su conjunto, este bien informada. Por otra parte, una sociedad donde la ciencia se encuentra presente en cada uno de los aspectos, necesita formar científicos.

La educación en ciencia desde el nivel básico hasta los estudios universitarios, es de gran importancia, ya que al ser de carácter obligatorio, resultan ser los más incluyentes, además son las bases para una educación científica temprana, dado que los niños nacen con una curiosidad natural por el mundo que les rodea, y constantemente se preguntan el porqué de las cosas y tienen creatividad infinita.

Por mucho tiempo la enseñanza de la ciencia en los niveles de educación media y básica tenían un carácter propedéutico, preparando a los estudiantes para estudios posteriores. Sin embargo, se debe hacer hincapié en la formación en ciencias para vivir en un mundo por completo relacionado con ella y donde la toma de decisiones individuales puede afectar el desarrollo de la sociedad en su conjunto, como se pudo observar en el caso de la pandemia del 2019. Por otra parte, con educación científica temprana se podría aumentar el número de jóvenes y niños interesados en el estudio de la ciencia; el mundo se enfrenta a grandes retos y es necesario formar a los científicos que harán frente a estos desafíos.

Dando por hecho que la enseñanza de la ciencia es importante, habrá que redoblar esfuerzos en cuanto a los métodos de enseñanza que involucren a los estudiantes, contextualizando los problemas a resolver, de manera que despertemos el interés por aprender ciencia, no solo de algunos, sino de la gran mayoría de ellos.



Referencias

- Acevedo-Díaz, J. A. (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1(1), 3-16. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92010102>
- Alcalá, M. (2017). La Galaxia internet: Reflexiones sobre internet, empresa y sociedad, de Manuel Castells. *Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales*, 231 (62). http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-19182017000300407
- Alcubierre, M. (2005). Soy físico, ¿Cómo ves? *Revista de Divulgación de las Ciencias* (78) <https://www.comoves.unam.mx/numeros/articulo/78/soy-fisico?fbclid=IwAR2bRYf8mCuRFNO7fzOH9cwJXxFS2TbRI-OPq5dq5n31stYgd-IrTzD5ps>
- Ayuso, S., De Miguel, R., Pacho, L., Ferre, I. (2021). Reino Unido ha inmunizado ya a un millón de personas, mientras en Francia hasta el 1 de enero solo se había llegado a 516 personas. *El País*. 2021, 4 enero. <https://elpais.com/sociedad/2021-01-04/la-vacunacion-avanza-a-distintas-velocidades-en-europa.html>
- Ballesteros-Ballesteros, V., Gallego-Torres, A. P. (2022). De la alfabetización científica a la comprensión pública de la ciencia. *Trilogía Ciencia Tecnología Sociedad*, V. 14, N. 26, <https://doi.org/10.22430/21457778.1855>
- Blanco López, A., España Ramos, E., Franco-Mariscal, A. (2017). Estrategias didácticas para el desarrollo del pensamiento crítico en el aula de ciencias. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 1(1), 107-115. <https://doi.org/10.17979/arec.2017.1.1.2004>
- Bonfil, M. (2005). ¿Para qué sirve la ciencia? *Revista de Divulgación de las Ciencias* (76) <https://www.comoves.unam.mx/numeros/ojodemosca/76>
- Calva Calva Graciano, Pérez Vargas Josefina (2016). Cómo diseñar un experimento para generar conocimiento. *Tecnocultura* 15(40): 6-13. Mayo-Agosto 2016, ISSN: 1870-7157. <http://difusion.tese.edu.mx/tese2010/loader.aspx?n=NFKNRAQG>
- Cascella, M., Rajnik, M., Aleem, A., Dulebohn, S. C., Di Napoli, R. (2022). Features, evaluation, and treatment of coronavirus (COVID-19). *Statpearls [internet]*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK554776/>
- Cascella M, Rajnik M, Cuomo A, Dulebohn, S. C., & Di Napoli, R. (2021). *Features, Evaluation, and Treatment of Coronavirus (COVID-19)*. [Updated 2021 Mar 1]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2021 Jan-. <https://apps.dtic.mil/sti/citations/AD1127230>
- DOF *Diario Oficial de la Federación* (08/05/2023). DECRETO por el que se expide la Ley General en Materia de Humanidades, Ciencias, Tecnologías e Innovación, y se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Ley Federal de las Entidades Paraestatales y de la Ley de Planeación. DOF - Diario Oficial de la Federación (Accessed 09/05/2023).
- Espejel Martínez, R., Vargas Morales, N. (2020). Impacto mediático digital de las fake news en México. *Actas de Periodismo y Comunicación Social*, 6. <http://perio.unlp.edu.ar/ojs/index.php/actas>
- Fernández, E. (2017). Una mirada a los desafíos de la educación superior en México. *Innovación Educativa*, 74 (17). http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-26732017000200183
- Chadwick, G. (2022). Reflexiones sobre la enseñanza de la Física. *Sinergia Académica*, 5(3), 25-36. <https://sinergiaacademica.com/index.php/sa/article/download/87/642>
- Graillet Carbajal, H. A. (2021). Dispositivos médicos domésticos con tecnología IOT y su importancia en la era COVID-19. Trabajo Monográfico para obtener el título de Ingeniero en Redes. División de Ciencias e Ingeniería, Universidad de Quintana Roo, México. <http://192.100.164.85/bitstream/handle/20.500.12249/2747/TK5105.5.2021-2747.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gutiérrez, J. (2019). *Reflexiones desde la academia: universidad, ciencia y sociedad*. Editorial Arlekin, Costa Rica. <https://www.kerwa.ucr.ac.cr/handle/10669/76451>
- Loaiza Z., Yasaldez E., & Osorio, L. (2018). El desarrollo de pensamiento crítico en ciencias naturales con estudiantes de básica secundaria en una Institución Educativa de Pereira - Risaralda. *Diálogos sobre Educación. Temas Actuales en Investigación Educativa*, 9(16). http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-21712018000100009
- Lopes, H. y McKay V. (2020). Adult learning and education as a tool to contain pandemics: The COVID-19 experience. *International Review of Education*, 66, 575-602. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11159-020-09843-0>
- Lorenzo, M. (2017). Enseñar y aprender ciencias. Nuevos escenarios para la interacción entre docentes y estudiantes. *Educación y Educadores*, 20(2), 249-263.

<https://www.researchgate.net/publication/316871257>

Martin, M. (2002). Enseñar ciencias ¿Para qué? *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2 (1), 57-63. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1253627>

Martin, M. y Osorio, M. (2003). Educar para participar en la ciencia y tecnología: un proyecto para la difusión de la cultura científica. *Revista Iberoamericana de Educación*, (32), 165-210. <https://redined.educacion.gob.es/xmlui/handle/11162/21466>

OMS (2022). Consejos para la población acerca de los rumores sobre el nuevo coronavirus (2019-nCoV). <https://www.who.int/es/emergencias/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public/myth-busters>

Palacios-Ramírez, M. N., Barroso-Tanoira, F. G., Yam-Gamboa, J. O., & Ceballos-Herrera, F. A. (2020). Competencias de comunicación y trabajo en equipo mediante Aprendizaje Basado en Proyectos en física moderna. *Educación y Ciencia*. 9(53), 91-104. <http://www.educacionyciencia.org/index.php/educacionyciencia/issue/download/60/N%C3%BAmero%20completo#page=91>.

Papp, D. (1996). *La historia de la Ciencias, desde la antigüedad hasta nuestros días*. Editorial Andrés Bello, Santiago de Chile. <https://books.google.com.mx/books?id=58J2lzRpVj0C&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

PISA (2020). Resultados 2018, Vol. VI. https://www.oecd-ilibrary.org/education/pisa_19963777

Poncela, A. M. F. (2020). Infodemia: rumores, fake news, mitos. *Sintaxis*, 35-55. <https://doi.org/10.36105/stx.2020edespCOVID-19.02>

Rocha, M., Massarani, L. & Pedersoli, C. (2017). La divulgación de la ciencia en América Latina: términos, definiciones y campo académico. *Aproximaciones a la investigación en divulgación de la ciencia en América Latina a partir de sus artículos académicos*, editorial Fiocruz-COC, 39-58. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/120620>

Romero-Ariza M. (2017). El aprendizaje por indagación, ¿existen suficientes evidencias sobre sus beneficios en la enseñanza de las ciencias? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 14 (2), 286-299. <http://hdl.handle.net/10498/19218>

Solbes, J. y Torres, N. (2012). Análisis de las competencias de pensamiento crítico desde el abordaje de las cuestiones socio científicas: un estudio en el ámbito universitario. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*,

26, 247-269. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4130608>

Statista Research Department. (2023). México: razones expresadas para no aplicarse la vacuna contra COVID-19 2021. *Statista*, 2023, 20 febrero. <https://es.statista.com/estadisticas/1208350/razones-no-vacunarse-contracovid-19-mexico>

Tamayo, O. E., Zona, R., & Loaiza, Y. E. (2015). El pensamiento crítico en la educación. Algunas categorías centrales en su estudio. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 11(2), 111-133. [http://vip.ucaldas.edu.co/latinoamericana/downloads/Latinoamericana11\(2\)_6.pdf](http://vip.ucaldas.edu.co/latinoamericana/downloads/Latinoamericana11(2)_6.pdf)

UNESCO (2020). Desinformación: Un arma silenciosa en tiempos de pandemia. <https://es.unesco.org/news/desinformacion-arma-silenciosa-tiempos-pandemia>

Ziman, J. (2003). Ciencia y sociedad civil, *Isegoría* (28), 5-17. <https://isegoria.revistas.csic.es/index.php/isegoria/article/view/503/503>