Alfabetización en ciencia y pensamiento crítico en el aula

Fabio Morandín-Ahuerma
Laura Villanueva-Méndez
Abelardo Romero-Fernández

Descripción:

Los autores consideran que la denominada “alfabetización en ciencia” debe estar dirigida a la construcción del pensamiento racional, crítico y creativo en los alumnos; también en el desarrollo de aquellas habilidades docentes necesarias para tener una visión proactiva hacia la ciencia; proponen desarrollar investigación, experimentación y divulgación para que el profesor sea un modelo de información confiable que inspire a que los alumnos a que inicien sus propios proyectos experimentales. Educación integral, afirman, es el cultivo del pensamiento crítico, racional y objetivo como cosmovisión del mundo.

Morandín-Ahuerma, F., Villanueva-Méndez, L., y Romero -Fernández, A. (2022). Alfabetización en ciencia y pensamiento crítico en el aula. En F. Morandín-Ahuerma, L. Villanueva-Méndez, & A. Romero-Fernández (Eds.), *Investigaciones Regionales desde Puebla Nororiental* (pp. 281-300). BUAP.

INVESTIGACIONES REGIONALES DESDE PUEBLA NORORIENTAL

Coordinadores:
Fabio Morandín-Ahuerma
Laura Villanueva-Méndez
Abelardo Romero-Fernández

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA · 1578 ·

Primera edición: 2022
ISBN: 978-607-525-812-6

DR © Benemérita Universidad Autónoma de Puebla4 Sur

104, Col. Centro Histórico, Puebla, Pue. CP 72000
Teléfono: 222 229 55 00
www.buap.mx
DR© Dirección General de Publicaciones
2 Norte 1404, Centro Histórico, Puebla, Pue. CP 72000
Tels.: 01 (222) 246 85 59 y 01 (222) 229 55 00, exts. 5768
www.dgp.buap.mx | dgp@correo.buap.mx
publicaciones.buap.mx

Diseño de portada: *Booking Dribbble*.

Impreso y hecho en México.
Printed and made in Mexico.

Alfabetización en Ciencia y Pensamiento Crítico en el Aula

Fabio Morandín Ahuerma
Laura Villanueva Méndez
Abelardo Romero Fernández

Introducción

Cuando se habla de "formación integral" rara vez se piensa en la ciencia, por el contrario, existen programas educativos —no laicos o abiertamente religiosos— que denominan *formación integral*, *ética* o *valores* a la catequesis en sus aulas. Sin embargo, lo que se pretende argumentar aquí es la necesidad de fomentar las vocaciones científicas desde temprana edad a través de la divulgación y la alfabetización en ciencia, el pensamiento crítico, analítico y la didáctica metodológica de la investigación. De alguna forma, retomar aquella fórmula que es: saber conocer, saber hacer y saber ser.

La alfabetización se cree exclusiva de los niños a quienes se les debe instruir en sus primeras letras, pero la introducción a la ciencia como forma de pensamiento analítico y crítico, perseverante en la búsqueda de una verdad —al menos correspondentista— (Tarski, 1944) debe ser abordada no solo pedagógicamente, sino desde una perspectiva andragógica (Knowles, 1978) esto es, desde la educación para los adultos.

¿Qué sucede con las clases de metodología de la investigación? Al igual que el aprendizaje de una segunda lengua, especialmente del inglés, fallan las estrategias didácticas al comenzar por la gramática, la lectoescritura y solo después, algo tan simple como el escuchar. Por el contrario, al estar no solo los niños, sino los adultos familiarizados con el sonido de un nuevo idioma, debe venir la imitación, aun cuando no se entienda estrictamente el significado, la articulación de las palabras, su relación con las cosas, la descripción de las emociones, posteriormente la lectura básica y por último, la escritura. Cuando se domina el habla, entonces tratar de enseñarle al educando a leer y a escribir, no antes (Rao, 2019).

Lo mismo sucede con la metodología de la investigación, se comienza por introducir términos, tan vacíos para el oído neófito como "variable dependiente", "variable independiente" o "variable discreta", sin usar métodos mejores que pudieran abrir el horizonte de comprensión hacia mundos inimaginados, incluso fantásticos que la tecnología está haciendo realidad; la ciencia puede ser el *leitmotiv* que despierte en los niños y en los jóvenes, y por qué no, en los adultos, el amor por la sabiduría, ἐπιστήμη [*epistēmē*] como lo llamaban los griegos, que se traduzca en nuevas vocaciones científicas para el desarrollo de tecnologías al servicio del hombre.

Si bien la alfabetización a un nivel elemental se refiere al desarrollo de capacidades, especialmente en los niños, para leer, tratar de comprender e interpretar textos sencillos —por ejemplo, cuentos infantiles que lo introduzcan en el mundo de las letras y estimulen su imaginación— también se refiere, en un sentido más amplio, a la capacidad de comprensión del valor de los números de manera teórica y aplicada para la realización de sus primeros cálculos aritméticos. Los números son, de alguna manera, la representación abstracta del mundo que lo rodea. Hasta el día de hoy es válida la propuesta pitagórica de que el fundamento de todas las cosas, lo que los griegos llamaron ἀρχή [*arjé*], es el número (Heath, 1931).

Existe otro tipo de formación que se refiere a la *alfabetización funcional* del ser humano en relación con su entorno, a su universo de comprensión como mirada cosmológica de inquirir a la naturaleza para entender sus fenómenos, desposeerla de magia y entender los procesos físicos y alcance de la tecnología, para influir en ella. El conocimiento de la naturaleza, la Φύσις [*physis*] es la puerta para la comprensión del lugar del hombre en el cosmos, no como el centro del universo —figura antropocéntrica (Shermer, 2017)— sino como parte de un todo que se debe conocer para saber apreciar, integrarse, incluso defenderlo para que sea sustentable. Para que el ser humano ame la naturaleza, debe, antes que conquistarla, conocerla (Morandín-Ahuerma, 2017; Morandín y Contreras, 2021).

Los libros de texto en las primarias mexicanas, los de la asignatura de Ciencias Naturales por ejemplo, abordan problemáticas informativas y formativas para la niñez. Están estructurados de modo tal que responden a ciertas preguntas específicas del mundo: "¿Cómo mantener la salud? ¿Cómo son

los seres vivos? ¿Cómo son los materiales y sus interrelaciones? ¿Qué efectos produce la interacción de las cosas? ¿Cómo conocemos?" (Cervera et al., 2021). Son preguntas, sin duda provocadoras, que se responden con el conocimiento básico del cuerpo humano, la importancia de la dieta y una vida saludable; la interacción con el medio ambiente; los conocimientos básicos de la física y la química, incluso del cosmos. Y con un apartado atinente, al final de cada libro, denominado "caminos para la convivencia y la reflexión" (Cervera et al., 2021) en donde se hace una autoevaluación de los conocimientos adquiridos.

Sin embargo, aún queda un pasivo para la formación científica de los estudiantes porque aún se siguen privilegiando los contenidos por encima de estimular un pensamiento crítico, inquisitivo y experimental. Por fortuna han quedado atrás aquellos años en los que se hacía memorizar en el aula, por repetición a coro, muchos datos innecesariamente. ¿Cuál es entonces el *plus* que debe darse a la educación en el aula? La respuesta está en el método, en la forma en que se enseña a ver, a descubrir, y a experimentar e interpretar al mundo.

Los niños, por ejemplo, repiten teóricamente los pasos del método científico: observación - planteamiento del problema - obtención de datos – hipótesis - experimentación – análisis de los resultados – generalización – teoría; si el análisis arroja que los resultados fallan, refutación y nueva hipótesis… pero todo lo anterior, sin relación alguna con su quehacer vivencial.

Aun cuando se realizan contados experimentos, tanto el resultado del experimento como la ruta que habrán de seguir al realizarlo, está previamente establecida por el libro de texto, no teniendo margen para el descubrimiento por sí mismos, ni para que el factor sorpresa esté presente.

Lo más importante es que los educandos puedan, por un lado, tener la oportunidad de experimentar con lo que *se muestra* en la naturaleza, por el otro, despertar en ellos la curiosidad para que sean capaces de inventar sus propios experimentos. Más que buscar resultados satisfactorios a dichos ensayos, se debe privilegiar el proceso mismo, la confianza de proponer, experimentar, observar y sacar sus propias conclusiones. La πρᾶξις [*praxis*] como formación práctica, queda por encima de la θεωρα [*theōría*], de los planteamientos especulativos. La palabra *especular* viene del latín *specularis* y significa poner un espejo frente a otro (DeChile, 2022).

Por eso, con palabras que los niños puedan entender, se les puede instruir cómo sistematizar una serie de fenómenos detrás de los cuales exista cierta uniformidad que podría abonar a que el niño confíe en sus inducciones; posteriormente y de manera guiada, dejarlo construir sus propias hipótesis, esto es, sus propias explicaciones de los ciclos relativamente evidentes y la causación probable detrás de la naturaleza. Debe experimentar aun cuando el resultado no le sea satisfactorio.

Esto podría despertar la inquietud de hacer nuevamente sus propios experimentos; probar, fracasar, y volver a intentarlo, hasta que encuentre la *fórmula* que se *esconde* detrás de la naturaleza. Despertar la inquietud por manipular algunas de las variables y contrastarlas para llegar a sus propias conclusiones.

Las predicciones se confirman o se desmienten a través de la organización de experimentos. La verdad objetiva es αλήθεια [*alētheia*], qué significa *des-cubrir* aquello que está cubierto… el *hecho en sí*, aunque Kant negara la posibilidad de acceder al *noúmeno* (Kant, 1770/2021) se presenta con toda su fuerza y, al

mismo tiempo, *belleza*. La verdad es idéntica a la verdad de manera tajante (Gaskin, 2021).

La explicación científica de los fenómenos requiere por tanto conocer los abordajes y los resultados previos; se necesita aprender a utilizar e incluso construir modelos explicativos y de representación que obliguen a deducir resultados a partir de hipótesis demostradas.

Al confirmarse los pronósticos de los resultados se está en condiciones de formular nuevas hipótesis que, a su vez, deben también ser demostradas. De ser así, se estará cultivando realmente un modelo científico de pensamiento que tiene la diferencia entre δόξα [*doxa*] opinión y ἐπιστήμη [*episteme*] que significa conocimiento con pretensión de *lo verdadero*, esto es, la ciencia (Hitzer, 2014).

Alfabetización en ciencia también significa aprender a descubrir las falacias formales y no formales que se esconden detrás de muchos discursos no científicos, de esta manera, el rigor argumentativo puede garantizarse a través de un esquema de pensamiento que, como ya Descartes advertía en su *Discurso del Método* (1637/2019), no se prejuzgara nada como verdadero si no era evidente.

Calidad de las fuentes

En este sentido se debe tener precaución y consistencia en la enseñanza del manejo de las fuentes. Muchos estudiantes [y maestros] en el nivel de licenciatura incluso, no tienen la noción de la calidad de sus fuentes de información, especialmente científica. Existen estudios que demuestran que uno de los criterios más socorridos para escoger la información es la

relevancia donde aparece el término en la búsqueda booleana, esto es, la entrada que aparece más arriba en el buscador de Google o de Bing.

Peor aún, estos corporativos macro-informáticos han sustituido esos vínculos más visitados por publicidad, así que al momento de la búsqueda lo que el usuario encuentra, como la opción más cercana, es ¡publicidad! Más abajo los sitios más visitados, pero el criterio de calidad de la información se encuentra ausente.

Otra fuente dudosa, incluso *peligrosa* para los estudiantes, son blogueros, youtubers e influencers, quienes pueden estar diseminando información no sólo errónea, sino incluso abiertamente mentirosa, *fake news*; y sus seguidores, convencidos de su *veracidad*, estar cometiendo la llamada falacia *ad verecundiam*, que consiste en suponer la verdad de una conclusión porque proviene de una persona que se considera autoridad y que, por su popularidad o simpatía, se *da por hecho* lo que dice. Por ejemplo, el movimiento antivacunas ante la pandemia por COVID-19 ha sido un ejemplo de ello (Castillo, 2021).

Por el contrario, una parte fundamental de la alfabetización en ciencia para fomentar vocaciones científicas comienza por el manejo responsable de las fuentes de información, esto significa enseñar tanto a los alumnos como a los maestros que la calidad de los resultados comienza por la calidad de las fuentes.

La distinción entre calidad de fuentes y el uso correcto de éstas es una parte fundamental para construir discursos con calidad y rigor académico; la ciencia depende en gran medida de la fundamentación, de dónde parten sus generalizaciones. Las universidades gastan año con año millones de pesos o su moneda equivalente para mantener el acceso de sus usuarios a las grandes

bases de datos mundiales como Scopus, la Web of Science, Springer, Jstor, EBSCO, BioOne, Emerald, Sage, Taylor & Francis, etcétera, y a revistas de tanto prestigio, como *Nature* y *Science*. Sin embargo, existe la amenaza real de que las suscripciones a estas bases de datos no sean contratadas nuevamente porque están siendo subutilizadas por los alumnos y los docentes universitarios.

Sin embargo, para impartir una cátedra de calidad, desde el nivel básico hasta el posgrado, los criterios para distinguir las fuentes confiables, de aquellas que producen información *chatarra*, se necesita para que no se diseminen conocimientos no científicos que pueden dañar de raíz el marco metodológico, epistemológico y conceptual de los alumnos.

Creencia verdadera justificada

La definición de conocimiento clásica es "creencia verdadera y justificada" (Ichikawa y Steup, 2018). La veracidad de las creencias debe estar por encima de su *verosimilitud*, y eso se logra con justificaciones fundamentadas en fuentes de información confiables o en la experimentación hecha por los propios involucrados. El proceso de aprendizaje significativo es aquel que permite a los educandos construir su propia narrativa basado en su experiencia, en su entorno; por lo que cada conocimiento adquiere significado y, por tanto, se hace retentivo a través de las relaciones entre teoría y práctica (Valles, 2021). La apropiación del conocimiento es teoría-entorno-práctica y replicabilidad.

La educación debe convertirse en el modelo pedagógico de la ciencia (Carbonnel et al., 2020). Educación debe significar ir más allá de los contenidos, de la repetición y de la memorización para

acceder a modelos sistematizados de experimentación y generar un pensamiento auténticamente crítico y creativo (Campirán, 2017).

El pensamiento científico se distingue del pensamiento no científico en características específicas, como pueden ser: un discurso racional, frente a un discurso no racional. El pensamiento lógico, viene de su propia etimología que significa "cálculo" (DeChile, 2021), un acto de ponderar basado en las evidencias y los argumentos a favor o en contra de una teoría.

Por eso, el pensamiento científico es universal y sostiene máximas que no requieren de la *creencia* de los demás para demostrar su verdad, por el contrario, el pensamiento no científico requiere la creencia de las personas de que sus conclusiones son verdaderas, pero no por la evidencia, sino por la *fe*.

El pensamiento científico, por tanto, es una forma de razonamiento que se basa en el *objeto*, en el mundo que rodea al sujeto, y que, al mismo tiempo, lo *supera*. En cambio, el pensamiento no científico es subjetivo, esto es, que la fuerza de la argumentación, y de su verdad, descansa en el sujeto y, por tanto, "el hombre es la medida de todas las cosas", tal como Protágoras (Diógenes, clásico/2016) había advertido desde el siglo V antes de nuestra era. Toda concepción de la verdad que descanse en el sujeto se denomina subjetivismo, y hay que decirlo, es la antesala al relativismo e incluso al nihilismo epistémico: "no existen los hechos, tan solo la interpretación" (Nietzsche, 1886/2015).

Esto puede llevarnos a un problema dilemático, incluso aparentemente contradictorio: por un lado, se defiende la necesidad de educar en ciencia a los niños desde sus primeros años, a través de despertar su interés por *conocimientos*

significativos, relacionando la experimentación y la construcción de sus hipótesis; por otro lado, se sostiene la necesidad de considerar a la verdad como objetiva para la alfabetización científica. Si bien se debe enseñar que las verdades de la ciencia están *dadas* en el mundo, más allá del sujeto, la *correlación* entre las oraciones y aquello que describen pueden ser un buen criterio de lo que es *verdadero* y lo que no lo es.

Una teoría correspondentista de la verdad (Tarski, 1944) puede ser suficiente para validar y defender la necesidad de construir una narrativa racional, empíricamente realizable y, sobre todo, que sea posible sistematizar. El valor de los experimentos, y de todo el conocimiento científico, radica precisamente en su capacidad de replicabilidad, en que podemos demostrarlo o buscar su falsedad como aspiraba el falsacionismo (Popper, 1962/2002) sin importar las creencias, el lugar, el tiempo o cualquiera otro elemento circunstancial o situado.

El hecho de que el sujeto *descubra* la verdad de la cual se apropie, no significa que la verdad abandone el objeto, así que no hay dilema y mucho menos contradicción.

De la acumulación de hechos experimentales surgen las hipótesis que pueden ser siempre contrastadas con la realidad. Las hipótesis son, de alguna manera, predicciones de los comportamientos futuros de un fenómeno que pueden ser verificados a través de la experimentación, que en algunas ocasiones es fácil realizar y que, en otras, no lo es tanto. Si esa hipótesis es confirmada, una, otra y otra vez, entonces puede construirse una teoría, que a su vez da paso a nuevas hipótesis, las cuales nuevamente deben ser confirmadas, para construir nuevas teorías (Popper, 1963).

No tiene por qué tenerse miedo a la sustitución de una hipótesis por otra, incluso de una teoría por otra cuando, gracias a la experimentación y a la contrastación, se encuentra una mejor evidencia a favor de una nueva teoría (Gaeta, 2020).

Todos los datos provenientes de la ciencia tienen un fundamento experimental que, en algún momento, ha sido puesto a prueba y que tras el éxito de la inferencia, se dan como válidos y se convierten en conocimiento (Ichikawa y Steup, 2018); sin embargo, este proceso pocas veces es visualizado por los estudiantes —ni por algunos maestros— por lo que rara vez se recurre a las fuentes originales de la información, y no se tiene la oportunidad de familiarizarse con la idea de que, en ciencia, hay un proceso que pudo ser diferente en cada caso.

Inducir no necesariamente debe llevar a los supuestos problemas de la inducción, como el de la *circularidad* que acusaba Hume (Howson, 2000). No se debe diezmar la confianza de los alumnos en que, de la repetición de un fenómeno se puedan sacar generalizaciones; la estadística es una prueba de la utilidad inductiva, aun sabiendo que la inducción es probabilística y falible, pero al menos, sigue siendo confiable. Según Hume, en la inducción se parte de un supuesto al que se vuelve a llegar y, por tanto, hay circularidad (Morandín-Ahuerma, 1996).

La característica definitoria del razonamiento científico —y de todo el discurso de la ciencia— es precisamente su desarrollo dialéctico, su movimiento siempre inacabado en busca de mejores teorías, de mejores explicaciones del porqué de los fenómenos (García y Sureda, 2001; Cronenberg, 2020).

El problema de la didáctica de la ciencia, desde la escuela primaria hasta la universidad, ha radicado en que, por lo general, se conforma con la parte descriptiva de la naturaleza, esto es,

responde solo al cómo; en algunos casos privilegiados puede llegar a lo experimental, pero muy pocas veces accede al *por qué* de las cosas. La actitud del niño en su primera infancia es auténticamente científica, casi se podría decir *innata* cuando se cuestiona sobre todo lo que lo rodea, porque lo maravilla, así que constantemente pregunta a sus mayores el *porqué* de las cosas… éstos, tal vez analfabetas en ciencia, en lugar de ilustrarse lo reprimen: "¡No me molestes con esas preguntas!" o "¡Qué sé yo! así lo quiso Dios". De ahí la necesidad de la alfabetización en ciencia en todas las edades.

Estudio de caso y transversalidad. Dos técnicas eficaces en la alfabetización científica, y que de hecho se utilizan en muchas aulas, es el estudio de caso para que los estudiantes hagan sus propias indagaciones, busquen en diferentes fuentes dinámicas como las noticias, e incluso experimenten con posibles soluciones y propongan teorías alternativas (Simon, 2011). Aun cuando no hicieran propuestas, el estudio de caso permite adquirir conocimiento contextualizado que puede ser significativo si se cruzan adecuadamente las fuentes.

Y de ahí la transversalidad como segunda técnica eficaz de enseñanza. Al interior de las Academias (en México, grupo colegiado de profesores) se debe discutir aquellos temas que pueden ser abordados desde distintas perspectivas teóricas, teniendo como hilo conductor, tal vez, un estudio de caso o cualquier otro contenido que permita el análisis y abordaje multidisciplinario.

Más allá de la adquisición de conocimientos, alfabetización en ciencia para la generación de vocaciones científicas significa despertar en los educandos, primero, la *sed por el saber*; segundo,

y tal vez sea lo más importante, la incorporación de un sistema de pensamiento básicamente racional, inquisitivo y creativo. El componente metodológico de la ciencia, como esquema permanente de abordaje de problemas y su solución debe quedar por encima de los propios contenidos.

Si el educando tiene las fuentes de primera mano, también tiene la oportunidad de compararlas entre sí, incluso de buscar fuentes alternativas o que no coincidan con lo que el primer autor sostiene.

Los artículos científicos tienen un idioma especializado, técnico que exige del docente mucho trabajo extra sí, primero para entenderlo y después para interpretarlo de manera que todos sus estudiantes puedan entenderlo; pero es sabido que cuando una materia se domina, se puede traducir a un lenguaje que hasta los niños más pequeños entiendan. Se requiere un trabajo hermenéutico, de interpretación adecuada de los contenidos.

¿Por qué en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, en su carrera de Medicina, su primer curso de Métodos de Investigación es un curso monográfico sobre el desarrollo del pensamiento de Occidente? La respuesta es que se está privilegiando la parte *formativa intelectual*. Un curso que navega desde el pensamiento mágico, pasando por la Grecia Clásica, por la Edad Media, la Ilustración, la Modernidad y la Contemporaneidad permite a los alumnos comprender el valor del pensamiento racional, pero sobre todo ir de la mano de los grandes pensadores, analizando sus argumentos y creando el criterio en el educando para sacar sus propias conclusiones. De esta manera no hay conflicto entre θεωρία [*theōría*] y πρᾶξις [*praxis*].

Se necesita, por tanto, desarrollar diversas competencias y habilidades específicas en alfabetización en ciencia desde la primaria hasta la universidad, tanto por parte de los maestros como de los alumnos, pues como suele decirse, no se puede dar lo que no se posee, y por eso es que aquí se apela a un cambio en la relación conocimiento-escuela-docencia y lo que Ortega llamó *raciovitalismo*, la razón al servicio de la vida (Ortega, 1929/2010).

Tampoco se puede culpar a los profesores de que la práctica docente esté por encima del trabajo de investigación. Ello por la cantidad de horas clases que deben impartirse, ya sea de manera presencial o a distancia, siendo el trabajo de investigación un privilegio reservado para muy pocos, quienes abren espacio, como pueden y a veces a costa de su sueño, para dedicarse a la investigación. Las contrataciones de profesores claramente incluyen el término "investigador", pero eso no significa que los docentes, al menos en México, estén obligados a publicar cierto número de artículos cada año, excepto aquellos que pertenecen a Cuerpos Académicos reconocidos ante la Secretaría de Educación Pública y los miembros del Sistema Nacional de Investigadores (SNI).

Enseñanza basada en problemas. Otro aspecto fundamental para la alfabetización en ciencia, y para poder mantener el interés en los estudiantes y de los docentes es la solución de problemas reales. La demostración de usos concretos en el mundo de cada aspecto teórico y abstracto enseñados en el aula.

Salir del aula significa aplicar los conocimientos obtenidos de manera teórica a los casos concretos. Visualizar el valor de la ciencia es contrastarlo con la realidad y darse cuenta que aquella pregunta muchas veces hecha por los alumnos sobre "¿Cuándo

voy a aplicar esto en mi vida?" tiene una respuesta afirmativa. Por ejemplo, las matemáticas solo toman sentido hasta que son llevadas a los problemas de la cotidianidad, cuando ayudan a resolver problemas técnicos y tecnológicos que, sin la ayuda del cálculo, difícilmente se podría avanzar en la construcción de infraestructura y herramientas para facilitar la vida del hombre.

Por supuesto que no todos los problemas son abordados desde una visión científica, y es por ello que se debe distinguir cuáles son susceptibles de adoptar una postura objetiva, un método determinado y cuáles no atienden a ese criterio.

En la película *Don't Look Up* de Adam McKay (2021) se ilustra cómo el criterio político e intereses económicos pueden llevar a la destrucción del planeta por falta de ética sí, especialmente de Janie Orlean [Meryl Streep] *Presidenta* de los Estados Unidos, pero también por la falta de rigor científico de Peter Isherwell [Mark Rylance], el millonario dueño del emporio Bash que pretende destruir un enorme asteroide con sus armas, sin hacer los cálculos de resistencia de los materiales, fuerza y volumen, pertinentes.

Conclusión

La alfabetización en ciencia debe estar dirigida a la construcción del pensamiento racional, crítico y creativo en los alumnos, pero también en el desarrollo de aquellas habilidades docentes necesarias para tener una visión *proactiva* hacia la ciencia; desarrollar investigación, experimentación y divulgación para que el profesor sea un modelo de información confiable, lo hace un *socializador* de la metodología de la investigación

necesaria y suficiente para que los alumnos inicien sus propios proyectos.

El interés en el aula no está dado de manera gratuita a menos que se logre construir aprendizajes significativos, útiles para la vida y para la gestión de un entorno natural y social que atienda las necesidades más urgentes de la población y de los educandos. La ciencia no es abstracta y su aplicación se observa todos los días en el uso de la tecnología.

La alfabetización en ciencia puede ser considerada desde dos perspectivas: la primera tiene que ver con los contenidos específicos, la solución de problemas matemáticos, la experimentación en y fuera del aula, así como el dominio de las fórmulas necesarias; por el otro lado, la *motivación* en la educación científica para que los alumnos busquen sus propias fuentes, aprendan por iniciativa e interés propio sabiendo que, no por desconocer una respuesta, no significa que no exista. Ya Hipócrates había dicho en el siglo V antes de nuestra era: "aún no conocemos las causas ni la cura de la epilepsia, pero esto no significa que en el futuro no se va a encontrar… pero de lo que sí estoy seguro, es que la epilepsia no se trata de una posesión demoniaca" (Hipócrates, clásico/2012). Formación integral, por tanto, significa alfabetización en ciencia con la vieja fórmula: saber conocer, saber aprender y, *saber ser*.

Bibliografía

Campirán, A. (2017). *Habilidades de pensamiento crítico y creativo*. UV. https://bit.ly/3GQtmJH

Carbonnel, A., Ruz, D., Osorio, A., y, Hernández, C. (2019). Modelo pedagógico de educación científica escolar. Innovación social en localidades rurales. *Perfiles educativos, 41*(166), 58-74. https://perfileseducativos.unam.mx/iisue_pe/index.php/perfiles/article/view/59032

Castillo, N. (2021). Coronavirus. Por qué hay gente que no quiere vacunarse. *Ciencia UNAM.* http://ciencia.unam.mx/leer/1159/coronavirus-por-que-hay-gente-que-no-quiere-vacunarse-

Cervera, N., Portilla, A., Solís, A., Huesca, G. y, Martínez, L. (2017). *Ciencias Naturales Cuarto grado 2021-2022*. SEP.

Cronenberg, S. (2020). Paradigm parley: A framework for the dialectic stance. *Journal of Mixed Methods Research, 14*(1), 26-46. https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/1558689818777925

DeChile. (2021). Etimología de Lógica. En *Enciclopedia de Etimología*. http://etimologias.dechile.net/?lo.gica

DeChile. (2021). Etimología de Especular. En *Enciclopedia de Etimología*. http://etimologias.dechile.net/?especular

Descartes, R. (1637/2021). *Discurso del método*. Técnos.

Diógenes Laercio. (clásico/2016). *Vidas, opiniones y sentencias de los filósofos más ilustres, IX, 50 - 56 Protágoras*. Lucina.

Gaeta, R. (2020). *Imre Lakatos: el falsacionismo sofisticado*. Eudeba.

García, J. y, Sureda, T. (2001). La Ciencia: un enfoque dialéctico-materialista de su devenir. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, *20*(4), 302-310. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03002001000400011&lng=es&nrm=iso

Gaskin, R. (2021). The Identity Theory of Truth. En E. N. Zalta (ed.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Invierno 2021). https://plato.stanford.edu/archives/win2021/entries/truth-identity

Heath, L. (1931). *A history of Greek mathematics*. Oxford University Press.

Hipócrates. (clásico/2012). *Tratados Hipocráticos*. Gredos.

Hitzler, R. (2014). Ist der Mensch ein Subjekt? Ist das Subjekt ein Mensch? Über Diskrepanzen zwischen Doxa und Episteme. En *Wer oder was handelt?* (pp. 121-141). Springer.

Howson, C. (2000). *El problema de Hume: inducción y justificación de la creencia*. Clarendon Press.

Ichikawa, J. y Steup, M. (2018). The Analysis of Knowledge. . En E. N. Zalta (ed.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. https://plato.stanford.edu/archives/sum2018/entries/knowledge-analysis

Kant, I. (1770/2021). Principios formales del mundo sensible y del inteligible [*De mundi sensibilis atque intelligibilis forma et principiis*]. CSIC.

Knowles, M. S. (1978). Andragogy: Adult Learning Theory in Perspective. *Community College Review, 5*(3), 9–20. https://doi.org/10.1177/009155217800500302

Morandín-Ahuerma, F. (2017). Una aproximación filosófica al concepto de naturaleza. *Agroproductividad, 10*(10), 116-120. https://bit.ly/3gOGCnm

Morandín-Ahuerma, F. (1996). *El problema de la inducción, justificación y circularidad* [Tesis de licenciatura]. Universidad Veracruzana.

Morandín, I. y Contreras, A. (2021). La sustentabilidad como atributo de los sistemas culturales. Ed. Carla Zamora, *Vivir, sobrevivir y resistir en el campo mexicano. Vol. III: Alternativas, resistencias y organización social*, 21-50. https://amerac.org/publicaciones-2021-1

Nietzsche, F. (1886/2015). *Más allá del bien y del mal.* Lea.

Ortega y Gasset. (1927/2010). *La rebelión de las masas*. Espasa Calpe.

Popper, K. (1962/2002). *Conjectures and Refutations. The Growth of Scientific Knowledge*. Routledge.

Protágoras - Gorgias, Fragmentos y Testimonios, Trad. de José Barrio Gutiérrez, Buenos Aires, Hyspamerica Ediciones, 1980.

Rao, P. S. (2019). The importance of speaking skills in English classrooms. *Alford Council of International English & Literature Journal, 2*(2), 6-18. https://bit.ly/33n9uQB

Robinson, J. (2011). Wittgenstein, sobre el lenguaje. *Estudios, 102*, 10, 9-32. https://bit.ly/3oRvRVW

Russell, B. (1927/2019). *Los problemas de la filosofía*. Labor.

Saint-Mont, U. (2020). Induction: A Logical Analysis. *Foundations of Science*, 1-33. https://doi.org/10.1007/s10699-020-09683-z

Shermer, M. (2017). Why Humans Prefer to Be the Center of the Universe. *Scientific American*, 2. https://www.scientificamerican.com/article/why-humans-prefer-to-be-the-center-of-the-universe/

Simons, H. (2011). *El estudio de caso: Teoría y práctica*. Morata.

Tarski, A. (1944). The Semantic Conception of Truth: And the Foundations of Semantics. *Philosophy and Phenomenological Research*, *4*, 341–376. https://doi.org/10.2307/2102968

Valles, C., Valles, M., Torres, L. y, Valle, D. (2021). Praxis educativa por docentes universitarios para un aprendizaje significativo. *Revista Panorama*, *15*(29), 1–15. https://journal.poligran.edu.co/index.php/panorama/article/view/2591