

Habilidades, actitudes y concepciones en la enseñanza de ciencias naturales

Skills, attitudes and conceptions in natural sciences teaching

Felipe Martínez Rizo*

Fecha de recepción: 26 de octubre de 201

Fecha de aceptación: 26 de abril de 2022

RESUMEN

Este texto parte de la idea de que aprender ciencias no se reduce a estudiar contenidos y debe hacer que los estudiantes manejen habilidades propias del trabajo científico, cultiven actitudes favorables a la ciencia, y tengan concepciones correctas sobre ella. Se reconoce, sin embargo, que la enseñanza que tiene lugar en las aulas suele ser deficiente no solo en cuanto a conocimiento de contenidos, sino aún más en cuanto a habilidades, actitudes y concepciones; por lo general los docentes intentan trabajar habilidades y actitudes de tipo general, y no las propias de las ciencias. Con base en la metodología del ensayo, la literatura disponible y la experiencia de trabajo en actividades de desarrollo profesional para docentes de educación básica en servicio, se identifican habilidades, actitudes y concepciones que sí son propias de las ciencias, y se hacen sugerencias para mostrar que, en un nivel adecuado a la edad de los alumnos es posible trabajarlas desde la educación básica.

Palabras clave:

Enseñanza de ciencias, habilidades, actitudes, concepciones epistémicas.

ABSTRACT

The text starts from the idea that learning science cannot be reduced to studying content but must make students manage the skills of scientific work, cultivate attitudes favorable to science, and have correct conceptions about it. However, it is known that teaching that takes place in classrooms is often deficient not only in terms of content knowledge, but even more in terms of skills, attitudes and conceptions. In general, teachers try to work on skills and attitudes of a general nature, and not those of science. Based on the essay methodology, the available literature and work experience in professional development activities for teachers of basic education in service, skills, attitudes, and conceptions that are typical of the sciences are identified, and suggestions are made to show that, at an appropriate level to the age of the students is possible to work them from the basic education.

Keywords:

Science teaching, skills, attitudes, epistemological knowledge.

* Universidad Autónoma de Aguascalientes.

Introducción

Hay consenso en que la asignatura de Ciencias Naturales (CN), presente en todo currículo de educación básica, no puede reducirse a buscar la adquisición de conocimientos científicos por parte de los alumnos, sino que debe hacer que éstos desarrollen habilidades y actitudes propias del campo de las ciencias, así como concepciones adecuadas sobre ellas.

El enfoque vigente sobre enseñanza de CN surgió al terminar la Segunda Guerra Mundial (Conant, 1947), se desarrolló en las décadas siguientes (AAAS, 1989 y 1993) y, en versiones más elaboradas, se mantiene en los marcos internacionales actuales. Esto puede apreciarse en los *Next Generation Science Standards (NGSS) del National Research Council*, según los cuales la enseñanza de CN debe incluir *ideas centrales, prácticas y conceptos transversales*. (NRC, 2012: 3); de manera similar, según el marco de las pruebas PISA la competencia científica comprende tres sub-competencias: explicar científicamente fenómenos, diseñar investigación, e interpretar datos y evidencias, y para dominarlas se requiere conocimiento de contenidos, de procedimientos, y epistémico; el marco incluye los contextos y las actitudes hacia la ciencia. (OCDE, 2016: 20-23)

En México, continuando la tendencia presente desde las reformas curriculares de 1973 y 1993, los planes y programas de la *Reforma Integral de la Educación Básica (RIEB)*, y los del *Nuevo Modelo Educativo (NME)*, incluyeron CN en el campo *Exploración y comprensión del mundo natural y social*. En preescolar y los dos primeros grados de primaria son parte de la asignatura *Conocimiento del medio*; de tercero de primaria a tercero de secundaria se les dedica una asignatura especial. En ambos casos el perfil de egreso o las competencias que se espera desarrollar incluyen conocimientos, habilidades y actitudes. (SEP, 2011 y 2018).

Aprender CN, pues, no es solo dominar contenidos; incluye manejar *procedimientos* propios del trabajo científico (habilidades); cultivar *disposiciones* favorables a las CN, que combinan lo cognitivo y lo afectivo (actitudes); y tener *conocimientos epistémicos* correctos sobre la ciencia y los científicos (concepciones).

La observación de aula muestra que, al enseñar CN, muchos docentes se esfuerzan porque sus alumnos, además de aprender contenidos, pongan en juego habilidades y traten de desarrollar actitudes, pero suelen trabajar únicamente algunas de tipo general, que se aplican en cualquier



área curricular, como resumir un texto, trabajar en equipo o respetar a los compañeros; no es usual que identifiquen habilidades y actitudes propias del ámbito de las ciencias, y menos que su enseñanza intente que los estudiantes las desarrollen. En consecuencia, la enseñanza de CN, a la que se da menos importancia que a la de lengua o matemáticas, suele tener deficiencias en cuanto a conocimientos de contenidos, y más en lo relativo habilidades y actitudes, y también a concepciones.

En un texto de metodología para posgrados (Martínez Rizo, 2020) se identifican habilidades, actitudes y concepciones propias de la investigación, que en estas páginas se retoman, proponiendo que se trabajen desde la educación básica, con la convicción de que, en una forma adecuada a la edad de los alumnos, es posible hacerlo, y que además es necesario si buscamos que los chicos adquieran la formación en ciencias que todo ciudadano necesita para participar en la sociedad del conocimiento.

Habilidades o conocimientos procedimentales en ciencias

Las habilidades propias de las CN se identifican distinguiendo tres grupos: 1) Habilidades para el inicio de un proceso de investigación; 2) Habilidades para la obtención de información empírica; y 3) Habilidades para procesar la información empírica obtenida.

Habilidades para el inicio de un proceso de investigación

- Identificar fenómenos susceptibles de indagación y aspectos de ellos

Lo que pasa en el mundo natural, los fenómenos que ocurren, pueden ser objeto de estudio de las ciencias, y para ello lo primero es detectar algo que llama la atención, que nos hace preguntarnos qué está pasando allí, cómo o por qué ocurre eso. Es importante añadir de inmediato que, como todos los fenómenos que ocurren son parte de la inmensa complejidad del mundo, el primer paso de toda indagación se da cuando se identifica uno o varios *aspectos* de ese todo inmenso, que son lo que se buscará entender o explicar. Y si un aspecto de la realidad llama la atención es que no simplemente está allí sin cambio alguno; es algo



que cambia de alguna manera: unas veces está y otras no; aparece o no; nace o muere; aumenta o disminuye; crece o decrece; cambia de forma o color; hace ruido o no.

Lo que cambia no es constante; *varía*, es *variable*. Sin que los niños de menor edad deban manejar esos términos, esta primera habilidad se puede definir como identificación de variables. Con estudiantes de mayor edad se podrá introducir la terminología, y distinguir variables dependientes, independientes y muchas más; lo importante es que los niños capten que, en vez de identificar el fenómeno objeto de interés en forma general, («los animales», «los pájaros»), hay que identificar, de manera más precisa, aspectos particulares de interés de esos objetos generales, como la cantidad o los tipos de pájaros que hay, el medio en que viven, su alimento, etcétera.

- Formular preguntas susceptibles de ser respondidas empíricamente

El siguiente paso en una investigación es la *formulación de preguntas* sobre el fenómeno y, en particular, sobre los aspectos objeto de atención. Lo esencial, al alcance de alumnos de primaria, es que aprendan que investigar no es una actividad caprichosa, ir «a ver qué sale», sino que comienza planteando preguntas precisas o explicaciones tentativas del aspecto que interesa explorar. Los aspectos mencionados en el inciso anterior pueden tomar forma de preguntas, como cuántos pájaros distintos hay en cierto lugar; de cuáles hay más; qué animales viven en el agua o en la tierra, qué comen unos animales u otros, etcétera.

Es importante distinguir preguntas vagas o triviales de otras ricas y sugerentes, que abren caminos a la indagación; preguntas que dan lugar a observaciones cuyo resultado puede ser favorable o contrario a lo que se esperaba, en tanto que una pregunta vaga no puede ser confirmada ni refutada. Una buena pregunta es aquella que es susceptible de ser respondida gracias al resultado de ciertas observaciones, en tanto que una inadecuada es aquella que no puede dar lugar a observaciones que la respondan.

Preguntarse si en el jardín o en el patio de la escuela hay más pájaros negros que amarillos, qué comen las ardillas, si un trozo de madera o una piedra flotan en el agua, o si hay relación entre la longitud de las cuerdas de un columpio y la duración de sus oscilaciones, se puede responder con apoyo en observación. En cambio, la pregunta de si es más bonito un gatito o un perrito no lo es.



Los docentes deben tener claro que una buena pregunta de investigación equivale a una buena *hipótesis*. Un alumno puede partir de la pregunta de si en el jardín habrá más pájaros negros o más amarillos, pero también podría partir de la hipótesis de que hay más pájaros negros (o más pájaros amarillos). Cualquiera de esas formulaciones es un comienzo adecuado para emprender una observación empírica, sin que sea necesario que los niños dominen esa terminología.

En estos primeros pasos de una investigación, cuando se ayuda a los estudiantes a identificar aspectos de interés y a formular preguntas adecuadas, es importante que el maestro identifique las ideas que los alumnos tienen respecto al aspecto que se quiere estudiar, para partir de ellas. Las ideas que los niños tienen sobre los fenómenos naturales suelen ser distintas de las que la ciencia considera adecuadas. Esas *ideas ingenuas* muchas veces son similares a las que prevalecían en épocas pasadas, por ejemplo, entre los griegos.

Pedagógicamente es recomendable partir de tales ideas previas, y ayudar a los chicos a descubrir que no son adecuadas, no diciéndolo, sino con base en observaciones que ellos puedan hacer, lo que permitirá que luego se aproximen a ideas más adecuadas.

Para identificar las ideas previas de sus alumnos es importante que el docente tenga elementos sobre las más comunes, pero también sobre las ideas actuales más adecuadas, para que pueda orientar el proceso por el que los niños llegarán a entender las ideas científicas básicas, y a apreciar por sí mismos por qué son más adecuadas para dar cuenta de los fenómenos de que se trate. Un elemento importante en esto es, precisamente, el tipo de preguntas que hagan los niños, ayudados por el docente.

- Obtener información de investigaciones previas

Esta es una habilidad que un niño puede comenzar a desarrollar sin necesidad de manejar ideas como «marco teórico», «revisión de literatura» o similares, pero rescatando lo básico: la idea de que la ciencia avanza porque aprovecha hallazgos previos, en lugar de comenzar siempre desde cero. Además de recuperar las ideas previas que puedan tener los alumnos, en algún momento será importante orientarlos para que averigüen lo que otros ya han aprendido sobre el tema de interés. Los alumnos podrán desarrollar dos habilidades particulares:

Identificar fuentes de información sobre el tema, incluyendo a personas (el maestro, padres y madres, otras personas conocedoras a las que tenga acceso), textos impresos como enciclopedias, libros y revistas que



haya en casa, en la escuela o en bibliotecas accesibles, y documentos electrónicos en Internet.

Distinguir fuentes de distinta calidad, reconociendo que no todas las personas son igual de competentes, ni todos los libros o revistas, ni todos los sitios accesibles en la Internet, y que incluso los mejores pueden equivocarse; hay que comparar lo que dicen varias fuentes para identificar las más consistentes, sin que prevalezcan criterios como el nivel jerárquico de una persona o la vistosidad de las ilustraciones de un texto.

Habilidades para la obtención de información empírica

En este segundo grupo se enumeran habilidades relativas a la obtención de información con la que se pueda dar respuesta a una pregunta precisa. Se trata de habilidades esenciales en todo trabajo científico, pero también es posible que los estudiantes las practiquen desde la primaria, siempre en un nivel adecuado a su edad.

- Observar

Es posible que los docentes identifiquen la habilidad de observar como propia de la ciencia, pero también que no tengan claro en qué radica la calidad de las observaciones, y tiendan a pensar que para observar mejor es necesario tener ciertos instrumentos, como lentes de aumento, telescopios o microscopios.

La idea clave que se buscará desarrollar con los niños es otra, y tiene que ver con la forma en que se haya identificado el tema de interés, y con las preguntas o hipótesis que se hayan formulado para orientar la indagación. Son estas preguntas, en efecto, las que deben orientar la observación. Sin ellas, o con formulaciones vagas (como «vamos a estudiar los animales, o los pájaros»), el alumno no sabe hacia dónde dirigir la atención, en qué fijarse, qué observar. ¿Debo fijarme en el tamaño? ¿En el color de la piel o del plumaje? ¿En el número de patas o antenas? ¿O bien en qué comen o cómo cantan?

Si se precisa el aspecto a estudiar y se formulan preguntas precisas, será claro qué observar exactamente, y por ende dónde, cuándo y cómo deberá hacerse, e incluso si algún aparato será de ayuda o no. La simple vista, o a lo más unos binoculares sencillos son mejores para



observar aves que un telescopio potente, adecuado para observaciones astronómicas.

- Medir

La medición es simplemente una forma precisa de observar, que puede hacerse sin aparato alguno si se trata del nivel ordinal, en el que los objetos se ordenan de mayor a menor, después de *compararlos entre sí*. Cuando se pide a unos niños formarse por estatura basta ponerlos en fila e irlos comparando para ordenarlos.

En sentido más estricto medir es aplicable si lo observado es cuantificable, si es una cantidad. Una vieja definición escolar decía que *cantidad es aquello que puede aumentar o disminuir*, o sea que es variable, no constante. En este caso la medición puede ser cardinal, lo que implica *comparar los objetos no entre sí, sino con una unidad estándar*.

Para desarrollar la habilidad los niños pueden usar un aparato adquirido o hacer uno, pero no sirve hacerlo sin saber por qué debe ser de tal o cual manera. Es clave captar que se deben comparar objetos con una unidad. Puede hacerse una balanza con una tabla equilibrada en un soporte, poniendo en un extremo a un alumno y en el otro los ladrillos de igual tamaño necesarios para que la tabla se equilibre. La unidad es un ladrillo; es claro que un niño que requirió 20 ladrillos para equilibrar la tabla es más pesado que otro que necesitó 15.

Sin necesidad de manejar términos técnicos, los niños de primaria pueden aprender a medir, entendiendo que la unidad estándar es arbitraria. Tan arbitrario es un ladrillo como el peso de un decímetro cúbico de agua, que es la definición de kilogramo. Con aparatos adquiridos o fabricados, los alumnos deberán hacer muchas mediciones, lo que les permitirá constatar que unas pueden ser mejores o menos buenas, que hay distintas razones por las que una medición puede ser mejor o peor, y que hay formas de mejorar la precisión, todo ello sin necesidad de manejar términos técnicos como confiabilidad y validez, o fuentes de error.

- Registrar la información y mejorar la calidad de las mediciones

Las observaciones y/o mediciones pueden ser más o menos buenas, pero para poder analizar los resultados y sacar conclusiones hay que registrarlos, buscando la máxima fidelidad.

Con observaciones simples el registro debe hacerse lo más cerca que sea posible en el tiempo a la observación, para no depender de la memo-



ria que puede ser engañosa. En caso de mediciones complejas, implica que el registro incluya la información necesaria para poder apreciar la calidad del trabajo hecho. Unos alumnos, por ejemplo, pueden medir la estatura de los compañeros de su grupo o pesarlos, y pueden hacerlo más de una vez, en días diferentes, registrando los resultados. Se puede luego comparar los resultados de distintos alumnos el mismo día, o de un alumno en días diferentes, para identificar como posibles fuentes de error el aparato utilizado, el alumno que midió más o menos cuidadosamente, o el tipo de calzado que llevaban los niños en distintos días. Los niños pueden captar sin dificultad que la manera más sencilla de tener mediciones más precisas es hacer varias y promediar los resultados, ya que de esa forma los errores que se hayan podido cometer en cada una, por exceso y por defecto, tienden a anularse, y el promedio es una medida más precisa que cualquiera de las mediciones individuales.

- Controlar variables

Esta importante habilidad también puede trabajarse en primaria; los niños pueden aprender que es posible medir aspectos del fenómeno estudiado que presentan valores diferentes, que son variables, tomando en cuenta *solo uno* de los valores que toman. Al medir o pesar a los alumnos de un grupo de 3er grado se puede, por ejemplo, considerar solamente a niños o solo a niñas, o únicamente a los de ocho años y no a los de mayor o menor edad. En un caso el sexo no varía, y en el otro no lo hace la edad. Se ha controlado, se ha vuelto constante la variable sexo (solo niños o solo niñas), o la variable edad, únicamente los de ocho años.

- Experimentar

Los diseños experimentales son una herramienta poderosa, que no es fácil manejar bien; en educación básica es importante evitar usar el término «experimento» en una forma imprecisa, identificándolo con cualquier tipo de actividad en la que se manipule algo, lo que es frecuente en formas superficiales de «enseñanza indagatoria». No exageran demasiado quienes dicen que se aplica el término experimento a algo tan trivial como hacer agua de limón.

Un verdadero experimento implica formar dos grupos equivalentes, asignando los sujetos aleatoriamente; aplicar un tratamiento (modificar algo) en uno de los dos grupos y no en el otro; y comparar resultados. Hay muchos diseños experimentales, con pros y contras, pero aún sin manejarlos un niño puede captar su lógica, evitando verlos como simples juegos para ver qué pasa, o como la aplicación mecánica de una serie de pasos (receta), sin que el proceso esté orientado por una



pregunta a la que la información derivada del experimento podrá responder, «¿qué pasará si hago tal cosa...?» (Candela, Naranjo y de la Riva, 2014)

En la escuela es frecuente hacer experimentos con plantas, para ver cómo influyen en su crecimiento variables como la cantidad de agua o fertilizante que se les ponga, o las horas durante las que reciben luz solar. Es importante que los chicos entiendan que, para poder sacar conclusiones deben trabajar en forma sistemática, alterando una variable a la vez y registrando lo que se hace con las posibles causas (más o menos agua, etc.), y lo que pasa con la variable que se considera efecto: las plantas crecen más o menos, etc.

Importa también no creer que, si el resultado de un experimento no es el esperado, es un fracaso, sino verlo como oportunidad de aprendizaje para ver qué falló y volver a hacerlo corrigiendo los errores detectados.

Habilidades para procesar la información empírica obtenida

Una vez que se ha obtenido y registrado información de observaciones y/o mediciones, hay que analizarla para poder llegar a conclusiones. El análisis puede hacerse con herramientas estadísticas, pero también sin ellas, y será lo normal con alumnos de educación básica, con los que es posible trabajar habilidades particulares como las siguientes.

- Describir

Un primer nivel de análisis consiste en la descripción de lo observado/medido sobre cada uno de los aspectos considerados, sin relacionar un aspecto (variable) con otros ni explicar a qué se deben. Si unos alumnos de 6° de primaria miden la estatura de los integrantes del grupo, podrán sacar la media aritmética y, con ayuda, incluso una medida de dispersión como la desviación estándar, pero incluso los pequeños pueden describir sus resultados verbalmente: *los más altos miden tanto, los más bajos tanto; hay más compañeros altos, o bajos.*

- Comparar, clasificar

Un paso más consistirá en la comparación de unos sujetos y/o aspectos con otros, llegando a algún tipo de agrupamiento de los casos que tengan parecido o compartan ciertos rasgos, o sea a una clasificación. Los



estudiantes podrán concluir, por ejemplo, que los que están en 6° son más altos que los de 5° o 4°, o que los niños (o niñas) son más altos, o más bajos, etc.

Las preguntas planteadas para guiar la observación/medición podrán orientar también la comparación y la clasificación. Si un alumno se preguntaba, por ejemplo, qué comen los animales que observará, podrá luego clasificarlos en carnívoros o herbívoros.

- Identificar patrones y tendencias

Otro paso es la identificación de secuencias típicas o patrones en los rasgos observados o medidos. Esta habilidad se refiere inicialmente a patrones de un solo aspecto o variable, por ejemplo, si muestra una tendencia creciente o decreciente, regular o irregular, oscilatorio, zigzagueante etc.; como estas palabras sugieren, el uso de gráficas es importante.

- Identificar asociaciones

Un tipo particular de patrón que no se refiere a uno solo de los aspectos o rasgos que se haya observado, sino al menos a dos de ellos, es el que consiste en una asociación del tipo «cuando tal rasgo aumenta, tal otro aumenta también, o disminuye». Esta identificación se puede hacer utilizando estadísticas (técnicas de correlación), pero también sin tales herramientas, lo que está al alcance de niños de primaria.

Si se comparan resultados de mediciones de las variables estatura y peso de un grupo de alumnos, sin utilizar estadística los alumnos podrán ver que las personas más altas suelen ser también más pesadas, pero que hay excepciones, de personas altas y delgadas, o bajas pero obesas y pesadas.

- Extrapolar, generalizar

Las observaciones/mediciones se pueden referir a todos los sujetos de una población o universo (por ejemplo, todos los alumnos de una escuela o salón), o solo a parte de ellos.

Sin manejar necesariamente los conceptos de censo y muestra, alumnos de primaria pueden entender que es posible decir algo de toda la escuela (generalizar) con base en lo que observaron solo de una parte de los estudiantes, pero que esa generalización puede estar más o menos fundamentada, dependiendo, entre otras cosas, de cuántos sujetos observaron y de cómo los escogieron.



Para afirmar, por ejemplo, que «las familias de los alumnos se dedican principalmente a la agricultura», no es indispensable haber entrevistado a los papás de todos los alumnos de la escuela, pero tampoco será suficiente haber preguntado sobre el particular a un niño de 3° y a una niña de 5°. El sustento de la afirmación será mejor si se basa en información que se obtuvo de media docena de alumnos de cada uno de los grupos del plantel.

- Dar explicaciones causales

Un principio básico en estadística es: *correlación no implica necesariamente causalidad*. Sin necesidad de manejar estadística importa que, desde primaria, los niños aprendan esto.

Como se trata de una habilidad compleja, habrá que plantear su desarrollo al fin de la primaria y en secundaria. Hay que manejar ejemplos claros para que los niños comprendan que un rasgo puede estar asociado con muchos otros sin que haya entre ellos una relación causal (noción de relación espuria), y que para poder atribuir efecto causal a una variable hay que descartar que ese efecto se deba a otra u otras. Si en un experimento con plantas se controla la cantidad de fertilizante que se pone, pero no el tiempo durante el que están expuestas a la luz solar, o la temperatura ambiente, el crecimiento observado no se podrá atribuir simplemente al fertilizante. Para poder hacerlo hay que controlar otras variables que puedan influir en el resultado.

Esta compleja habilidad es importante porque el estudio de fenómenos naturales no se limita a su descripción: aspira a explicarlos, estableciendo relaciones causales. Por ello la habilidad de control de variables, y la lógica experimental, son fundamentales en la ciencia, y su desarrollo debe comenzar desde la primaria, aunque un manejo pleno solo pueda esperarse en niveles educativos superiores.

- Argumentar con base en evidencias

Importa que los alumnos aprendan a distinguir explicaciones aparentes pero falsas (*pseudo-explicaciones*), que se limitan a utilizar palabras que suenan científicas, para supuestamente dar cuenta de un fenómeno, sin entenderlo, frente a explicaciones reales, que lo expliquen con fundamento sólido.

La escolástica medioeval pretendía explicar por qué alguien caminaba u oía diciendo que tenía «fuerza caminadora o fuerza auditiva» (*vis ambulatoria o vis auditiva*). Para explicar por qué un ser era viviente o



«animado», le bastaba decir que era porque tenía alma (*anima*). Estos ejemplos no son fundamentalmente diferentes de las explicaciones de por qué un niño tiene dificultad para aprender a leer o calcular limitándose a decir que tiene *dislexia* o *discalculia*, sin entender realmente en qué consisten esas «deficiencias».

Esta habilidad es fundamental, si se piensa en la distinción entre ciencia y pseudo-ciencia. Los fundamentos de formación científica que todo ciudadano del siglo XXI necesita, y la educación básica debe comenzar a darle, se reflejarán, precisamente, en que distinga con toda claridad la astronomía de la astrología, o la medicina con bases científicas de la charlatanería de muchas supuestas alternativas. La distinción entre una explicación científica y una pseudo-explicación es esencial.

En una charla dirigida a maestros, el premio Nobel Richard Feynman ejemplifica lo anterior recordando que cuando era niño:

[...]Un libro de primero de primaria comienza... de manera desafortunada... Ilustra un perrito de juguete de cuerda, luego una mano que lo acciona y finalmente al perrito en movimiento. Bajo la última figura se pregunta: «¿Qué lo hace mover?». Luego aparece la foto de un perro verdadero y la misma pregunta, y después con una lancha de motor, etc. ...La respuesta que aparece en la guía del maestro es «la energía lo hace mover» ...

El concepto de energía es muy sutil y de difícil comprensión... escapa al nivel de primero de primaria. Esto es equivalente a decirle al niño cosas como «Dios lo hace mover» o «el espíritu lo hace mover», o «la movilidad lo hace mover»; se podría decir «la energía lo hace parar» ...Si se pregunta a un niño qué hace que el perro de cuerda se mueva, debe pensarse en lo que respondería una persona común y corriente: «el resorte enrollado trata de desenrollarse, lo cual acciona el mecanismo». ¡Qué buena forma de iniciar un curso de ciencia! Hay que desbaratar el juguete, ver cómo funciona, el mecanismo, los engranajes, la forma como fue armado, el ingenio de los que diseñan estos y otros juguetes; sería excelente. Pero la respuesta del texto es desafortunada pues pretende enseñar una definición y no enseña nada. (Feynman, 1969).

Actitudes hacia la ciencia

En clases de CN muchos docentes intentan que sus alumnos desarrollen actitudes adecuadas, pero trabajan solo unas aplicables en cualquier campo, como respetar a los demás y hacerse respetar. En este



apartado se presentan actitudes propias del campo de las ciencias, relacionándolas con las habilidades del apartado anterior, pues las actitudes no pueden desarrollarse de manera aislada; deben hacerlo junto con los conocimientos y las habilidades.

- Curiosidad

Se relaciona con la habilidad de identificar fenómenos susceptibles de indagación y aspectos particulares de ellos, punto de partida de la ciencia. Los niños más chicos suelen ser curiosos, pero esta actitud se va perdiendo a lo largo del trayecto escolar, posiblemente debido a la forma usual de enseñar ciencias, que resulta aburrida a los alumnos. Una enseñanza de CN como la que se propone, en línea con las ideas actuales al respecto, que evite las exposiciones teóricas de nociones a recordar, y enfatice el papel activo de los alumnos para observar, registrar lo observado, analizarlo y llegar a conclusiones, no debería tener esa lamentable consecuencia y, por el contrario, aumentará la curiosidad de los niños.

- Valoración positiva del error

Al formular preguntas o hipótesis sobre un fenómeno importa hacerlo sabiendo que lo que se encontrará puede corroborar las ideas previas o no, y que ambos resultados pueden ser valiosos. Ver los errores como resultado de negligencias o acciones reprobables paraliza e inhibe el trabajo posterior. Verlos como inevitables y normales, no tener miedo de que se detecten, y saber que reconocerlos es el primer paso para corregirlos y avanzar en la indagación es una postura más adecuada.

- Rechazo de argumentos de autoridad y valoración de la evidencia

Reconocer que ninguna fuente de información es infalible, incluidos maestros, padres, libros e Internet. Los niños deben aprender que no tienen que avergonzarse por no saber algo; que muchas preguntas, al parecer simples, que plantean incluso en los primeros grados, no tienen respuestas satisfactorias y muchos adultos no las conocen. Por ello importa distinguir fuentes de información de diferente calidad, y comparar lo que dicen unas y otras para tener una idea más completa de un punto difícil. Y por ello los niños deben aprender que, en última instancia, será la evidencia la que haga preferir una postura u otra. Lo anterior implica buscar desde la primaria el desarrollo en los alumnos de una actitud crítica y autocrítica.



- Valoración del cuidado en obtención y registro de información empírica

Sabiendo que hay observaciones y mediciones de distinta calidad, desde la educación básica los niños pueden desarrollar una actitud de valoración de observaciones o mediciones cuidadosas, no como un capricho, sino como algo fundamental para llegar a conocer mejor el mundo, con lo que eso implica en cuanto a posibilidad de desarrollar aplicaciones tecnológicas más eficientes y no dañinas.

Junto con lo anterior, los niños deben desarrollar una actitud de valoración y respeto de la fidelidad de los registros de la información que obtengan, comprendiendo la gravedad que tienen en el trabajo científico acciones como alterar los datos derivados de observaciones y mediciones, distorsionándolos para que coincidan con lo que quiere el investigador. Lo mismo aplica para lo relativo al control de variables, la experimentación y, en general, a todo lo que tenga relación con los procesos de obtención de información empírica.

- Rigor en el tratamiento de la información

Se usen o no técnicas estadísticas, es fundamental tratar la información rigurosamente, de la descripción, comparación y clasificación, a las explicaciones, pasando por la identificación de tendencias y asociaciones, la extrapolación y generalización. La distinción entre enfoques cuantitativos y cualitativos no implica diferentes exigencias; uno y otro deben buscar siempre el mayor rigor posible, sacando el máximo provecho de la información disponible, sin que las conclusiones vayan nunca más allá de lo que permite esa información.

- Valoración del papel de la comunidad científica

El mecanismo esencial de control de calidad de los productos del trabajo científico es la vigilancia de la comunidad de colegas que trabajan en un campo. Esto implica la obligación de poner a disposición de esa comunidad no únicamente las conclusiones de un estudio, sino también la información recabada (bases de datos u otras evidencias), así como los métodos y procedimientos utilizados, con el detalle suficiente para que puedan ser replicados por otros, y ver si los hallazgos coinciden o no. La replicación exitosa de un hallazgo por colegas que trabajen en forma independiente es la mejor manera de confirmar su solidez.

Los estudiantes de educación básica pueden cultivar esta actitud, comprendiendo la importancia de que los demás conozcan el trabajo de cada uno, para que puedan comentarlo señalando, si es el caso, limita-



ciones, lo que no deberá verse como ataque, sino como una condición necesaria para mejorarlo.

Concepciones sobre la naturaleza de la ciencia

El marco de PISA se refiere a estas concepciones como conocimientos epistemológicos, lo que muestra que pertenecen a la rama de la filosofía que estudia el conocimiento y la ciencia, la epistemología. En forma simplificada, en este ámbito hay dos corrientes opuestas. Una es el positivismo, y no solo en la versión sofisticada del neopositivismo lógico, sino en la muy elemental de Comte, superada hace 150 años; la otra son varias formas de posmodernismo.

El positivismo comtiano concibe al conocimiento científico como acabado y perfecto, fruto de la aplicación del «método científico» por personas de elevada inteligencia y calidad moral; las posturas posmodernas, en el extremo opuesto, consideran que el conocimiento científico es una construcción social más, no superior a cualquier otra, al que se llega por caminos muy diversos, muchas veces no rigurosos («todo vale»), a cargo de personas preocupadas no por cuidar el rigor, sino por defender sus privilegios.

Los docentes no tienen por qué dominar los debates epistemológicos, que tampoco deben ser parte de lo que aprendan los alumnos de educación básica, pero si es importante que unos y otros tengan claras algunas concepciones sobre la naturaleza de la ciencia y los científicos que eviten los extremos mencionados, ambos dañinos para la buena ciencia.

- Sobre la relación de la ciencia con los conocimientos no científicos

Los conocimientos científicos son más precisos y sólidos que ideas de sentido común y pseudo-científicas, pero no son perfectos, acabados e infalibles, y los científicos pueden discrepar en muchos detalles, pero hay un terreno muy amplio de consenso.

Sostener la superioridad de los conocimientos científicos no es cuestión de preferencia personal; se basa en constatar el avance mucho más rápido de las ciencias, y el impacto mucho mayor de las tecnologías basadas en ellas, en comparación con otros conocimientos. Se puede hacer que los estudiantes comparen el avance de la astronomía del siglo XVII a la fecha, frente al nulo avance de la astrología en cinco milenios; o la reducción de la mortalidad y el aumento de la esperanza de vida gracias a vacunas y antibióticos, frente al nulo impacto en los mismos aspectos de la medicina tradicional.



En las ciencias se dan continuamente avances que cuestionan hallazgos previos, pero los elementos centrales se sostienen mucho tiempo; los especialistas de un campo no coinciden en cada detalle, pero los puntos centrales de cada disciplina son compartidos casi sin excepción por todos, y las diferencias se limitan a puntos particulares precisos. Se puede revisar el caso de la Teoría de la Evolución, campo en el que hay avances frecuentes, pero el núcleo propuesto por Darwin en 1859 sigue vigente, y las aportaciones que llevaron a la síntesis neo-darwiniana en el siglo XX lo han enriquecido, y son compartidas en forma general.

- Sobre el método de las ciencias

No hay un método científico, en el sentido de una secuencia única y estereotipada de pasos que se aplicaría en todos los casos y garantizaría el resultado de cualquier investigación, pero tampoco es aceptable ver a esta como una improvisación sin ninguna lógica ni orden. Al tiempo que se hace que los estudiantes pongan en práctica diversas habilidades en trabajos reales, aunque sencillos, de observación, se le puede ayudar a entender que el trabajo científico implica un proceso que se distingue por su rigor lógico y porque el referente empírico es fundamental, lo que supone observaciones cuidadosas relacionadas de manera clara con razonamientos rigurosos, para confirmar o rechazar preguntas/ hipótesis precisas, y que la calidad de los resultados se cuida mediante la crítica de la comunidad científica.

- Sobre los científicos

Es frecuente el estereotipo de que los científicos son personas excepcionales. En una versión positiva, se les puede ver como dotados de mayor inteligencia y capacidad que otras personas; la versión negativa los ve como personajes excéntricos, desquiciados, e incluso malignos. En ambos casos la conclusión es que no cualquiera puede aspirar a ser científico. Una variante es que las mujeres serían especialmente incapaces de dedicarse a la ciencia.

Es importante que los niños entiendan que esos estereotipos carecen de fundamento; que los científicos no son distintos de otras personas; que las mujeres son tan capaces como los varones para hacer ciencia; y que lo que hace que el conocimiento científico sea valioso no es ni una especial capacidad, ni un método misterioso, sino un trabajo cuidadoso, riguroso y sostenido por mucho tiempo, vigilado siempre por la comunidad académica.



Como cualquier actividad humana, la ciencia está sujeta a los condicionamientos del entorno en que se hace, incluyendo las posturas ideológicas y políticas. Los científicos no están por encima de esos elementos, e individualmente los hay generosos y egoístas; el que todo el proceso esté abierto al escrutinio de los colegas es lo que hace que los resultados se acumulen, más allá de errores particulares, e incluso de ocasionales acciones fraudulentas. Por eso las ciencias avanzan más rápido que otras formas de conocimiento del mundo, lo que se refleja en el avance de las tecnologías basadas en las CN, cuyo poderoso impacto es de sobra conocido.

Se suele presentar a los alumnos ejemplos de científicos como Pasteur, María Curie o Albert Einstein, lo que no está mal, pero puede llevar a pensar que solo personas excepcionales pueden dedicarse a la ciencia. Convendrá que los chicos conozcan ejemplos de científicos mexicanos de nuestra época, como Mario Molina, José Sarukhán y Antonio Lazcano, y mujeres como Julieta Fierro y Julia Carabias. Además, en todos los estados hay centros de investigación donde hombres y mujeres se dedican a la ciencia. Conseguir una entrevista videograbada sería una excelente manera de que niños y jóvenes vean que son personas de carne y hueso.

- Sobre las implicaciones éticas y políticas de la ciencia

Las implicaciones prácticas y éticas de las ciencias y las tecnologías basadas en ellas, con su enorme impacto sobre la vida de las personas y el futuro de la Tierra, hacen concluir que es indispensable que todos los ciudadanos, y no únicamente los especialistas, tengan una cultura científica que les permita opinar con fundamento sobre cuestiones que afectan a todos.

El consenso de buenos especialistas deberá tener un peso específico en las decisiones sobre temas de su competencia, pero los científicos no debe tener más peso que otros actores, incluyendo autoridades y ciudadanos, respecto a otros aspectos que se deben tener en cuenta para tomar una decisión, como el impacto diferenciado sobre distintos sectores de la población; la importancia y probabilidad de que se presenten efectos secundarios; el costo que impliquen ciertas innovaciones; su factibilidad técnica y su viabilidad política, etc. De allí la importancia de que todo joven adquiera una competencia científica básica a su paso por la educación.

Conclusión

Las aportaciones de Jerome Bruner a la didáctica de las CN partieron de una idea poderosa: «cualquier tema puede ser enseñado eficazmente en una forma intelectualmente honesta a cualquier niño, en cualquier etapa de su desarrollo» (1977 [1960]: 33).



Bruner mismo precisó que esto no es sencillo, y que para conseguirlo es necesario que los docentes brinden mucho apoyo a los estudiantes, viendo una y otra vez ideas importantes, cada vez con mayor profundidad y teniendo en cuenta la madurez de los estudiantes.

La cultura que todo ciudadano necesita incluye buena comprensión de las Grandes ideas de la ciencia, y también habilidades, actitudes y concepciones. No hay que esperar a trabajarlas en la universidad; hay que comenzar en educación básica. Es posible, y es indispensable para que los egresados tengan el perfil que hace falta para vivir en las sociedades del siglo XXI.



Referencias

- American Association for the Advancement of Science. (1989). Proyecto 2061. *Ciencia: Conocimiento para todos*. <http://www.project2061.org/esp/publications/sfaa/online/sfaatoc.htm>
- American Association for the Advancement of Science. (1993). *Benchmarks for Science Literacy*. Oxford University Press.
- Bruner, J. (1977). *The Process of Education*. Harvard University Press.
- Candela, A., Naranjo, G. y de la Riva, M. (2014). *¿Qué crees que va a pasar? Las actividades experimentales en clases de Ciencias*. SM de Ediciones.
- Conant, J. (1947). *On Understanding Science. An Historical Approach*. Yale University Press.
- Feynman, R. (1969). *What is Science? The Physics Teacher*, 7(6), 313-320.
- Martínez, F. (2020). *El nuevo oficio del investigador educativo. Una introducción metodológica*. Universidad Autónoma de Aguascalientes-Consejo Mexicano de Investigación Educativa.
- National Research Council. (2012). *A Framework for K-12 Science Education. Practices, Cross-cutting Concepts and Core Ideas*. National Acad. Press.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2016). *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematics and Financial Literacy*. OECD Publishing.
- Secretaría de Educación Pública. (2011). *Programas de estudio 2011. Guía para el maestro. Educación Básica Primaria Tercer Grado*. SEP.
- Secretaría de Educación Pública. (2018). *Aprendizajes clave para la educación integral. Plan y programas de estudio para la educación básica*. SEP.

