

Didáctica de las ciencias para la educación infantil¹

Teaching of science education for children

Ensino da educação científica para crianças

Recibido: enero de 2012
Aprobado: mayo de 2012

Adriana Patricia Gallego Torres²
Maria Consuelo Torres Angel³

Resumen

Este artículo presenta algunas perspectivas sobre la enseñanza de las ciencias en los primeros grados de educación básica. Se trata de realizar una discusión sobre la importancia de cómo abordar las ciencias en las primeras edades, respondiendo a cuatro preguntas relacionadas: ¿qué es educación en ciencias?, ¿son educativas las ciencias?, ¿cuáles son los factores de carácter histórico, epistemológico, didáctico y pedagógico que delimitan el carácter educativo? y ¿en qué consiste la educabilidad que con ellas se propicia? Respuestas que se elaborarán desde una perspectiva general, para después situarlas en el trabajo pedagógico de aproximar a los educandos del nivel primario a dichas ciencias de la naturaleza. Se analizarán igualmente temáticas relacionadas con lo curricular y con la formación de profesores para el nivel que se ha especificado. Hemos de aclarar que este trabajo forma parte de una serie de investigaciones que se vienen desarrollando en conjunto con la Universidad Católica de Chile y la Universidad de la Paz en Barrancabermeja.

Palabras clave: enseñanza de las ciencias, pedagogía de las ciencias, educación primaria

Abstract

This paper presents some perspectives on science education in the early grades of primary education. This is to make a round table on the importance of how to approach science in the early ages responding to four questions: What is a science education?, Educational Are science?, What are the factors of a historical, epistemological, didactic and pedagogical educational define that? and What is the educability that favors them? Answers are drawn from an overall perspective, then place them in pedagogical work, as noted, bring learners from primary to such natural sciences. It shall also examine issues that have to do with the curriculum and teacher training to the level specified. We have to clarify that this work is part of a series of works that are being developed in conjunction with the Catholic University of Chile and the University of Peace in Barrancabermeja.

-
- 1 Artículo de investigación. Resultado de investigaciones realizadas con la Universidad Católica de Chile y la Universidad de la Paz en Barrancabermeja.
 - 2 Profesora de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia. Contacto: adpgallego@udistrital.edu.co
 - 3 Candidata a la Maestría en Pedagogía, Universidad de la Sabana Bogotá, Colombia. Contacto: mtorresangel@yahoo.com

Keywords: science education, pedagogy of science, elementary education

Resumo

Este artigo apresenta algumas perspectivas em ensino de ciências nas séries iniciais do ensino fundamental. Isso é para fazer uma mesa redonda sobre a importância de como abordar a ciência nos primeiros séculos respondendo a quatro perguntas que é um ensino de ciências?, Educacional são ciência?, Quais são os fatores de um histórico, epistemológico, didático e pedagógico educacional definir isso? E qual é a educabilidade que os favorece? Respostas são retiradas de uma perspectiva global, em seguida, colocá-los no trabalho pedagógico, como se referiu, trazer alunos de primário para tais ciências naturais. Deve também examinar as questões que têm a ver com o currículo e formação de professores para o nível especificado. Temos que esclarecer que este trabalho é parte de uma série de trabalhos que estão sendo desenvolvidos em conjunto com a Universidade Católica do Chile e da Universidade da Paz, em Barrancabermeja.

Palavras-chave: educação científica, a pedagogia da ciência, ensino fundamental

Introducción

La enseñanza de las ciencias, en los primeros años de edad, se inició con el estudio de los modelos y conceptos de las ciencias (Piaget, 1979; Vigotsky, 1979). Piaget, como biólogo, acudió a los conceptos de crecimiento, orgánico, estructura y equilibrio. Desde los resultados obtenidos, se postuló que las estructuras variables, y su construcción, son, por una parte, las formas de organización de la actividad mental en su doble aspecto intelectual y, por otra, en lo afectivo en sus dos dimensiones de lo individual y lo social. Se distinguieron así seis estadios o períodos de desarrollo: primero, el estadio reflejo; segundo, el estadio de los primeros hábitos motores; tercero, el de la inteligencia sensorio-motriz o práctica, anterior al lenguaje, se precisó que estos estadios se iniciaban con la lactancia hasta los dos años; cuarto, el de la inteligencia intuitiva, la de los sentimientos interindividuales y de las relaciones de sumisión al adulto, cuya duración iba desde los dos hasta los siete años de edad; quinto, el de las operaciones intelectuales concretas y de los sentimientos morales y sociales de cooperación, de los siete a los once o doce años de edad; sexto, el estadio de las operaciones abstractas, de la formación de la personalidad y de la inserción afectiva e intelectual en la sociedad de los adultos, la adolescencia (Piaget, 1979; 1985; Piaget, Sinclair y Bang, 1980).

Los resultados de las investigaciones de Piaget y su grupo, no han sido aún contrastadas negativamente, por lo que se constituyen en un referente necesario, al tratarse de la aproximación de los niños al mundo de las ciencias. No obstante y dentro de este hecho, las críticas han subrayado que esos resultados acarrearán el problema de que fueron obtenidos con un número de niños inferior con el que normalmente trabajan los educadores en las instituciones educativas (Ausubel, Novak, y Hanesian, 1983). Su utilidad educativa es innegable en el sentido de que el desarrollo de los estadios, que van del cuarto hasta el sexto año, exige la formación de profesores con un conocimiento crítico de dichos resultados y, además, con una actitud de investigadores en su ejercicio profesional.

Por otro lado, estos resultados adolecen de una concepción de cada una de las ciencias de la naturaleza, como construcción de colectivos de especialistas ubicables históricamente (Jenkins, 2006); sobre todo a partir de la propuesta de Kuhn (1972), cuyas revisiones hablaron a favor de lo afirmado. Se propone aquí que, una lectura del contexto conceptual y metodológico de la escuela piagetana, no es posible desde la aproximación positivista. En este orden de ideas, y desde los estudios sociales de las ciencias (Vessuri, 1992; Barona, 1994), habría

que ubicar los resultados de estos estudios en el interior de la tradición cultural en la que nacieron los niños europeos con los cuales Piaget y su grupo llevaron a cabo sus investigaciones.

El problema de la introducción de los conceptos científicos

El problema de la introducción de los conceptos está íntimamente relacionado con el aprendizaje de los contenidos curriculares de los niños. Una taxonomía de los mismos los clasifica en cualitativos o clasificatorios, comparativos y cuantitativos, o métricos (Mosterín, 1978). Se sostiene que una de las primeras operaciones intelectuales que emergen es la de clasificar y comparar. Por eso, es comprensible que las investigaciones de Piaget y su grupo se hayan ocupado del surgimiento de estas operaciones en los niños, a partir de la definición de que lo característico de una operación cognitiva es la realización de transformaciones reversibles que modifican algunas propiedades de un objeto, al mismo tiempo que se dejan invariables las otras (Piaget y Voyat, 1980).

Escoger una palabra del lenguaje cotidiano para designar un concepto científico, que se ha de construir, no es una simple traducción. Requiere de una delimitación precisa de las propiedades de aquello que, como objeto de conocimiento y de operación, se designa (Pozo, 1999), más allá del fenómeno o de las interacciones delimitadas y esto, por supuesto, exige una conceptualización, esto es, la creación de un esquema dentro del cual a esas propiedades o interacciones se les atribuye el significado requerido (Lederman, 1992). De ahí que cada concepto científico, sin importar su categoría, tiene una referencia, por lo que siempre sea válido preguntar a los estudiantes dentro de un trabajo didáctico y pedagógico: ¿qué se quiere significar cuando se emplea cualquiera de ellos? Es este el espacio para entrar a especificar cada uno de los taxones.

Los cualitativos o clasificatorios: siguiendo a Mosterín (1978), su creación requiere del previo establecimiento de un sistema coherente de clasificación, en el que cada concepto se halla en una relación de correspondencia con todos los otros de dicho sistema; algo así como un organigrama. Desde la creación de la

historia natural, los biólogos son quienes han hecho uso intensivo de estos conceptos. Primero fue la taxonomía aristotélica, reformada por la del taxonomista sueco Linneo (1707–1778), para el caso de la botánica.

Además de delimitar a qué se refiere cada concepto clasificatorio en el sistema al que pertenece, su completa formulación conlleva la necesaria operación metodológica para clasificar cada ser vivo en el sistema: vertebrado, invertebrado, mamífero, pez y así sucesivamente, con la flexibilidad suficiente para, por ejemplo, establecer que las ballenas no son peces. En la naturaleza no existen jerarquías taxonómicas, sino relaciones de dependencia, incluso las de supervivencia, como las presentes evolutivamente por la de cazadores y presas. Es la actividad cognoscitiva de las comunidades de especialistas, la que con sus sistemas de clasificación ha creado una organización con miras a comprender las relaciones entre las especies que pueblan y han abatido la superficie del planeta.

Cada uno de los conceptos clasificatorios conlleva el proceso metodológico que posibilita la inclusión de cada ser vivo en taxones y subtaxones del sistema. Así, por ejemplo, el de insecto establece que es un invertebrado conformado por cabeza, tórax, dos pares de alas, abdomen y tres pares de patas. Los mamíferos se caracterizan por que las hembras poseen mamas desarrolladas, mientras que en los machos esas mamas están atrofiadas. Los mamíferos, además, son unos placentarios, mientras que otros son marsupiales, como los canguros.

Subrayando el hecho de que el desarrollo de la clasificación de los seres vivos ha permitido elaborar la conclusión de que todos dependen de todos. El tigre, el león, la serpiente de cascabel y todos los otros representantes de sus respectivas especies, tan peligrosas como se les clasifique, hacen parte de una cadena, evolutivamente elaborada a través de millones de años. En esa cadena se resalta, por fuera de versiones catastrofistas, que los seres humanos somos producto de esa evolución, somos otra de las muchas especies. Ha de quedar claro que crear un sistema de clasificación y los respectivos conceptos que lo conforman, es introducir la teoría de conjuntos en la naturaleza. Por tanto, si

a manera de ejemplo el concepto es Rojo “R” en este se incluyen todos los objetos-elementos que poseen la propiedad de manifestar este color. No puede haber en ningún sistema de clasificación un conjunto vacío.

$$R = \{a, m, b, y, x, z, \dots\}$$

En el caso de los *conceptos comparativos*, una vez creado para un dominio determinado una clasificación, como el caso del ejemplo considerado anteriormente, una observación posterior puede llevar a la conclusión de que si bien todos los objetos-elementos son rojos, no todos manifiestan el color en la misma intensidad. En consecuencia, es indispensable reorganizarlo acudiendo a las relaciones de precedencias, esto es de “mayor y de menor que” (>, <). En principio, “a” es menos rojo que “b” y así sucesivamente. En consecuencia, el conjunto inicial se reorganiza, como sigue:

$$R = \{a, b, m, x, y, z, \dots\}$$

Con este nuevo orden se establece una equiparación con la serie de los números enteros positivos “Z+” y, por tanto, la creación de una escala de comparación, que no es métrica, es decir, no responde a la pregunta cuánto de “R” contiene cada elemento del conjunto, ya que tan sólo establece, con respecto a la propiedad que $b > a < m$.

$$R = \{a, b, m, x, y, z, \dots\}$$

$$Z^+ = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, \dots\}$$

Cuando para un mismo dominio se proponen varias escalas, al ser comparativas, no existe una ecuación que permita convertir una en otra, no son intercambiables. Lo contrario sucede con las escalas métricas, como por ejemplo, el caso de las escalas de temperatura Celsius ($^{\circ}\text{C}$) y Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$), para ello se emplea la ecuación de la recta, colocando en el eje “y” la escala $^{\circ}\text{F}$ y en el eje “x” $^{\circ}\text{C}$. Los conceptos comparativos se emplean para formar clasificaciones, por ejemplo, para agrupar a todos aquellos que manifiestan la intensidad del rojo de “a”, de “b” y así sucesivamente.

Además, para responder a cuánto es mayor “b” que “a” y cuánto es menor que “m”, se requiere la creación de un concepto métrico o cuantitativo, lo que significa la formulación de un modelo científico para dicho dominio, en el que se dé cuenta la manera como interaccionan cada uno de los elementos para hacer emerger el fenómeno objeto de estudio. Este proceso los convierte en variables, para lo cual es indispensable geometrizar.

Los conceptos cuantitativos o métricos

Se ha propuesto que estos conceptos tienen una estructura trina, empleando para representarla tres ejes que se interceptan en el origen. El primero, apunta hacia arriba indicando el componente al que hace referencia el concepto métrico de que se trate: la propiedad (P), el fenómeno (F) o las interacciones (I); en el eje que apunta hacia la izquierda, el componente matemático (M) y en el eje dirigido hacia la derecha, el componente tecnológico (T). Entre P, F o I y M, se representa el proceso de matematización (PM), que comprende la geometrización de aquello a lo que hace referencia dicho concepto y que, con excepción del concepto de longitud, la mayoría se expresan en ecuaciones. Entre P, F o I y T el proceso de metrización (Pm).

Este conlleva el diseño de los instrumentos o montaje de instrumentos, para medir los efectos de la manipulación de las variables sobre la variación de las magnitudes de P, F o I, y el acuerdo sobre cómo nombrar las unidades de medida, sus múltiplos y submúltiplos. Entre M y T se representan dos conceptos complementarios, el de la exactitud (Ex) y el de la precisión (Pr), esta última, referida a la confiabilidad de los datos obtenidos con instrumentos específicos. El anterior, Ex, se centra en los valores teóricos obtenidos con las ecuaciones del componente M (Gallego Badillo, 1998).

La propuesta presentada es la que muestra la relación estrecha entre desarrollo científico y desarrollo tecnológico, una relación que se inició en el siglo XVII, cuando Galileo crea el concepto de experimento en Física, conocido como el plano inclinado, le solicita a los artesanos que le fabriquen, en primer lugar el plano —una cuña—, con una superficie de rodamiento que debe ser perfectamente

lisa y unas esferas perfectamente esféricas y perfectamente duras. La primera exigencia, con el fin de reducir al máximo la fricción y, las segundas, para que el contacto de las esferas y la superficie de rodamiento fuera un punto matemático, de tal manera que ese movimiento describiera una línea, tal cual como lo requería la hipótesis matemática que quería contrastar (Tosun, 2000). En cuanto a la relación entre exactitud y precisión, hay que poner de presente que aún no han sido factibles superficies perfectamente lisas ni esferas perfectamente esféricas y duras. De nuevo, ¿hasta dónde se confía en las medidas arrojadas por los instrumentos?, ¿y en qué sentido se afirma que los desarrollos de cada una de las comunidades de especialistas son verdades absolutas?

Conceptos métricos básicos

Estos conceptos son, como se sabe, los de longitud, área y volumen, aún cuando se reclamará porque no incluir los de peso, masa, calor y temperatura. Los primeros, en razón de que pueden ser elaborados a partir de consideraciones geométricas hasta cierto punto accesibles, mientras que los segundos requieren de una comprensión de la dinámica newtoniana y de, por lo menos, la termodinámica clásica. Las autoras de este apartado, desde su formación y experiencia como profesores de ciencias e investigadores en la didáctica y la pedagogía de éstas disciplinas, confían en que los profesores y profesoras de educación primaria, sabrán formular y poner en práctica las estrategias requeridas para que estos estudiantes del nivel primario se aproximen a estos conceptos dinámicos y termodinámicos. Por lo tanto, he aquí unos ejemplos de cómo construirlos en el colectivo aula.

El concepto de longitud.

Como concepto métrico transforma la idea habitual de distancia entre dos puntos, geometrizando, es decir, representándola de manera abstracta como un segmento de recta. Supóngase ahora que se tienen dos distancias de diferente extensión, las cuales se han representado con los segmentos AB y CD. Por simple inspección, se llega a concluir que, por ejemplo, $AB > CD$, siendo así un caso de concepto comparativo. Para construir el concepto métrico de

longitud hay que acudir a la equidescomposición arquimediana, sobre la base de que toda línea es una infinita sucesión de puntos. En consecuencia, se divide de manera homogénea y correspondiente a los segmentos AB y CD, obteniendo segmentos de menor largor.

Acto seguido, se pasa a contar el número de subsegmentos resultantes y, siempre a manera de ejemplo, como resultado de ese conteo se diría que:

$AB = 9$ segmenticos, mientras que, $CD = 7$ segmenticos.

De esta manera, se ha metrizado la idea común de distancia y construido el concepto de longitud. Lo que sigue es un proceso comunitario sobre cómo crear y denominar las unidades para los “segmenticos” resultantes. En el sistema internacional de pesos y medidas es el metro (m), con las distintas delimitaciones que ha tenido en la medida del desarrollo científico y tecnológico. Los ingleses y estadounidenses en la práctica habitual, han conservado sus designaciones de yardas, pies y pulgadas. Así:

$AB = 9\text{m}$, y, $CD = 7\text{m}$

Actuando desde el proceso de equidescomposición y de que cada segmento de recta es una sucesión infinita de puntos, dicho proceso podría extenderse a divisiones más finas, para obtener los submúltiplos de esta unidad de medida, como también los múltiplos, puesto que se trata de una escala decimal, con los correspondientes factores de conversión. Toda longitud se recorre y el instrumento de medida es la cinta métrica, en razón de que ella es longitud.

$AB = 900\text{cm}$; 9000mm ; y, $CD = 700\text{cm}$; 7000mm .

El concepto de área.

De nuevo, el punto de partida es el de superficie, al que podría atribuírse el significado de los límites de la planicie terrestre que amparan el dominio territorial, la pertenencia, con los registros en las oficinas de propiedad; el contexto político y económico de este concepto. El proceso más admitido es el de establecer los límites de la propiedad por el

proceso de cuadrícula, esto es, convertir cada área en una entidad geométrica, a partir de la cual sean factibles operaciones matemáticas (Benlloch, 1991).

El procedimiento sigue la misma analogía, en este caso, la de cuadricular, procediendo por el mecanismo más expedito. Representando la superficie para la que se quiere construir un concepto métrico en un polígono regular, como un rectángulo regular limitado por cuatro segmentos de rectas que se cortan entre sí. De nuevo, supóngase que para dos superficies de diferente extensión que se han representado por los rectángulos ABCD y HIFG, respectivamente, se quiere saber cuál es cuantitativamente de mayor tamaño, podría resultar que la simple inspección no pudiera establecer que una de ellas es mayor que la otra. Como se trata de construir un concepto métrico, se recurre a la equidescomposición de las líneas con las que se han demarcado dichas superficies y una vez obtenido para ABCD y HIFG, y para ABCD y HIFG una serie de “rectángulitos” de menor extensión. Por tanto, vuelve de nuevo la operación de conteo de estos resultantes.

ABCD = 40 rectángulitos; HIFG = 48 rectángulitos

Si se representa en un plano cartesiano estas divisiones, se encontrará que ese número de cuadrillos resultantes se da multiplicando las divisiones del eje de la “x” por de la de la “y”, luego, se concluirá que mediante la multiplicación de las divisiones de estos ejes a partir de los orígenes respectivos, se obtiene el número de rectángulitos respectivos. La multiplicación es una suma abreviada. Si el eje de la “y” se considera la altura “h” y el de la “x” la base “b” y por cuanto ya se cuenta con el metro como unidad de medida, entonces:

$$A_{ABCD} = 5m \times 8m = 40m^2 = 4000cm^2 = 40000mm^2$$

$$A_{HIFG} = 8m \times 6m = 48m^2; 4800cm^2 = 480.000mm^2$$

Por tanto, se obtiene la primera fórmula matemática en la que este concepto métrico se expresa.

$$A = bxh$$

Si sobre la gráfica de cada uno de los rectángulos se traza una diagonal, se obtendrá la representación

geométrica de dos triángulos rectángulos, por lo que el área de cada uno será la mitad de la del rectángulo; el área de estos triángulos se expresa mediante la siguiente fórmula matemática:

$$A' = (bxh)/2$$

El concepto de volumen.

Si el área es bidimensional, la del volumen es tridimensional. Se habla aquí del volumen de sólidos regulares. Para hallar el volumen de un cuerpo específico, hay que geometrizarlo y específicamente cubarlo. Obtenida esta abstracción, se inscribe la representación construida en los tres ejes del espacio, “x”, “y” y “z”. Seguidamente, se procede a la equidescomposición homogénea de estos ejes que son, como se sabe, líneas. Este proceso conduce a generar cubos de menor tamaño para proceder a contarlos, por lo que el número de cubitos obtenidos expresará y definirá el concepto métrico de volumen. De nuevo, el conteo puede ser sustituido por la multiplicación entre sí de las divisiones practicadas en los tres ejes, por lo que V puede ser expresado matemáticamente considerando que el eje “y” es la altura (h), el “x” el ancho o la base (b) y el “z” la profundidad (l), esto es:

$$V = (h)(b)(l) = \text{número de cubitos resultantes}$$

Si las divisiones producto de la equidescomposición homogénea son iguales, de tal manera que puedan ser agrupadas en una misma dimensión, entonces, el volumen V del sólido representado puede ser expresado empleando una sola dimensión, por ejemplo, “l”, en consecuencia y para los sólidos regulares:

$$V = l^3$$

$$V = n(x)(ny)(nz)$$

$$V = (nhm)(nmb)(nml) = nm^3 = ncm^3 = nmm^3$$

Se insiste en este capítulo que la actividad genérica que se halla en la base de la creación de estos conceptos métricos es la de contar y, de manera derivada, la de multiplicar, como una manera abreviada de la suma, algo que habría de tenerse en cuenta en

la aproximación de los estudiantes de primaria a las características de las ciencias de la naturaleza que están en el contenido curricular y son objeto de trabajo en el aula. Hay que resaltar que se hace referencia a aquellas ciencias cuyas admisiones históricas están basadas en la interpretación de los resultados de las medidas instrumentales como contrastación discutible acerca de cuál teoría, paradigma o programa de investigación se pretende introducir a estos estudiantes. Así entonces, lo elaborado en los párrafos anteriores persigue que la actividad educativa en ciencias opte por una actitud constructiva con los niños; es un reto didáctico y pedagógico que irá más allá de la consideración histórica que los asimila como operarios del sistema.

El concepto de capacidad.

Hace referencia a la medida de los volúmenes ocupados por los líquidos y los gases. Con respecto a los primeros, desde los alquimistas artesanos se midió la capacidad empleando los instrumentos inventados por ellos mismos, y que luego heredaron los químicos. Para definir las unidades métricas de capacidad, se acudió a la determinación de la densidad del agua pura, que es, a condiciones estándares de presión y temperatura, $1,0 \text{ gr/cm}^3$, por lo que 1000gr de esta agua, a las condiciones definidas, es 1000cm^3 . Con esto se acordó que estos 1000cm^3 eran, en el sistema internacional, un litro (1,0 l). El submúltiplo correspondiente, el mililitro (ml) y, por supuesto, los múltiplos. Destáquese que el sistema anglosajón corriente, emplea entre otras unidades de medida, el galón.

Puesto que los gases, al igual que los líquidos, son considerados fluidos, para referirse al volumen de los primeros, se acordó emplear como unidad de medida el litro y su submúltiplo, el mililitro, aún cuando comercialmente, en cuanto a un cilindro de gas para consumo doméstico, por la influencia de la industrialización desarrollada al respecto por los anglosajones, se hace referencia a la presión en términos de libras por pulgadas cuadradas. Lo anterior, debido a la razón termodinámica de que la cantidad de gas contenida en un sistema cerrado, como es el caso de los cilindros aludidos, depende de la presión y de la temperatura.

Los conceptos de peso y de masa.

Son y no son, al mismo tiempo, equivalentes, por cuanto, como conceptos métricos, mediante la consecuente fórmula matemática derivada de la dinámica newtoniana, son factibles equivalencias admisibles, en principio. Pesar mercancías para los trueques correspondientes fue, probablemente, una actividad anterior a la construcción del concepto de métrico de peso, al que habría que ligar el instrumento posterior denominado “la romana” que se supone aquí, salvo mejores referencias, que las unidades de medida de los pesos eran arbitrarias y dependían de los intereses comerciales de cada lugar.

Es de suponer que, cuando Lavoisier (1743- 794), desde una química fundada en la conservación de los pesos de las reacciones químicas, hace de la balanza el instrumento de medida del peso, establece que esos pesos se conservan, y ha de quedar claro que se trata de los pesos. Los textos de enseñanza, de manera equivocada, han enseñado que esta ley es de la conservación de la masa y, en extensión, de la materia, lo que significa preguntar qué es lo que se entiende por materia, hasta el punto de poner en tela de juicio esa categoría filosófica que haría alusión a lo que no es espiritual.

La determinación científica de la masa de cualquier cuerpo se determina desde la mecánica newtoniana, por el cambio de momento, cuando una esfera de masa conocida choca con otra, produce en ella un cambio de momento. De los cálculos matemáticos correspondientes, se determina la masa de cada uno de los cuerpos contra los cuales se chocan. Se trata de determinar la masa y no el peso. En todo caso, la unidad de medida de la masa en el sistema internacional es el kilogramo y su submúltiplo el gramo. Para los anglosajones es la libra.

Los conceptos de calor y temperatura.

En el saber común y cotidiano no se hace distinción entre estos conceptos. Para establecerla, es indispensable acudir a la termodinámica clásica, por lo que si bien son conceptos métricos, este apartado no se ocupará de su construcción. En el lenguaje común se suele decir que algo, por ejemplo una determinada cantidad de agua o unacomida, está

caliente o fría; de la misma manera se suele afirmar con respecto al ambiente que hace calor o, en su defecto, que está haciendo frío. Desde la termodinámica clásica, la afirmación admisible es la de que el agua o la comida se encuentra a una temperatura superior a la del ambiente y lo mismo con respecto al entorno, en relación con la temperatura media del cuerpo de las personas que lo habitan.

Cuando la temperatura del entorno es superior a la del cuerpo, este responde con el sudor, compuesto mayoritariamente por agua, de tal manera que al evaporarse absorbe calor y baja la temperatura del cuerpo, en términos del lenguaje común, se enfría. En el caso contrario, cuando la temperatura del entorno es inferior a la del cuerpo, este responde cerrando los poros para evitar cualquier deshidratación, es decir, conservando el agua que circula en su interior. Por supuesto que los seres humanos han aprendido culturalmente a protegerse de las inclemencias del clima. En climas calurosos o de una temperatura promedio alta, con la confección y uso de prendas de vestir ligeras y generalmente blancas, en virtud de que este color refleja la luz y conella la radiación infrarroja. Lo contrario del negro, que la absorbe, propia para los climas fríos o para las estaciones de otoño e invierno (Malaguzzi, 2001). En estos casos la vestimenta cambia al uso de abrigo, bufandas, gorros y botas especiales.

La comunidad de especialistas admite hoy que la temperatura es una medida de la energía cinética promedio de las partículas —moléculas, átomos o iones— que conforman un sistema termodinámico. Por otro lado, que esos sistemas o cuerpos no contienen calor, puesto que este es una función de trayectoria, es decir, emerge cuando se da una diferencia de potencial térmico, en otras palabras, cuando la temperatura de un sistema es diferente de la del medio que lo rodea, asumido también como un sistema termodinámico. Cuando no hay ninguna diferencia, entonces no hay flujo de calor.

Por otro lado, cuando la temperatura ambiental es mayor que la del cuerpo de las personas que en él viven, fluye calor del entorno a estos cuerpos, por lo que la temperatura de los mismos tendría necesariamente que aumentar hasta el colapso. Sin embargo,

y por una explicación basada en la evolución, los organismos vivos aprendieron, con el mecanismo de la sudoración, a disipar ese efecto. Así, en el caso de que la temperatura del entorno sea inferior a la ambiental, ocurre lo contrario, fluye calor del cuerpo hacia el entorno, hasta el punto de que sobreviene la muerte por hipotermia.

Respetando todas las recomendaciones médicas derivadas de las investigaciones sobre las causas de la hipertensión arterial, que por supuesto han de ser tenidas en cuenta, habría que construir una explicación discutible de las razones por las cuales la cocina y la alimentación de las personas que viven en entornos de temperaturas superiores a 35 grados Celsius, tienen un contenido salino (ClNa) elevado. Estas personas no pierden agua con la sudoración, sino sales, por lo que deben estar bebiendo agua con frecuencia.

Se discute además, entre profesores de ciencia para la educación primaria en ciencias, el hecho de que el instrumento general para la medida de la temperatura es el termómetro, lo que implicaría, en principio, ocuparse de las explicaciones de por qué ese es el instrumento habitual de medida para el calor, el diseño y construcción de calorímetros.

Hacia una pedagogía de las ciencias

Después de los tecnicismos presentados acerca de la construcción de algunos de los conceptos científicos básicos, se propone en esta parte, centrarse sobre la actividad primera de la inteligencia de clasificar y comparar, incluso a partir de la basada en la cultura cotidiana en la que inician la construcción los niños del mundo, como pertenecientes a un grupo humano específico, la familia en primer lugar, cuyos límites se van expandiendo paulatinamente a los amigos y luego a los condiscípulos, gracias a los procesos educativos naturales y a los curriculizados propios de las instituciones educativas (Pozo, 1999). Lo último, de conformidad con los planes establecidos por el proyecto político y económico, en el que se sustenta una propuesta de educación en ciencias para este nivel del sistema educativo (Harlen, 2001).

La educación en ciencias.

Educación en ciencias significa poner de presente cada una de las ciencias como objeto de enseñanza, significa poner a circular entre la población una concepción de ciencia que no ha de chocar con los fundamentos y creencias sobre los cuales una sociedad determinada se ha inscrito en el concierto internacional de sus relaciones con las otras del mundo. Por tanto, es menester hablar de países periféricos, cuya economía se basa en la recolección de productos naturales, apoyados en la pertenencia de aquello que la tierra les suministra, la educación en ciencias de las nuevas generaciones no van más allá de un mero ejercicio instruccional, con el fin de que las nuevas generaciones obtengan puntajes excelentes en las pruebas estandarizadas internacionales (Harlen, 1991).

Cualquier esfuerzo para educar en ciencias a las nuevas generaciones, está ligado a la construcción de una sociedad en la que la concepción de mundo ha de encontrarse en su debido tiempo y está relacionado con las condiciones históricas, políticas económicas y tecnológicas que la hacen posible; como es el caso de la Inglaterra del siglo XVII, donde emergió una pléyade de personajes que, agrupados en la *Royal Society*, se dedicarán completamente al desarrollo de las correspondientes actividades científicas y a la institucionalización de dichas actividades. Ese desarrollo científico-tecnológico ocasionó que, en el siglo XVIII, se creara la *Primera Revolución Industrial* e Inglaterra despegara como una potencia militar y como imperio. En el caso de Colombia, esos intentos de institucionalización fueron abortados, por razones políticas y religiosas, con la persecución y desaparición definitiva de la Escuela Normal Superior (Kulkarni y Simon, 1990; Gallego Badillo, Pérez Miranda y Gallego Torres, 2010).

Curricularmente, entonces, es preciso una reflexión sobre cuáles son específicamente los contenidos de cada una de las ciencias que han de ser objeto de trabajo en el aula con los educandos del nivel primario del sistema, y sobre cómo ir graduando en términos de complejidad creciente esos contenidos, para generar la aproximación que se persigue. También, de qué manera recontextualizarlos, de conformidad con el entorno cultural, social,

político y económico del cual proceden y en el cual despliegan sus labores las instituciones educativas (Bell, Abd-El-Khalick, Lederman, McComas, Matthews, 2001).

Lo educativo de las ciencias.

Detrás de cada modelo científico hay una concepción de naturaleza, de actividad científica y de utilidad de los resultados de esta, que no pueden ser soslayados. Hay, igualmente, un lenguaje conceptual y metodológico mediante el cual se expresan esas concepciones y, por tanto, una manera de pensar y de actuar frente a los objetos de conocimiento de los cuales hablan, descriptiva y explicativamente, cada uno de esos modelos. Recogen, de la misma manera, una tradición de producción de conocimiento regida por las reglas que los diferentes colectivos de especialistas han establecido y decantado desde el siglo XVII (Pozo, 1999; Gallego, 2008).

Cada uno de esos modelos ha sido propuesto por seres humanos y sometido a la admisión de los demás de su colectivo. En este proceso, contrariamente a lo que transmiten las versiones didactizadas, ha habido controversias, mezquindades, luchas por el poder, mantenimiento de reconocimientos, prioridades y demás comportamientos que se encuentran en todas las organizaciones sociales. La actividad científica no ha estado librada de estas condiciones humanas. Aquello de que dicha actividad se funda en la objetividad de observaciones o de la admisión de resultados experimentales es, a toda costa, una versión ideológica en sí misma que, como se ha apuntado, se transmite e institucionaliza a través de la educación.

En consecuencia, lo educativo de cada una de las ciencias radicaría en que, si bien deben tener como referente el contexto cultural de los educandos del nivel primario, deben considerar que, históricamente, la fuente de los problemas que dieron inicio a la actividad científica y al lenguaje conceptual y metodológico de los conceptos que lo constituyen, implicó necesariamente redefiniciones de los significados empleados entre la gente del común. Podría afirmarse, que la fuente fue la cotidianidad, aún cuando esta actividad se fue posicionando socialmente esa cotidianidad primera dejó

de ser referente, puesto que creó un mundo y un tipo de relaciones entre los seres humanos, dominado por la artificialidad de los productos de las investigaciones científico-tecnológicas, convertidos en mercancía (Gonzalez, 2000).

El problema didáctico y pedagógico actual, es el que tiene que ver con una redefinición de lo educativo de cada una de las ciencias de la naturaleza, en el contexto de la denominada “generación digital”, que estaría embebida por esa concepción de ciencia que hoy no es sostenible y, lo que podría ser peor, con base en las pruebas internacionales de estandarización, es el hecho de tener que aprenderse las preguntas correctas frente a esos cuestionarios, cuyas formulaciones hacen caso omiso de las intencionalidades de desarrollo científico-tecnológico (Gallego, 2009).

La didáctica de las ciencias de la naturaleza

La didáctica de las ciencias, como se mencionó en párrafos anteriores, no es el componente metódico o instrumental de la pedagogía. Los especialistas han creado y trabajado campos de investigación como las epistemológicas, didácticas y pedagógicas de los profesores; las ideas alternativas o los modelos mentales del estudiantado; la formación inicial y continua de profesores de ciencias; las relaciones historia, epistemología y didáctica; la confiabilidad de los textos de enseñanza; las relaciones enseñanza-aprendizaje; la alfabetización científica y tecnológica; y el empleo de las TIC en la enseñanza. Se ha evolucionado en cuanto al aprendizaje de las ciencias partiendo de las concepciones que van desde el aprendizaje significativo al aprendizaje como conceptual y metodológico, pasando a incluir los componentes actitudinales, axiológicos y culturales. Estas últimas propuestas, en virtud de que se ha reconocido que la aproximación de los estudiantes hacia cada una de las ciencias de la naturaleza, se encuentran relacionadas con las valoraciones que su comunidad ha elaborado (Gil, Carrascosa, Furio, y Martínez, 1991; Dunbar, 1993, 1995, 1997; Gallego y Gallego, 2006; Tosun, 2000; Kaufman, y Fumagalli, 2000; Yates y Chandler, 2001; Aduriz, 2005).

Si sólo el problema se circunscribe a las relaciones enseñanza-aprendizaje, en consonancia con los resultados obtenidos en los otros campos de investigación, habría que decir, en cuanto a la enseñanza, que los acuerdos que circulan entre los investigadores hablan a favor de que cualquier formulación de un método de enseñanza estandarizado para cada uno de los contenidos que se han recontextualizado y aplicable a todas las poblaciones estudiantiles, es insostenible. En primer lugar, porque esos métodos estandarizados se inscriben en la tradición de la reforma inglesa del año 1832, que estableció una educación y una enseñanza para los hijos de los obreros, basada en el aprendizaje repetitivo y mecánico de esos contenidos. Se pretendía entrenarlos en el comportamiento que tendrían que asumir cuando fueran obreros de las fábricas. Los docentes tenían igualmente que desempeñarse de la misma manera. Una concepción que en la actualidad es inaplicable.

Segundo, debido a que no todos los estudiantes proceden de contextos culturales homogéneos y sumado a que los desarrollos y uso de las TIC están incidiendo significativamente en las relaciones de los jóvenes entre sí y con su entorno. En este sentido, una estrategia de enseñanza que obtiene resultados satisfactorios con un grupo determinado en un momento específico, es posible que no funcione con otro grupo. Súmesele a lo afirmado, que es erróneo asimilar a los estudiantes a una especie inmodificable de máquinas lineales de aprendizaje. Una mejor aproximación sería aquella que los asumiera desde la no linealidad y, por tanto, desde la teoría de la complejidad. Dentro de esta mirada, el educador tampoco sería una máquina de enseñar, puesto que ha de desempeñarse como un profesional creativo.

Otro aspecto que es preciso considerar dentro de este mecanicismo, es el sometimiento a la aplicación del método científico, constituido por una sucesión de pasos de seguimiento obligatorio. El supuesto que hay detrás de una enseñanza con dicho método, es el de que el estudiantado aprenderá las bases del comportamiento de los científicos de todos los tiempos, que los condujeron a producir conocimiento en todas y cada una de las ciencias de la naturaleza (Gil, 1991). Esta es la

mirada epistemológica de carácter positivista, que las reconstrucciones históricas han demostrado que nunca fue de aplicación universal. Además, cada una de estas ciencias no son en sí, y en absoluto, netamente metodológicas, pues se desarrollan en sus particulares configuraciones, estructuras conceptuales; y sus conceptos no son directamente observables. Es innegable, recordando la reforma educativa inglesa de 1832, que la aplicación del método científico funciona en el ámbito industrial de la aplicación de lo que ya se sabe y, consecuentemente, de los procesos de control de calidad; así, la creatividad podría brillar por su ausencia.

La introducción de los estudiantes de educación primaria en las ciencias de la naturaleza

Se sugiere partir siempre de las ideas elaboradas por los educandos en cada una de las temáticas que se abordan en el aula, además de simular colectivos de especialistas, invitándolos a trabajar en grupo y a discutir y compartir los conocimientos que vayan construyendo (Driver, 1989). Han de aprender a leer ya escribir en torno a los contenidos de esas temáticas, como también deben interpretarlos, argumentando sus interpretaciones y, a partir de ellas, siempre en grupo, hacer propuestas (Izquierdo, y Sanmartí, 2001; Sanmartí, 2003).

Hay que trabajar con ellos el concepto de naturaleza, con el fin de que abandonen la creencia de que es únicamente aquello que está afuera, para que elaboren la noción de que ellos hacen parte de esa naturaleza. Por tanto, así como ellos deben cuidarse para estar sanos, así deben hacerlo con ella, puesto que no les pertenece sino que son ellos los que le pertenecen a ella. Ello ha de traducirse en un manejo adecuado de los residuos, de las botellas y bolsas plásticas, de tal manera que exijan las biodegradables (Osborne et al, 2003).

Se reitera que uno de los procesos mentales que primero aparece como actividad cognoscitiva es el de clasificar y comparar. En consecuencia, una de las actividades a las que se les ha de convocar es a la clasificación de los residuos que se producen en sus propios hogares: los biodegradables, los reciclables y los no reciclables. Para ello, es necesario invitarlos a que los recolecten en recipientes diferentes que han de

marcar, cada uno de ellos, con la leyenda respectiva. Al hacer esto, ellos están creando, en la práctica, conjuntos no vacíos. Es el momento preciso para que den cuenta de las características distintivas de cada uno de estos residuos comparando las semejanzas y diferencias entre estos (Bruner, 1956; Geire, 1999).

Seguiría, una ampliación de estos conceptos, con la observación de las plantas y animales que los rodean. Esto con el fin de afinar otra de las actividades mentales, que es la de describir y narrar (Vigotski, 1964). Así, de manera paulatina, convocarlos a la siguiente etapa: la de elaborar explicaciones basadas en las razones por las cuales aquello que observan y describen se presenta en su entorno. Todas las descripciones y las consecuentes explicaciones han de ser evaluadas como válidas. Un problema didáctico y pedagógico será introducirlos en las relaciones de causalidad directa. Toda causa conlleva un efecto, incluso en el terreno de las relaciones con los demás. Una perspectiva que ha de abocarlos a la elaboración de una ética de la convivencia, que no es extraña a la actividad científica (Bruner, 1984).

En este orden de intencionalidades, habría que invitarlos a establecer la diferencia entre lo vivo y lo no vivo, desde los conceptos clasificatorios y comparativos. Lo anterior, buscando la construcción de las relaciones necesarias entre ambas maneras de ser de la naturaleza en el planeta tierra. Lo vivo no es absolutamente independiente de lo no vivo, puesto que los primeros cargan en sí los segundos en cuanto su materialidad. En este momento sería necesario recordar la enseñanza bíblica de que “polvo eres y en polvo te convertirás”. Es, para insistirlo, la aproximación a trabajar la materialidad del mundo, como una temática en la que es menester diferenciar entre lo espiritual y lo material, entre mente y materia.

No se puede dejar de lado abocar una introducción sistemática a la diversidad de esa organización de la materia viviente, a la diversidad de los organismos que la conforman, en el presente, geológicamente hablando; ¿de dónde proviene esa diversidad?, ¿cómo está relacionada esa diversidad en términos de la supervivencia de la especie humana? y, por tanto, la creencia occidental

nacida en la “Primera Revolución Industrial” de que la especie humana era inteligente y contaba con la capacidad mental para, con sus artificios científicos y tecnológicos reemplazar la naturaleza, con el objetivo de confirmar que ella no es, en última instancia, necesaria.

Lo anotado conlleva el problema de abordar el significado de materia, el cual puede ser mirado como una categoría filosófica, política e incluso religiosa. Desde una perspectiva inicial, es importante tomar decisiones acerca de lo didáctico y pedagógico, de acuerdo con los resultados de las investigaciones piagetanas, sería aquello que se puede ver, tocar y manipular. Esta manipulación que se basa en la categoría epistemológica inicial de materia, no respondería al concepto de material, como intervención de la actividad humana en el mundo, precedida por la de los artesanos. De esta manera, trabajar con los estudiantes el problema de la materialidad ha de ocuparse en la intencionalidad de que aprender cada uno de los contenidos curriculares establecidos. ¿Cómo introducir a los estudiantes de educación primaria en el convencimiento de que existe una relación entre desarrollo científico y desarrollo tecnológico.

¿Es la categoría de materia un eje curricular, para establecer las programaciones respectivas? En este orden de ideas, cabe preguntar: ¿existe la materia?, ¿es el agua el ejemplo indicado para enseñar la existencia de los denominados tres estados de la materia?, o, por el contrario y referido a este compuesto como a todos los otros de referencia ¿son fases? De hecho, el estudio de la existencia de las tres fases del agua implica contenerla en un recipiente, el que se tenga hielo, agua líquida y vapor de agua. En cuanto a los estados del agua, la tradición escolar ha acudido, para ejemplificar el sólido, a los picos nevados de las montañas, a la nieve y al hielo; para el estado líquido a la lluvia, a los ríos y a los mares; y para el estado gaseoso a las nubes. En estos ejemplos habituales y cercanos a la experiencia cotidiana de los educandos hay errores conceptuales, puesto que el agua de la lluvia, la de los ríos y de los mares son soluciones y no agua pura. De la misma manera acudir a las nubes como agua en estado gaseoso.

Como es usual, se trabaja seguidamente, el paso de un estado al otro, denominándolos. Se acude, por tanto, al concepto de temperatura que se halla implícito en los conceptos de punto de fusión y de ebullición o, mejor, temperatura de fusión y temperatura de ebullición. El tratamiento es incompleto, puesto que es necesario recurrir al concepto de presión, en este caso, y para simplificar, al de presión atmosférica; específicamente a la presión externa cuando se estudian experimentalmente esos cambios de estado. Las temperaturas de fusión y ebullición varían cuando esa presión externa varía. Esto constituye un problema didáctico y pedagógico al que se enfrentan los profesores, no solo del nivel primario sino también del secundario. Se hace hincapié en el uso indiscriminado de las palabras “calentar” y “enfriar”.

Históricamente, el estado gaseoso y sus propiedades como la compresión y expansión, sin excluir la licuefacción y la solidificación, fueron la puerta de entrada para formular la hipótesis acerca de la discontinuidad de la materia; es decir, para postular el modelo de que esa materia estaba conformada por partículas, en un principio, por esferas duras. Es este, de igual manera, otro de los problemas didácticos y pedagógicos por enfrentar. Un recurso puede ser considerar los efectos de la temperatura sobre la dilatación de los cuerpos, tanto lineal y superficial como volumétrica, para lo cual existen diseños experimentales que pueden realizar los educandos. Para completar el modelo de las partículas es necesario motivarlas que elaboren representaciones dinámicas de esas esferas, incluso, limitadas a rotaciones que aumentan con la elevación de la temperatura, cuya consecuencia es el aumento de las separaciones lineales, espaciales y volumétricas entre ellas.

En esta propuesta, desde el concepto de temperatura es posible introducir a los estudiantes al concepto de energía. En la tradición escolar se suele enseñar que energía es la capacidad de un cuerpo para producir trabajo; definición que, por lo simple, es en sí misma errada, en razón de que el concepto científico de trabajo requiere de una construcción precisa, como por ejemplo el de trabajo mecánico. Es así, por cuanto este concepto significó históricamente el diseño de máquinas que generaron la “Primera Revolución Industrial”. Una

introducción del estudiantado a esta problemática podría ser el análisis de las denominadas máquinas simples, como el de las palancas y poleas.

El concepto de energía ha de ser extendido al funcionamiento de las actividades de los organismos vivos, con el fin de aproximar al estudiantado al papel que cumple la ingesta de los carbohidratos en la dieta diaria de las personas. Se introduce así la discusión de la alimentación y, por tanto, a la clasificación y comparación de los alimentos, en la construcción de la idea de una sana alimentación en la que debe ser objeto de discusión la hoy denominada “comida chatarra”, derivada justamente de la industrialización, no solo en la oferta de comidas rápidas, sino en el manejo del tiempo de obreros y empleados.

El control de los resultados de los aprendizajes

Puesto que se persigue la reconstrucción de las competencias leer y hablar, básicas para interpretar, argumentar y proponer, son los resultados correspondientes los que entonces han de permitirle a los profesores la emisión de un juicio sustentado acerca de la aproximación de sus estudiantes a los contenidos escolares de cada una de las ciencias de la naturaleza que hacen objeto de trabajo en el aula (Lemke, 1997). Se debe, por supuesto, tener presente que cada uno de los modelos científicos no son en sí verdades absolutas, por lo que el trabajo de los contenidos curriculares, en la actualidad, debe ir más allá de la reforma de Inglaterra en 1832, dado que el desarrollo científico-tecnológico cambió todas las perspectivas de la correspondiente época (Fourez, 1994; Quintanilla, 2006).

Actualmente, los profesores de ciencias se enfrentan al empleo de las TICs, además con la sospecha de que sus estudiantes las manejan con mayor eficiencia que ellos. Los estudiantes del presente son la nueva generación digital. Esta situación, más que un problema es una ventaja didáctica y pedagógica, puesto que ese estudiantado puede ser concitado a simular computacionalmente los experimentos requeridos para contrastar sus elaboraciones.

Referencias

- Adúriz, A. (2005). *Una introducción a la naturaleza de la ciencia*. Buenos Aires: Fondo de cultura económica.
- Assis, A. K. T. (1998). Newton e suas obras: o Principia e o Óptica. En: Alameida, M. J. P. M. y Da Silva H. C. (Org.). *Liguagens, leituras em ensino da ciencias*. São Paulo: Unicamp.
- Ausubel, D.; Novak, J. y Hanesian, H. (1983). *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.
- Barona, J. L. (1994). *Ciencia e historia. Debates y tendencias en la historiografía de la ciencia*. Valencia: Guada.
- Bell, R.; Abd-El-Khalick, F.; Lederman, N.G.; McComas, W.F. and Matthews, M.R. (2001). “The Nature of Science and Science Education: A Bibliography”. *Science & Education*. 10(1/2): 187-204.
- Benlloch, M. (1991). *Ciencias en el parvulario*. Editorial Piados
- Bowler, P. J. y Morus, I. (2007). *Panorama general de la ciencia moderna*. Barcelona: Crítica.
- Bruner, J. (1984). *Acción, pensamiento y lenguaje*. Madrid: Alianza Editorial.
- Bruner, J.S.; Goodnow, J.J. y Austin, G.A. (1956). *Un estudio del pensamiento*. Nueva York: Ediciones De la Ciencia de NY. Buchanan.
- Carretero, M. (1997). *Construir y enseñar las ciencias experimentales*. Buenos Aires. Aique grupo editor S.A.
- Driver, R.; Guesne, E. y Tiberhien, A. (1989). *Las ideas de los niños y el aprendizaje de las ciencias. Ideas en la infancia y en la adolescencia*. Madrid: Editorial Morata
- Dunbar, K. (1993). “Concept discovery in a scientific domain”. *Cognitive, Science*. (17):397-434.
- Dunbar, K. (1995). How scientists really reason: Scientific reasoning in real-world laboratories. In: R.J. Sternberg and J. Davidson. (Eds.).

- Mechanisms of Insight*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Dunbar, K. (1997). Cómo los científicos piensan: Creatividad en línea y cambio conceptual en ciencia. En: T.B. Ward; S.M. Smithy S.Vaid. (Eds.). *Estructuras y procesos conceptuales: Aparición, descubrimiento y cambio*. Prensa de APA. C.C. De Washington. Erdo
- Echeverría, J. (1998). *Filosofía de la ciencia*. Madrid: Akal.
- Estany, A. (2005). El papel de la historia de la ciencia en los estudios interdisciplinarios de la ciencia. En: S. F. Martínez y G. Guillaumin. (Comp.). *Historia, filosofía y enseñanza de la ciencia*. México: UNAM
- Fouréz, G. (1994). *Alfabetización científica y tecnológica*. Buenos Aires: Calihue.
- Gallego Badillo, R. (1998). *Discurso constructivista sobre las tecnologías. Una mirada epistemológica*. Bogotá: Magisterio.
- Gallego Badillo, R. (1992). *Saber pedagógico. Una visión alternativa*. Bogotá: Magisterio.
- Gallego Badillo, R.; Pérez Miranda, R. y Gallego Torres, A. P. (2010). “La institucionalización de la actividad científica en Colombia. Estudio de un caso fallido”. *Educación y Educadores*. 13 (3): 371 – 376.
- Gallego Torres, P. y Gallego Badillo, R. (2006). *La didáctica de las ciencias de la naturaleza. Una disciplina conceptual y metodológicamente fundamentada*. Editorial Magisterio.
- Gallego Torres, P.; Castro, J. y Rey, J. (2008). “El pensamiento científico en los niños y las niñas”. *IIEC*. 2 (3): 22- 2923
- Gallego Torres, P.; Zapata, J. y Rueda, M. (2009). “Una alfabetización científica tecnológica y cultural”. *Revista Científica*. (11):52-61.
- Giere, R. (1999). “Un nuevo marco para enseñar el razonamiento científico”. *Enseñanza De Las Ciencias*. (Junio, número extra): 63-69.
- Gil, D.; Carrascosa, J.; Furio, C. y Martínez, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Barcelona: Editorial Horsori.
- González García, M. I.; López Cerezo, J. A. y Luján López, J. L. (2000). *Ciencia, tecnología y sociedad. Una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología*. Madrid: Tecnos.
- Harlen, W. (1991). *Enseñanza y aprendizaje de las ciencias*. Madrid: Ediciones Morata
- Harlen, W. (2002). “Evaluar la alfabetización científica en el programa ocde para la evaluación internacional de estudiantes (Pisa)”. *Enseñanza De Las Ciencias*. 20 (2): 209-216
- Izquierdo y Sanmartí. (2001). “Hablar y escribir para enseñar ciencias”. *Revista Enseñanza de las Ciencias*. (Número extra, VI Congreso).
- Kaufman, M. y Fumagalli, L. (2000). *Enseñar Ciencia Naturales. Reflexiones y propuestas didácticas*. Barcelona: Ed. Paidós Educador B.A.
- Kuhn, T. S. (1972). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Kulkarni, D. and Simon, H.A. (1990). “The processes of scientific Discovery: The strategy of experimentation”. *Cognitive Science*. (12): 139-176.
- Lakatos, I. (1983). *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid: Alianza.
- Lederman, N. G. (1992). “Students’ and teachers’ conceptions of the nature of science: A review of the research”. *Journal of Research in Science Teaching*. 29(4): 331-359.
- Lemke, J. (1997). *Aprender a hablar ciencia. Lenguaje, aprendizaje y valores*. Barcelona: Paidós.
- Malaguzzi, L. (2001). *La educación infantil en Reggio Emilia*. Barcelona: Octaedro-Rosa Sensat.
- Mayr, E. (2006). *Por qué es única la biología. Consideraciones sobre la autonomía de una disciplina científica*. Buenos Aires: Katz.

- Mosterín, J. (1978). "La estructura de los conceptos científicos". *Investigación y Ciencia*. (16): 82 – 93.
- Osborne, J. C., et al. (2003). "What 'ideas-about-science' should be taught in school science? A Delphi study of the expert community". *Journal of Research in Science Teaching*. 40(7): 692-720.
- Piaget, J. (1979). *El mecanismo del desarrollo mental*. Madrid: Editora Nacional.
- Piaget, J. (1985). *Seis estudios de psicología*. Barcelona: Planeta-De Agostini.
- Piaget, J. y Voyat, G. (1980). Investigaciones sobre la identidad de un cuerpo en desarrollo y sobre la del movimiento transitivo. En: Piaget, J., Sinclair, H. y Bang, V. (Comp.). *Epistemología y psicología de la identidad*. Buenos Aires: Paidós.
- Popper, K. (1962). *La lógica de la investigación científica*. Madrid: Tecnos.
- Pozo, J. I. (1999). "Sobre las relaciones entre el conocimiento cotidiano de los alumnos y el conocimiento científico: Del cambio conceptual a la integración jerárquica". *Enseñanza de las Ciencias*. (Junio, número extra).
- Puche, R., et al. (2000). *Formación de herramientas científicas en el niño pequeño*. Cali: Arango editores en coedición con la Universidad del Valle.
- Quintanilla, M. (2006). Identificación, caracterización y evaluación de competencias científicas desde una imagen naturalizada de la ciencia En: Quintanilla, M. y Adúriz-Bravo. (Eds.). *Enseñar Ciencias en el nuevo milenio. Retos y propuestas*. Santiago de Chile: Ediciones PUC.
- Sanmartí, N. (Coord.) (2003). *Aprendre ciències tot aprenent a escriure ciència*. Barcelona: Ediciones 62.
- Tosun, T. (2000). "The Beliefs of Preservice Elementary Teachers Toward Science and Science Teaching". *School Science and Mathematics*. 100 (Issue 7): 374–379
- Toulmin, S. (1977). *La comprensión humana. Vol. I. El uso colectivo y la evolución de los conceptos*. Madrid: Alianza.
- Vigostky, L. (1979). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona: Edición crítica.
- Vigotsky, L.V. (1964). *Pensamiento y lenguaje*. Buenos Aires: La Pléyade.
- Vessuri, H. M. C. (1992). "Perspectivas recientes en el estudio social de las ciencias". *Fin de Siglo*. (3) : 40-52.
- Zahar, E. (1980). Experimentos cruciales. Estudio de un ejemplo. En: Radnitzky, G. y Andersson, G. (Edit). *Progreso y racionalidad en la ciencia*. Madrid: Alianza.