

Ciencia para el ciudadano en la escuela: Más allá de la calle y del laboratorio

Aurora LaCueva

Este es un Manuscrito Aceptado de un artículo publicado en versión impresa en *Cultura y Educación*, 11 (2-3): 179-196, año 1999. Y publicado en línea por Taylor y Francis en *Cultura y Educación: Culture and Education* el 23 de Enero de 2014, disponible en: <http://www.tandfonline.com/10.1174/113564002320516858>
This is an Accepted Manuscript of an article published in print by *Cultura y Educación*, 11 (2-3):179-196, year 1999. And published online by Taylor & Francis in *Cultura y Educación: Culture and Education* on 23 Jan 2014, available at: <http://www.tandfonline.com/10.1174/113564002320516858> (Green Open Access).

El conocimiento científico guarda características diferentes al llamado conocimiento vulgar o de sentido común. Por una parte, en el contenido de sus nociones: en los conceptos que domina y la naturaleza de los mismos. Pero también en su forma de razonar y, más allá, en su punto de vista frente al saber y frente al estudio de la realidad. La pretensión de que los escolares sustituyan su conocimiento de la vida diaria por el científico gracias a lecciones tradicionales y ejercicios prácticos rutinarios ha demostrado ser inviable. Estrategias de indagación guiada y conflicto cognitivo, más novedosas, tampoco parecen ofrecer buenos frutos en la mayoría de los casos.

¿Cómo hacer entonces para que los alumnos cambien los conceptos *de la vida diaria* que traen a la escuela por los conceptos científicos y, más aún, cómo lograr que transformen su metodología y su epistemología? ¿Es ello posible? ¿Es deseable? ¿Será cierto que sólo tenemos dos opciones frente a los temas científicos: pensar todos como piensa un investigador en su laboratorio o bien razonar errónea y atolondradamente como cualquier despistado juanpérez de hoy? ¿O existen otras posibilidades?

CONCEPCIONES ALTERNATIVAS VS. CONCEPCIONES CIENTÍFICAS

En relación a muchos temas científicos los estudiantes, aun los más pequeños, llegan al aula con nociones ya construidas, a menudo estructuradas junto a otros saberes y fuertemente arraigadas, que pueden diferir notablemente del saber disciplinario contemporáneo. Los niños y niñas pueden pensar, por ejemplo, que las plantas se alimentan tomando sustancias del suelo, o que la sombra es un reflejo de los objetos, o que los cuerpos pesados caen más rápido que los livianos (Hein, 1968; Driver, Guesne y Tiberghien, 1985; Osborne y Freyberg, 1985; Hierrezuelo y Montero, 1988/1991; hay una bibliografía comentada de Pfundt y Duit, 1994,

que recoge más de 3.500 estudios en concepciones alternativas estudiantiles, en los más diversos temas).

Estas nociones pueden ser fruto, por una parte, de la experiencia cotidiana directa con objetos y sucesos. Con frecuencia niños y adultos apreciamos así sólo la apariencia de las cosas, y en nuestro razonamiento aplicamos reglas simplificadoras que, sin ser rigurosas, son rápidas y a menudo suficientes para el desenvolvimiento rutinario, pero que pueden conducirnos a conclusiones muy distintas a las ya alcanzadas por la ciencia moderna.

También las concepciones alternativas pueden provenir de la transmisión de creencias aceptadas en el medio social más cercano. El propio lenguaje es un vehículo de transmisión no consciente de nociones no científicas (Gil, 1993). Hablamos, por ejemplo, de “la salida del Sol”, como si fuera éste quien diera vueltas alrededor de la Tierra; o decimos que “con la puerta abierta el frío se escapa de la nevera”, dando a entender que el frío es una sustancia.

Las nociones no científicas pueden surgir, así mismo, de la recepción acrítica de mensajes de los medios de comunicación masiva, a menudo fragmentos desarticulados y sesgados, favorecedores de interpretaciones equívocas.

Incluso la propia enseñanza escolar, mal enfocada o hasta cargada de errores, puede generar o reforzar concepciones alejadas del saber científico contemporáneo.

Es posible que una combinación de todas estas fuentes esté presente en numerosos casos.

Se evidencia que niños y jóvenes de países diversos coinciden en muchas de estas concepciones alternativas, posiblemente por ser comunes tanto las posibilidades como las limitaciones de nuestro aparato cognitivo, y también por la similitud de la experiencia humana con los fenómenos de la naturaleza, la semejanza o hasta identidad de los mensajes comunicacionales masivos y la muy generalizada vivencia de la escolarización en el mundo actual.

A menudo, luego de años de educación formal, los estudiantes siguen utilizando sus nociones caseras frente a las concepciones científicas aceptadas. De manera que el cambio conceptual no es fácil ni rápido.

Durante años, se ha hablado de las concepciones alternativas como si todas fueran nociones puntuales y fácilmente verbalizables. Pero hoy se reconoce que las mismas pueden estar constituidas, en mayor o menor grado, por componentes verbalizables pero también por imágenes difícilmente verbalizables y hasta por componentes no conscientes (Brown, 1993). Relacionado con lo anterior, tampoco es semejante la jerarquía de diversas nociones. Posiblemente cada uno de nosotros posee grandes teorías marco, con concepciones nucleares

a partir de las cuales pueden construirse otras más específicas, de menor importancia y menos firmemente asumidas (Vosniadou, 1994). Se sugiere la existencia de teorías marco al menos en tres grandes áreas, de relevancia en la vida de todos: física, biología y psicología (Wellman y Gelman, citados por Flavell, 1992).

EL RAZONAMIENTO DEL CIENTÍFICO Y EL DEL LEGO

Pero las diferencias entre la persona común y el científico van mucho más allá del contenido de sus nociones. No se trata sólo de que sus concepciones sobre los fenómenos o, mejor, sus “mini-teorías” sean distintas: adicionalmente, se presentan relevantes distinciones en la naturaleza de sus conceptos, en su metodología para resolver problemas y hasta en su epistemología (Rodrigo, 1994; Pozo y Gómez Crespo, 1997; Reif y Larkin, 1991).

Para empezar, no es meramente que los conceptos que manejan sean diferentes, sino que es distinta también su forma de conceptualizar. El científico o la científica es consciente de la mayor parte de su teoría y debe hacerla explícita. El ciudadano o la ciudadana de a pie suele manejar sus teorías de modo implícito; se trata muchas veces de teorías que subyacen a la acción, y que se manifiestan a través de ella: su carácter implícito, no consciente, les da una fuerza muy especial, pues no son explicaciones tentativas sujetas a crítica, sino verdaderas creencias (Rodrigo, 1994), son “la realidad”, lo que es así y no puede ser de otra manera.

Las teorías científicas son más completas y coherentes y están organizadas más jerárquicamente, con grandes principios generales de los que se desprenden nociones focalizadas. Mientras que las teorías de la persona común son menos organizadas, pueden tener vacíos y albergar incoherencias en su seno, faltándoles además enlaces.

En general, los conceptos científicos están definidos de manera precisa y constante, mientras que los conceptos vulgares tienden a ser vagos y difusos, y su significado no siempre es el mismo. Conceptos como peso, velocidad, fuerza o densidad, tienen en la ciencia un significado preciso. Los mismos conceptos aparecen en las teorías legas, pero con significados mucho más imprecisos. Por ejemplo, los términos rapidez, velocidad y aceleración se usan a menudo como sinónimos (Champagne, Gunstone y Klopfer, 1985). En los estudiantes más jóvenes, se comprueba que la noción de peso tiene connotaciones de volumen, densidad y presión.

De este modo, según señalan Pozo y otros (1992) las ideas que componen las teorías implícitas son tanto incoherentes (en el sentido de que no se aplican por igual en diversas situaciones) como inconsistentes (ya que en algunos casos diversas ideas que componen una

misma teoría son incompatibles entre sí). En ocasiones, parece ser que las mini-teorías se aplican a situaciones específicas, y son poco generalizables. Por ejemplo, la explicación para los objetos en caída libre no se aplica a los que se deslizan por un plano inclinado: para cada caso se utiliza la teoría o la concepción más útil, más práctica, en términos de facilidad y eficacia. Sin embargo, según el tema a que se refieran y la importancia del mismo para la persona, las mini-teorías pueden ser más consistentes y coherentes.

El científico trabaja en un plano *abstracto*, a menudo muy alejado del mundo experiencial. Los investigadores no trabajan sobre objetos reales, sino sobre objetos teóricos, que se construyen abstrayendo ciertas características de los objetos y considerando situaciones idealizadas (Matthews, 1994). Por ejemplo, los postulados sobre el movimiento de los péndulos, planteados por Galileo, aluden a péndulos cuya masa sea un punto y que se muevan sin resistencia del aire ni fricción de sus partes, situaciones no presentes en ningún péndulo de la vida real. Las leyes de los gases condensadas en la formulación $PV = nRT$ suponen la inexistencia de atracciones entre las partículas gaseosas, lo cual no se cumple en la realidad. Los científicos no trabajan directamente sobre la realidad cruda del mundo concreto, sino sobre una representación teórica de esa realidad, refinada y simplificada, que surge de su creatividad. Por el contrario, ése es el mundo del lego: el mundo *concreto* que percibimos directamente con los sentidos.

El científico busca lograr un conocimiento (tentativamente) *verdadero*. El ciudadano de a pie persigue a menudo un conocimiento *útil* para desenvolverse eficazmente en su entorno cotidiano, a corto plazo. Sin embargo, no conviene exagerar esta distinción, pues también los legos buscan *comprender* el mundo y no solamente “arreglárselas” en él.

Los procedimientos de construcción del conocimiento que sigue el científico son más sistemáticos, exhaustivos, parsimoniosos y controlados. Mientras que los procedimientos del lego, seguidos bajo la presión de resolver problemas urgentes del vivir, son poco sistemáticos, incompletos, rápidos y escasamente controlados.

A menudo los razonamientos legos se basan en una causalidad lineal simple: los fenómenos tienen una sola causa, cada causa produce un solo efecto, y la influencia va siempre en una sola dirección, de causa a efecto. No es extraño que se señale una supuesta causa de un fenómeno examinado, quizás falsa o secundaria, sólo por el hecho, por ejemplo, de ser llamativa, de que está presente “al lado” del fenómeno (contigüidad espacial y/o temporal) o por similitud del fenómeno con otro que se conoce (semejanza). Las teorías científicas buscan establecer conexiones causales esenciales, en ellas varias causas pueden

interaccionar produciendo un efecto determinado, y la relación causa-efecto puede ser recíproca, es decir, ambos factores pueden influenciarse uno al otro.

Se constata en el pensar lego una falta de dominio de escalas espaciales y temporales alejadas de la experiencia cotidiana. Ello dificulta la comprensión de lo muy pequeño, lo microscópico, y de lo muy grande, lo cósmico. Así como de los fenómenos muy rápidos, como la transmisión de la energía lumínica, y de los fenómenos que se desarrollan muy lentamente, con evidencias de cambio a muy largo plazo, como el desplazamiento de las placas terrestres y el consiguiente movimiento de los continentes.

Con frecuencia, el lego sólo se plantea pensar sobre una situación cuando ésta cambia: lo que permanece estable no requiere explicación (“es lo normal”, “es así”), y a menudo hasta pasa desapercibido.

Además, predomina en el pensamiento de todos los días una visión más bien estática de la estabilidad y del orden: lo que está en equilibrio es porque no se mueve, no cambia. Frente a ella el pensamiento científico ha comprendido que en la naturaleza a menudo el equilibrio es dinámico, y por lo tanto mucho más complejo: están ocurriendo cambios todo el tiempo, pero si los mismos se compensan el resultado final no se altera.

Como era de esperar, muchos de estos rasgos del pensar lego han sido encontrados en los estudiantes que se enfrentan a temas científicos, a veces acentuados por el menor desarrollo cognitivo de los pequeños y su más corta experiencia (Driver, Guesne y Tiberghien, 1985; Colmez, Delacote y Richard, 1980; Ausubel, 1964; Giordan, 1985; Gil, 1993).

La comparación presentada refleja la apreciable separación entre pensamiento científico y pensamiento cotidiano. Es cierto que la ciencia surge del pensamiento “de todos los días” y es un refinamiento de esa manera común de pensar. Pero se trata, como dicen Reif y Larkin (1991), de un refinamiento muy sustancial. Estos autores señalan acertadamente que los objetivos científicos de explicación y predicción son una extensión muy ambiciosa de los modestos objetivos de explicación y predicción presentes en el pensar lego. Y por lo mismo imponen requerimientos mucho más exigentes a la tarea de razonar. A través de los siglos, el conocimiento científico se ha ido haciendo cada vez más voluminoso, más preciso, más abstracto, más formalizado, y más tendente a tratar con fenómenos y conceptos que jamás se encuentran en la vida diaria (por ejemplo, partículas atómicas, genes, velocidades cercanas a la de la luz, etcétera).

UN RAZONAMIENTO LEGO DE ALTO NIVEL

Reconociendo estas diferencias, algunas propuestas de enseñanza buscan sustituir en la mente de los aprendices las teorías legas por teorías científicas, con sus conceptos precisos, su abstracción creciente y sus metodologías características. No creemos que ello sea factible: la preparación de un científico profesional es una labor que exige años de esfuerzo, y la convivencia y la colaboración con auténticos investigadores. Pretender lograr un proceso de este tipo durante la educación básica o aún la educación media no tiene posibilidades de éxito. Pero además no es ni siquiera deseable: la lógica del científico no es la que nos sirve para actuar con sabiduría y eficacia fuera del laboratorio.

Otras alternativas didácticas reconocen la imposibilidad de eliminar las teorías legas, y persiguen la existencia en paralelo de aquéllas junto con las científicas, de manera que la persona pueda usar unas u otras según el caso. Estos planteamientos insisten en una “ciencia para la escuela” que deja intactas las teorías legas del aprendiz, y no le ofrece a éste instrumentos teóricos ni metodológicos para reflexionar y actuar fuera del aula.

Nuestra posición es que la escuela sí puede ayudar a *empezar a construir* las teorías científicas del aprendiz, partiendo de estructuras sencillas a complejizar durante la formación secundaria y más aún, dado el caso, en la superior. Pero, por encima de ello, la acción escolar debe atender a *la transformación de las teorías legas del estudiante*. El ciudadano culto y crítico que necesitamos hoy no puede manejarse con las mismas teorías que han predominado hasta ahora en la “gente común”.

La acción escolar debe sentar las bases para que estas teorías se hagan progresivamente más explícitas, organizadas y complejas (véase un planteamiento afín en García Díaz, 1995, y García Díaz, Martín y Rivero, 1996). Así mismo debe propender a que estas teorías se enriquezcan con contenidos provenientes de las ciencias, enlazados con otros saberes (filosóficos, artísticos, políticos...), y con positivas actitudes y valores. Las heurísticas legas pueden y deben ganar en sistematicidad y exhaustividad, y sus productos deben ser sometidos a ciertos procedimientos viables de comprobación. No se trata de que imiten los procesos de investigación científica, que pertenecen a otro ámbito. Sino de que, de acuerdo con sus temas y propósitos, se desarrollen hacia mayor racionalidad, creatividad, claridad, pertinencia y efectividad (Lipman, 1991).

No es productivo pretender que las personas se desenvuelvan en la vida diaria con la racionalidad del científico, dado que ella no resulta pertinente para los problemas y las situaciones de la cotidianidad. Allí es valioso buscar la utilidad, contextualizar en vez de abstraer (o, mejor, contextualizar y también abstraer, en vaivén), trabajar contra-reloj en

soluciones quizás no tan aseguradas contra errores pero más rápidas, realizar a menudo estimaciones cualitativas y no necesariamente cuidadosas mediciones y cálculos, buscar aproximaciones suficientemente capaces de resolver más o menos satisfactoriamente el problema planteado, salir de los marcos disciplinarios para manejarse con teorías mestizas y difusas, aplicar procedimientos distintos a los científicos como la negociación, la deliberación y la acción social prudente. Pero lo importante es hacerlo de manera cada vez más sistemática, crítica e innovadora.

Lo deseable es formar ciudadanos que puedan explicitar muchas de las concepciones que guían su pensamiento y su acción, que busquen darle cada vez mayor coherencia, profundidad y completación a su pensamiento, que no se conformen con las primeras respuestas o las respuestas convencionales a las preguntas, que no se queden en la apariencia de las cosas sino que busquen penetrar más allá, que puedan entender y proponer relaciones de causalidad complejas -multidimensionales, interactivas y recursivas-, que se preocupen por fundamentar racionalmente sus creencias y acciones, que sean capaces de distanciarse de su propio punto de vista y compararlo con otros, que se alimenten de diversas fuentes de información y cultura, que actúen como pensadores deliberativos, capaces de entrar en diálogos para así ampliar los límites de su propio razonamiento y contribuir a la producción de un pensamiento colectivo más abundoso y complejo.

Creemos que la acción escolar debe tender a preparar a esos ciudadanos y ciudadanas que en su actuación diaria no se limitan a los conocimientos y procedimientos más inercialmente tradicionales, sino que construyen teorías legas más ricas, completas y críticamente útiles de lo que es habitual. Y que las utilizan en un actuar lúcido, fundamentado y socialmente responsable (Freire, 1973).

Nunca antes habíamos contado con tantos conocimientos científicos y tecnológicos. Nunca antes habíamos tenido tantos niños y niñas en la escuela, durante seis años o más. Y nunca antes la información fluía tan profusamente, por múltiples canales: desde el fascículo sobre fauna en el quiosco de la esquina hasta la señal televisiva vía satélite acerca de una guerra lejana. Es así como el ciudadano de hoy puede elaborar teorías legas que se aprovechen de las científicas, y que le permitan actuar en el mundo de manera mucho más crítica y diversificada.

El ejercicio auténtico de la democracia, el funcionamiento económico productivo y justo, la sobrevivencia cultural en la sociedad de la información, exigen este ciudadano de nuevo

tipo, que por saber más y pensar mejor puede participar con mayor pertinencia y eficacia en la vida social y puede ganar mayor control sobre su propia existencia.

El pensar lego tradicional era suficiente hace cuarenta mil años, cuando nuestros antecesores recorrían los campos en busca de frutos y caza. Entonces resultó adaptativo, apropiado para sobrevivir y prosperar. Incluso en siglos pasados podíamos manejarnos con un pensamiento lego sencillo. Pero hoy, esa forma de razonamiento, aun con los avances que también ha tenido, no nos basta y hasta nos pone en riesgo: diversos países tienen misiles nucleares que pueden borrar regiones enteras (o aun todo el globo) en una tarde, el consumo de energía y recursos de los más ricos amenaza con agostar la Tierra, la ingeniería genética - instrumento utilísimo- puede prestarse a manipulaciones demenciales... Es decir, nuestros propios logros tecnológicos son de tal magnitud y poder que, filtrados y bien orientados, pueden producir beneficios nunca vistos que eleven la calidad de vida de todos; pero también, desarrollados y aplicados sin más, pueden generar efectos perniciosos globales y a largo plazo. Los afectados seremos todos nosotros y no debemos dejar las salidas en manos de una minoría, mientras nos entretenemos y nos confundimos con nuestros pensamientos caseros.

La apropiación *al modo lego ilustrado* del conocimiento científico no sólo es relevante por razones pragmáticas, de desenvolvimiento en el mundo de hoy. Los saberes científicos son producto del esfuerzo humano, son patrimonio de todos, y si bien producirlos exige un esfuerzo especializado, comprenderlos, al menos parcialmente, puede estar al alcance de los no especialistas. Conocer de una u otra manera los conocimientos de la ciencia contemporánea, y aprovecharlos en nuestra reflexión sobre el mundo, nos ofrece enriquecimiento, disfrute y estímulo.

En las teorías legas de nuevo tipo las nociones científicas se manejan de una manera más aproximada, menos precisa y rigurosa, que en las científicas. Las explicaciones no llegan al nivel de complejidad y plenitud de la ciencia del momento, sino a un nivel penúltimo o antepenúltimo. El uso de analogías y metáforas sencillas ha de ser abundante (Tobin y Tippins, 1996). Pero en lo fundamental no tienen por qué traicionar a los saberes científicos de la época, sino que pueden recoger lo más importante y socialmente pertinente para utilizarlo junto con otros saberes en la comprensión del mundo.

Las redes teóricas que propiciamos que las niñas y niños construyan no son entonces primordialmente las del científico, sino las del ciudadano. En ellas, los conceptos, si bien guardan relación con los de la ciencia, no se definen ni se vinculan con otros como en las teorías científicas: se ven bajo otra luz, con énfasis distintos y con otros enlaces. La ciencia

del ciudadano culto y crítico no es, no puede ser, la del científico profesional: ni en precisión, ni en prioridades, ni en relaciones, ni en concepciones, ni en metodología.

LEGOS Y CIENTÍFICOS A LO LARGO DE LA HISTORIA Y HACIA EL FUTURO

De hecho, el sentido común o la ciencia del lego no es estática, sino que se ha transformado a lo largo de la historia de la humanidad. La idea que tenía de la Luna un joven cazador del Paleolítico no puede ser la misma de un adolescente de hoy, quien nació años después de que los humanos pisaran por primera vez ese satélite. La comprensión que tiene un ama de casa actual acerca de las enfermedades infecciosas no es la misma que tenía una campesina de la Edad Media o ni siquiera la de una refinada intelectual de finales del siglo XVIII. A medida que los conocimientos científicos y tecnológicos y la racionalidad científica y la tecnológica se han desarrollado, han influido, junto a otros factores, en la transformación de la racionalidad lega.

Por el camino, se han perdido también rasgos positivos, algunos de los cuales pueden evidenciarse en ciertas culturas no occidentales del presente, como en las de pueblos indígenas americanos (Aikenhead, 1996). Pensamos en rasgos como la conciencia de ser parte de la naturaleza, y no un elemento dominante y extraño que se apropia del mundo natural para explotarlo sin miramientos. Y, relacionados con ello, el respeto por el mundo natural y su conservación y la vinculación afectiva con él. Entendemos que rasgos positivos como éstos formaban un todo con otros que no consideramos tan deseables para la vida contemporánea y la racionalidad que mejor ayude a desenvolverse en ella. Así, las explicaciones místicas de los fenómenos, la celebración del misterio o la particularidad de los conocimientos. Pero creemos que las mejores características del pensar lego antiguo pueden rescatarse, transformadas y enriquecidas, al construir una racionalidad nueva, superadora de la lega moderna. Existen incluso muchos conocimientos específicos en los mundos rurales e indígenas tradicionales que resultaría importantísimo incorporar al acervo común de la humanidad: saberes sobre plantas medicinales, sobre hábitos de vida de distintos animales, sobre accidentes geográficos, sobre fenómenos geológicos...

Pero no sólo la racionalidad lega ha cambiado, también la racionalidad científica ha evolucionado a través del tiempo. Surgen crecientemente en este siglo nuevas formas del pensar científico, más complejas, que superan rasgos antiguos limitantes como el

mecanicismo, el determinismo, la compartimentalización de los saberes, el empirismo estrecho, la linealidad simple en las relaciones causa-efecto y el simplismo de las categorías excluyentes (racional / irracional, objetivo / subjetivo, categorías que no admitían las zonas grises ni la contradicción). Se avanza dentro de la ciencia, aunque lentamente, hacia concepciones más dialécticas y sofisticadas, más probabilísticas y hasta de lógica borrosa, más holísticas y multiplicadamente interactivas.

La ciencia mecanicista de Descartes y Newton fue la respuesta a una etapa del desarrollo humano, y simplificó su enfoque para poder abordar una realidad extraordinariamente compleja con los instrumentos teóricos y metodológicos a su disposición. Hoy, los logros alcanzados permiten aspirar a mayor complejidad en los paradigmas científicos. Y, lo que es más importante, las perversiones del modelo y sus negativas consecuencias en ciertas áreas tecnológicas hacen de este cambio paradigmático una necesidad para la supervivencia de la humanidad.

Los cambios en la racionalidad científica pueden potenciarse gracias a la interacción con un pensamiento lego complejo y crítico. En efecto, no solamente la mentalidad lego puede enriquecerse por la incorporación-adaptación de conocimientos científicos y tecnológicos. También el pensamiento científico y tecnológico puede plantearse nuevos problemas, puede abrirse a áreas inexploradas, puede dotarse de nuevas metodologías y puede ganar en pertinencia y profundidad al entrar en diálogo con una racionalidad lego de nuevo tipo. La compartimentalización científica rígida, el solipsismo académico (se leen siempre a los mismos, se habla siempre con los mismos, pertenecientes al mismo mundo y que comparten la misma visión del mundo), la ultra-especialización, pueden desecar y futilizar la práctica científica. La vinculación exclusiva con las ideologías e intereses dominantes la puede llevar por caminos extraviados, donde en servicio cortoplacista a unos pocos poderosos se sacrifica el bienestar de muchos y hasta el equilibrio de la Tierra.

Hacia el futuro, podríamos pensar en lo poderoso que resultaría que todos nosotros, no sólo un puñado de científicos, pudiéramos ver el mundo a través de las grandes teorías físicas, químicas, biológicas y geológicas. Como dice Churchland (citado por Claxton, 1991, pp. 143-144 de la versión castellana), “si nuestros juicios perceptivos deben estar cargados de teoría en cualquier caso, entonces, ¿por qué no los cargamos de la mejor teoría disponible?... la consiguiente expansión de nuestra conciencia perceptiva sería profunda. Si alguna vez llegamos a tener éxito en producir este cambio, nos sentiremos realmente como en casa en nuestro universo físico por primera vez”.

Es como estar mirando a través de unos lentes rayados y mal graduados y poder un día cambiarlos por unos anteojos nuevos, de ajustada potencia y excelente calidad: el mundo se nos revelaría diferente, mucho más rico, colorido e interesante.

A su vez, resultaría sumamente fructífero que los científicos pudieran ver el mundo no sólo gracias a sus conocimientos teóricos muy específicos, sino a partir también de los conocimientos de otras ciencias y de una visión legítima holística y crítica.

LA FORMACIÓN DE LOS CIENTÍFICOS DESDE LA ESCUELA

Lo que hemos planteado acerca de la formación escolar básica no obstaculiza que cuando un ciudadano o una ciudadana llegue a ser un profesional de la ciencia, dentro de ese ámbito y teniendo como fondo sus teorías legítimas, trabaje con sus teorías estrictamente científicas. Creemos que las mismas puede también haberlas empezado a construir desde la escuela.

En efecto, en las aulas escolares es posible que todos los niños durante lapsos breves y algunos niños, los que tienen mayores intereses y aptitudes, durante buena parte del tiempo se inicien en cierta medida dentro de la racionalidad científica (o la tecnológica). El trabajo en proyectos de investigación científicos y tecnológicos sería el corazón de esa parte del tiempo escolar durante la cual los estudiantes podrían ponerse “el traje” bien de científico o bien de tecnólogo: planificando y realizando experimentos, programando y cumpliendo trabajos de campo, presentando informes ante sus pares, o -como tecnólogos- diseñando y poniendo a prueba procesos y productos novedosos y prácticos.

Pero esta propuesta tiene inevitablemente sus límites: ni por su edad ni por su preparación resultan científicos o tecnólogos los alumnos. Sus profesores, no importa cuán bien preparados, no son investigadores científicos profesionales. (Ojalá sean, eso sí, docentes-investigadores en el campo de la enseñanza de las ciencias, lo cual es algo distinto). Y el interés por la indagación científica de por sí y por la estructuración de conocimientos a la manera del científico no puede arraigar firmemente sino en algunos estudiantes: carece de sentido pretender que todos quieran “ser como científicos” o “como tecnólogos”.

Podría preguntarse: ¿para qué entonces desarrollar iniciativas como los proyectos científicos o los tecnológicos? Responderíamos que, a pesar de sus limitaciones, los proyectos “de especialista” permiten a los niños obtener un conocimiento *desde adentro* similar en algunos rasgos importantes al del mundo de la ciencia o de la tecnología. El mismo sería la base a expandir por los estudiantes que posteriormente se especializaran en estas ramas, y a todos les resultaría un aporte enriquecedor y útil en su comprensión del mundo.

Podría también pensarse que no es posible cambiar así de chaqueta: por ejemplo, de la racionalidad “de cuasicientífico” a la de pequeño ciudadano crítico. Pero la mente humana es muy flexible y puede actuar en contextos y situaciones diferentes utilizando marcos teóricos diferentes.

Nuestro planteamiento trata de equilibrar perspectivas y prácticas pedagógicas que, bien conjugadas, contribuyen a una muy completa formación estudiantil. Pero que llevadas a extremos en solitario resultan inviables, y con su fracaso propician el regreso a las rutinas escolares más tradicionales y pobres.

LA FORMACIÓN DE CIUDADANOS CULTOS Y CRÍTICOS DESDE LA ESCUELA

Para formar al ciudadano culto y crítico, de racionalidad “lega avanzada”, necesitamos trabajar las nociones científicas y tecnológicas en un contexto más amplio que el del especialista. Debemos abordarlas a partir de situaciones sociales y personales que, de alguna manera, toquen la vida de los alumnos, vinculándolas con nociones de otros muy diversos campos del saber y áreas de acción humana: desde la economía a la ética, de la política al arte. Y debemos hacerlo siguiendo una pedagogía investigativa y no una pedagogía transmisiva.

El permanente contacto con el mundo de afuera, la indagación sobre temas “de la vida real”, los canales para que la realidad exterior entre al aula y sea objeto de estudio en ella, nos parecen fundamentales en el desarrollo de la mentalidad lega más compleja que propugnamos. No hay oportunidad en una clase así para recluir al conocimiento científico en un compartimento de “ciencia de la escuela” (Pérez Gómez, 1992). Constantemente se pone a los niños y niñas en situación de aplicar sus nociones en la comprensión del mundo, de llevarlas a la calle y traerlas de vuelta para seguirlas reelaborando.

Nuestra concepción de la enseñanza de las ciencias se ubica dentro de un paradigma de escuela investigativa y flexible, donde los márgenes para el trabajo infantil sean bastante amplios y permitan el desarrollo de un currículo emergente, que se vaya construyendo a medida que avanza el año escolar y gracias a la participación de los alumnos.

Esta concepción está lejos del espontaneísmo o del *laissez-faire*. Implica unas rutinas, unos condicionantes materiales y unas pautas organizativas que permitan a los niños aprender a tomar decisiones sobre su propio aprendizaje sin caer en el desorden o la dispersión. No

resulta una enseñanza fácil, puesto que la enseñanza auténticamente significativa no es fácil, pero sí creemos que es una enseñanza factible.

Destacamos cinco facetas básicas dentro del trabajo pedagógico: la planificación, los recursos, la evaluación, la organización y los tipos de actividades predominantes (LaCueva, 1993, 1997). Nos detendremos brevemente en cada una de ellas.

Planificación como preparación y no como predeterminación

Planificación no como predeterminación cerrada de lo que va a pasar en el aula, sino como la preparación de las condiciones favorables a la acción infantil y juvenil: preparación de ambientes ricos y de experiencias valiosas y preparación del mismo docente para su mejor trabajo pedagógico.

Creemos deseable un currículo nacional básico, pero no en el sentido de un conjunto de pautas estrechas, sino más bien como “Manual de exploradores”: un manual en el estilo de los que puede usar un montañista, un aficionado a la geología o un naturalista *amateur*. En el mismo se pueden señalar grandes finalidades y temas básicos a tratar, junto a un conjunto de orientaciones para el trabajo, las cuales no pretendan imponer un único recorrido sino ayudar a cada uno a emprender distintos caminos. Así, por ejemplo, orientaciones sobre tipos de actividades recomendables, formas de evaluación convenientes, recursos necesarios, bibliografía útil, etcétera.

Con estas ayudas, y otras que él o ella se agencie, el educador o educadora puede desarrollar un plan-armazón básico, y trabajar luego con sus alumnos en la precisión de planes de clase y de planificaciones individuales.

Por ejemplo, los niños pueden saber que tienen que realizar un determinado número de actividades de cada tipo en las diferentes áreas: proyectos, trabajos cortos, lecturas, fichas auto-instruccionales... Teniendo estas pautas, pueden elegir lo que van a hacer de bancos de actividades o pueden proponer ideas nuevas.

Recursos como base material rica para el trabajo

La escuela investigativa necesita mayor cantidad y variedad de recursos que la escuela tradicional, donde el libro de texto, la pizarra y la tiza bastan para la marcha del trabajo. No se trata sólo de que los recursos existan en el plantel, sino de que se pongan efectivamente al alcance de los niños y se estimule su uso: libros diversos, videos, computadoras con acceso a Internet, aparatos y equipos, sustancias e instrumentos, papel, cartón, pintura, material de

desecho... Es conveniente que muchos de ellos resulten de libre acceso, para que los estudiantes los seleccionen según el trabajo que han decidido desarrollar. Hace falta también el mobiliario apropiado: mesas planas y sillas en vez de los limitantes pupitres.

Desde luego que la mayor riqueza de un país posibilitará mayores inversiones en la dotación escolar, pero es importante en todos los casos darle prioridad a esta área, y los educadores deben ganar claridad sobre el papel crucial que tiene el uso cotidiano de recursos diversificados en la mejor formación infantil.

Evaluación como ayuda y no como castigo o premio

La evaluación como ayuda sigue a los niños en su trabajo diario y les ilumina sobre sus logros y sus lagunas o fallas. No requiere mayormente de exámenes o momentos especiales para evaluar (aunque puede usarlos de modo ocasional), sino que trabaja a partir de la observación cotidiana y del análisis de los productos del trabajo infantil, tanto individual como de equipo: informes escritos, dramatizaciones, dibujos, conferencias, murales...

Es una evaluación que admite el error como parte del proceso de aprendizaje y que dispone de mecanismos para ayudar a los niños y niñas a superar escollos: fichas autocorrectivas, tutorías entre compañeros, trabajos de refuerzo individualizados, entre otros.

Cuando la dinámica del trabajo lo va permitiendo, resulta conveniente introducir en el aula oportunidades para la coevaluación y la autoevaluación.

Organización democrática del trabajo escolar

No es viable un planteamiento de enseñanza investigativa dentro de una escuela autoritaria. Requerimos, por el contrario, de pautas y mecanismos democráticos, que permitan el trabajo organizado y productivo sin necesidad de imposiciones arbitrarias ni órdenes inapelables.

Se hace necesario ir abriendo canales para la participación de los niños, no sólo -como ya expresamos- en la planificación, conducción y evaluación de su trabajo, sino también en el gobierno del aula y de la escuela. La asamblea de aula, la asamblea escolar, los delegados electos y, a partir de una cierta edad, los representantes ante el Consejo Docente, pueden constituir buenas opciones en esta línea.

Actividades significativas

A menudo, predominan en los salones de clase rutinas de escaso valor: ejercicios gramaticales, cuentas, dictados, lectura y subrayado de capítulos del texto, cuestionarios... Por sí solas, descontextualizadas, estas tareas difícilmente despiertan el interés de los niños y no permiten tampoco aprendizajes potentes y significativos.

Para la clase de ciencias, estimamos viables y fructíferos cuatro grandes tipos de actividades: las experiencias desencadenantes, los proyectos de investigación, las actividades cortas y el trabajo con materiales autoinstruccionales.

Experiencias desencadenantes

Se trata de experiencias poco estructuradas que tienen como propósito “abrir ventanas” al conocimiento de las niñas y niños, poniéndolos en contacto con ideas, prácticas, fenómenos poco conocidos por ellos y que encierran carga formativa. Estas experiencias son valiosas por sí mismas, por lo que permiten aprender y por las inquietudes que despiertan. Pero, además, pueden resultar el punto de partida y la fuente de interrogantes para proyectos de investigación diversos.

Entre las experiencias desencadenantes se pueden mencionar: las *visitas* a museos, industrias, talleres, comercios, empresas de servicios públicos y privados, estaciones de radio o televisión, ambientes naturales; las *conversaciones con expertos* diversos, desde la escultora hasta el cuidador del zoológico, desde el submarinista hasta la astrónoma; el *texto libre* y el *dibujo libre*, tal como los propone la escuela freinetiana (Freinet, 1966, 1971); la *correspondencia interescolar*; la existencia de *microambientes en la escuela*, como el acuario, el terrario o el rincón silvestre; la *lectura de obras de ficción y de no ficción* vinculadas con la ciencia...

Algunas de estas actividades pueden formar parte también de los proyectos de investigación, pero entonces se desarrollarían de un modo más pautado y con objetivos más precisos. Aquí las sugerimos como actividades menos delimitadas, de las que diferentes estudiantes pueden obtener beneficios diferentes. De lo que se trata es de enriquecer y estimular con nuevas vivencias y saberes *en germen* la existencia de los niños y niñas en la escuela.

Proyectos de investigación

Son actividades mucho más estructuradas y precisas que las experiencias desencadenantes. En tales trabajos los niños, individualmente o por equipo, se plantean dar

respuesta a inquietudes e interrogantes sentidas por ellos, de manera planificada, y combinando la consulta documental y el trabajo de campo con mayor o menor intensidad. Normalmente, exigen al menos dos o tres semanas de labor.

Los proyectos se descomponen a su vez en diversas actividades posibles, de gran valor educativo. Entre ellas pueden encontrarse: la observación de fenómenos naturales y sociales - abierta o mediante guías estructuradas-; las entrevistas; los cuestionarios; los experimentos; el análisis de documentos primarios; la consulta a libros y otros impresos, videos, CDRoms e Internet; la construcción de objetos; la propuesta sobre formas de acción y la propia acción sobre problemas y situaciones reales.

Es necesario que los niños combinen el trabajo empírico con la consulta teórica, para no caer ni en un empirismo simplificador ni en un teoricismo aislado de la realidad. Además, no se trata de que los escolares redescubran lo ya sabido, sino de que indaguen en el mundo (en su mundo) a partir de los conocimientos que su cultura les pone ya a disposición.

La planificación, el seguimiento y la comunicación son las tres grandes fases de los proyectos. En todas ellas es fundamental la participación decisoria de los propios estudiantes. Los proyectos no se pueden imponer, sino que deben ser propuestos por los niños o, al menos, escogidos por ellos de un banco elaborado al efecto. Sólo así serán verdaderas indagaciones, y sólo así estarán energizados por el interés infantil y guiados por procesos metacognitivos complejos.

Sugerimos tres grandes tipos de proyectos escolares: científicos, tecnológicos y ciudadanos. Cada uno de ellos implica procedimientos diferentes y énfasis distintos en nociones y actitudes y valores. Creemos que el mayor peso debe residir en los proyectos ciudadanos, centrados en la investigación-acción sobre problemas transdisciplinarios “de la vida real”.

Serían ejemplos de proyectos científicos: experimentar con bombillos, pilas, cables, interruptores y resistencias, tratando de encontrar regularidades al montar circuitos eléctricos; estudiar fenómenos del tiempo atmosférico en la región durante un lapso determinado; producir cambios en las condiciones de vida de las hormigas en un formicario, contrastando los resultados con hipótesis previas. Constituirían posibles ideas para proyectos tecnológicos: inventar recetas creativas y sanas de ensaladas y canapés; fabricar carritos de juguete y/o pistas donde probarlos; diseñar procedimientos para la mejor utilización de los equipamientos deportivos de la escuela por parte de todos los alumnos del plantel. Podrían ser temas para proyectos escolares de investigación-acción ciudadana: la calidad de la cantina o comedor

escolar; el uso del agua en la comunidad; la publicidad en la televisión; ideas y prácticas sobre sexualidad y embarazo entre jóvenes de la comunidad.

Actividades cortas

Son labores más breves y más estructuradas desde afuera que las anteriores, aunque siempre dejan abierta la participación infantil, sobre todo en la interpretación de lo realizado y de los resultados obtenidos.

Incluyen la realización guiada de ciertas observaciones, pequeñas experiencias o trabajos (dramatizaciones, dibujos, maquetas, mapas de conceptos...). Sugerimos desarrollarlas por paquetes o bloques temáticos, puesto que aisladas dejarán seguramente poca huella. Algunos ejemplos entre los ensayados por nosotros (LaCueva, 1996): hacer mantequilla en clase, construir un “radio-esqueleto” con radiografías, recoger y analizar refranes sobre el tiempo atmosférico, hacer una colección de guijarros, estudiar la contaminación atmosférica gracias a los depósitos sobre las hojas de los árboles ubicados en diversos ambientes...

Los trabajos cortos pueden ser un primer “encuentro con la ciencia”, a profundizar eventualmente gracias a los proyectos de investigación. Permiten a los niños y niñas, de manera sencilla y diversificada, ponerse en contacto con fenómenos y generar reflexiones de primer nivel.

Puede ser difícil desarrollar toda la enseñanza de las ciencias a partir exclusivamente de proyectos. Actividades menos ambiciosas como los trabajos cortos permiten lapsos de labor menos exigentes y al mismo tiempo nutritivos e interesantes.

Trabajo con materiales auto-instruccionales

Las actividades con materiales auto-instruccionales posibilitan a cada estudiante avanzar a su propio ritmo y, en ocasiones, siguiendo caminos diferentes, en el dominio de procedimientos y conceptos. En efecto, es posible que el desarrollo de las actividades anteriores no sea suficiente, al menos en todos los casos, para consolidar el logro de ciertas destrezas o de determinadas nociones. Puede ser que algunos alumnos requieran mayor práctica para aprender, por ejemplo, a construir gráficos, a utilizar un microscopio, a aplicar determinados estadísticos. O bien que tengan dudas o confusiones importantes en el manejo de ciertos conceptos. Los materiales auto-instruccionales permitirían entonces un trabajo “a la medida” de cada aprendiz.

Es posible que se concreten en fichas, hojas o cuadernillos. Y hoy en día un canal excelente son los programas computarizados. Aunque algunos de estos materiales pueden ser realizados por los propios docentes, de modo casero, lo más adecuado en muchos casos es recurrir a productos comerciales, de más cuidadoso acabado. Eso sí, evaluándolos previamente para velar porque no se cuecen bajo una apariencia atractiva y moderna ejercicios aburridos del más rancio y machacón tradicionalismo.

El enfoque pedagógico que presentamos nos parece favorecedor del avance hacia un pensamiento lego más complejo, enriquecido por las nociones científicas. Se parte de las mini-teorías que los niños tienen y se ofrecen oportunidades, retos y apoyos para que los pequeños las expliciten, las confronten, las amplíen y, eventualmente, las transformen en otras mejores. El trabajo se plantea lejos de la canalización estrecha, sino buscando lo que podríamos llamar la apertura autoestructurante, que logre pulsar en los aprendices las fibras de la emoción -energizadora de la acción cognitiva-, y que favorezca los procesos metacognitivos. Se propicia el intercambio con compañeros, docente y, eventualmente, otros niños y otros adultos. Se pretende usar la escuela como campamento-base en la exploración e investigación del mundo, aprovechando oportunamente los conocimientos disciplinarios en la construcción del saber lego de alto nivel.

Referencias

- AIKENHEAD, G. S. (1996). *Towards a First Nations Cross-Cultural Science and Technology Curriculum for Economic Development, Environmental Responsibility and Cultural Survival*. Ponencia presentada en el Octavo Simposio de la International Organization of Science and Technology Education (IOSTE). Edmonton, Alberta, Canada. Agosto, 17-22.
- AUSUBEL, D. P. (1964). Some psychological and educational limitations of learning by discovery. *The Arithmetic Teacher*. May, 290-302.
- BROWN, D. E. (1993). Refocusing core intuitions: a concretizing role for analogy in conceptual change. *Journal of Research in Science Teaching*. 30 (10), 1273-1290.
- CHAMPAGNE, A. B., GUNSTONE, R. F. y KLOPFER, L. E. (1985). Instructional consequences of students' knowledge about physical phenomena. En L. H. T. West y A. L. Pines (Eds.), *Cognitive structure and conceptual change* (pp. 61-90). Orlando, New York, London, Sydney: Academic Press.
- CLAXTON, G. (1991). *Educating the inquiring mind: the challenge for school science*. (Trad. cast. *Educar mentes curiosas. El reto de la ciencia en la escuela*. Col. Aprendizaje. Madrid: Visor, 1994).
- COLMEZ, F., DELACOTE, G. y RICHARD, J. F. (1980). La actividad experimental en el alumno. *Infancia y aprendizaje*. 13, 3-20.

- DRIVER, R., GUESNE, E. y TIBERGHIE, A. (1985). *Children's ideas in science*. Open University Press. (Trad. cast. *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: M.E.C. / Morata, 1989).
- FLAVELL, J. H. (1992). Cognitive Development: Past, Present and Future. *Developmental Psychology*. 28 (6), 998-1005.
- FREINET, C. (1966). *Les techniques Freinet de l'école moderne*. (Trad. cast. *Técnicas Freinet de la escuela moderna*. México: Siglo XXI, 1975. 6a. edición).
- FREINET, C. (1971). *Pour l'école du peuple*. (Trad. cast. *Por una escuela del pueblo*. Col. Cuadernos de Educación, no. 49-50. Caracas: Laboratorio Educativo, 1977).
- FREIRE, P. (1973). *Pedagogía del oprimido*. Buenos Aires: Siglo XXI Argentina. 10a. edición
- GARCÍA DÍAZ, J. E. (1995). La transición desde un pensamiento simple hacia un pensamiento complejo en la construcción del conocimiento escolar. *Investigación en la escuela*. 27, 7-20.
- GARCÍA DÍAZ, J. E., MARTÍN TOSCANO, J. y RIVERO GARCÍA, A. (1996). El currículum integrado: desde un pensamiento simple hacia uno complejo. *Aula de Innovación Educativa*. 51, 13-18.
- GIL PÉREZ, D. (1993). Enseñanza de las Ciencias. En D. Gil Pérez y M. de Guzmán, *Enseñanza de las Ciencias y la Matemática. Tendencias e innovaciones* (pp. 15-92). Serie Educación, Ciencia, Tecnología. Madrid: O.E.I. / Ed. Popular.
- GIORDAN, A. (1985). Interés didáctico de los errores de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*. 3 (1), 11-17.
- HEIN, G. E. (1968). Children's science is another culture. Stanford University, School of Education. Mimeo. Reproducido de *Technology Review*. December.
- HIERREZUELO, J. y MONTERO, A. (1988). *La ciencia de los alumnos*. Barcelona: Laia / M.E.C. (Segunda edición: Díada, Sevilla, 1991).
- LACUEVA, A. (1993). *Por una didáctica a favor del niño*. Col. Cuadernos de Educación, No. 144. Caracas: Laboratorio Educativo. (2a. edición: 1997).
- LACUEVA, A. (1996). *Las Ciencias Naturales en la Escuela Básica*. Col. Procesos Educativos, No. 10. Caracas: Fe y Alegría.
- LACUEVA, A. (1997). Retos y propuestas para una didáctica contextualizada y crítica. *Educación y Pedagogía*. IX(18), 39-82.
- LIPMAN, M. (1991). *Thinking in education*. Cambridge U. Press. (Trad. cast. *Pensamiento complejo y educación*. Madrid: de la Torre, 1997).
- MATTHEWS, M. R. (1994). Vino viejo en botellas nuevas: un problema con la epistemología constructivista. *Enseñanza de las Ciencias*. 12(1), 79-88.
- OSBORNE, R. y FREYBERG, P. (1985). *Learning in science*. Auckland: Heinemann. 4a. reimpresión, 1989.
- PÉREZ GÓMEZ, A. (1992). El aprendizaje escolar: de la didáctica operatoria a la reconstrucción de la cultura en el aula. En J. Gimeno Sacristán y A. Pérez Gómez, *Comprender y transformar la enseñanza* (pp. 63-77). Madrid: Morata.
- PFUNDT, H. y DUIT, R. (1994). *Students' alternative frameworks and science education*. Kiel: Institute for Science Education, der Universität Kiel. 4a. edición.
- POZO, J. I. y GÓMEZ CRESPO, M. A. (1997). ¿Qué es lo que hace difícil la comprensión de la ciencia? Algunas explicaciones y propuestas para la enseñanza. En L. del Carmen (Coord.), *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria* (pp. 73-105). Cuadernos de Formación del Profesorado, No. 9. Barcelona: ICE, Universidad de Barcelona / Horsori.

- POZO, J. I.; PÉREZ, M. del P.; SANZ, A. y LIMÓN, M. (1992). Las ideas de los alumnos sobre la ciencia: del pensamiento formal a las “concepciones alternativas”. *Infancia y Aprendizaje*. 57, 4-21.
- REIF, F. y LARKIN, J. H. (1991). Cognition in Scientific and Everyday Domains: Comparison and Learning Implications. *Journal of Research in Science Teaching*. 28 (9), 733-760.
- RODRIGO, M. J. (1994). El hombre de la calle, el científico y el alumno: ¿un solo constructivismo o tres? *Investigación en la Escuela*. 23, 7-16.
- TOBIN, K. y TIPPINS, D. J. (1996). Metaphors as seeds for conceptual change and the improvement of science teaching. *Science Education*. 80(6), 711-730.
- VOSNIADOU, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*. 4, 45-69.

Ciencia para el ciudadano en la escuela: más allá de la calle y del laboratorio / *Science for citizens at school: beyond street and laboratory*. Aurora LaCueva

Resumen: El artículo destaca las diferencias entre las teorías legas y las científicas de hoy. Se plantea que no es pertinente ni posible la sustitución de las primeras por las segundas durante los años de la escolaridad básica, sino que lo deseable es fomentar desde la escuela el desarrollo de una racionalidad lega de nuevo tipo, más compleja y crítica. Para ello se requiere una escuela investigativa, flexible y democrática. El trabajo ofrece algunos lineamientos al efecto.

Palabras clave: Educación primaria, educación básica, enseñanza de las ciencias, razonamiento cotidiano, pensamiento complejo, enseñanza por proyectos.

Abstract: The article remarks differences among present lay and scientific theories. Substitution of the first by the second ones during the basic school years is not considered pertinent or feasible. The desirable educational goal should be to favor the development of a new kind of lay thinking, more complex and critical. To accomplish it, a more investigative, flexible and democratic school is required. The paper offers some guidelines to that effect.

Keywords: Primary education, basic education, science education, everyday cognition, complex thinking, project-based learning.

Datos sobre la autora: Aurora LaCueva es profesora en la Escuela de Educación de la Universidad Central de Venezuela, en Caracas, Venezuela. Ha escrito libros para niños sobre temas científicos y tecnológicos como el petróleo, el agua, los suelos y las plantas. También ha publicado artículos y monografías sobre didáctica general y, especialmente, didáctica de las ciencias.

Dirección: Departamento de Metodología, Escuela de Educación, Facultad de Humanidades y Educación, Universidad Central de Venezuela. Edificio de Tránsito, Ciudad Universitaria. Urb. Los Chaguaramos. Caracas, 1051. Venezuela. Tel.: (58-2) 605.2888. Fax: (58-2) 693.1981. Correo e-: cdeucv@camelot.rect.ucv.ve