



Una Propuesta para la Formación en Aula de Ciencias

Maria Arcá

Consiglio Nazionale delle Ricerche. IBPM – Sezione Acidi Nucleici
Piazzale Aldo Moro, 3. 00185 - Roma e-mail: maria.arca@uniroma1.it

Resumen

El propósito es presentar una forma de incidir en la formación de los maestros y en consecuencia en la educación científica, mejorando su calidad. Se considera que es necesario una mediación que permita a los educadores disponer de un conocimiento elaborado en el campo científico y en el campo cognitivo, para traducirlos a propuestas operativas.

Palabras clave: educación, conocimiento científico, formación de profesorado, cambio metodológico.

Abstract

We suggest in this article some new modalities in teachers formation, to improve scientific education at school and to realize an effective change in didactical methodologies. Beyond their disciplinary skills, teachers need to develop complex relational aptitudes, attending to cognitive requirements of their pupils and involving them in original researches on stimulant subjects. If the teacher acts as a cognitive mediator among real phenomena and the knowledge structures of his/her pupils, they can elaborate complex interpretations of facts, where creativity, imagination, scientific knowledge, logical evidences of causal relations are deeply interconnected.

Key words: education, scientific knowledge, teachers' training, methodological change.

Premisa

La experiencia directa, tanto en la escuela como en proyectos de formación de maestros, me hace pensar que, demasiado a menudo, el pensamiento científico, la investigación pedagógica y la práctica didáctica se desarrollan de manera independiente entre sí, en universos que muy raramente se cruzan.

En efecto, la ciencia moderna se desarrolla con criterios muy diferentes de los que, según los manuales escolares, deberían transformar a los niños en pequeños científicos; y son los mismos manuales los que proponen muy a menudo, temas anticuados de manera anticuada.

Los modelos elaborados por la investigación pedagógica, de hecho, se aplican con más facilidad a unos "sujetos epistémicos", como diría Piaget, que a unos niños reales, es decir, aquellos que cada día van al colegio para aprender algo junto con sus compañeros.

Para los maestros suele ser, por tanto, muy difícil desarrollar una didáctica de las ciencias moderna y eficaz, planteando en la clase actividades concretas sobre la base de hipótesis

"epistemológicas procedentes de las ciencias cognitivas".

Es necesario, por tanto, una mediación que, por un lado, permita a los educadores disponer de los conocimientos elaborados en el campo científico y en el campo cognitivo traduciéndolos en conocimientos y actitudes operativas; y por el otro, permita a los estudiosos de psicología, pedagogía y ciencias naturales, interesados en la transmisión cultural, comparar los contenidos que se consideran esenciales y los distintos modelos de conocimiento con los problemas, las dificultades, las exigencias de la enseñanza y del aprendizaje en clase.

Objetivos y Temas de la Investigación

La investigación que nos ocupa desde hace varios años se refiere básicamente a esta mediación estudiando en concreto los procesos de la educación en el conocimiento científico, tanto a nivel adulto como infantil.

Se trata en particular de conectar, al menos tres aspectos de la formación de maestros, los cuales sólo aparentemente pueden considerarse separados pero que, en realidad, intentan responder cada uno de ellos a preguntas específicas, que integran una totalidad.

Aspectos disciplinarios: ¿Qué ciencia es necesaria, hoy en día, para un niño que esta creciendo? ¿Qué ciencia, hoy en día, puede ser dominada por los maestros? ¿Cómo replantear, de manera inteligente y moderna, los contenidos de la enseñanza? ¿Qué escoger entre los muchos nuevos contenidos modernos?

Aspectos didácticos: ¿Cuáles son las maneras más eficaces para que cada niño (cada clase) pueda acceder al conocimiento del mundo en que vivimos? ¿Cuáles de estas estructuras son activas "naturalmente" en los niños y cuáles, en cambio, deben desarrollarse en la escuela? ¿Con cuáles criterios cada maestro entiende e interpreta, a su propio nivel, su realidad?

Aspectos relacionales ¿Cómo fundir las distintas sensibilidades, las diferentes susceptibilidades, los intereses a menudo divergentes de los niños en proyectos de formación individual y colectiva. ¿Cómo crear en la clase una atmósfera emotivamente estimulante capaz de volver agradable y eficaz el aprendizaje?

Los propósitos de mi investigación se desarrollan a partir de estas preguntas esenciales y llevan a la reelaboración e innovación de objetivos, metodologías y contenidos de la enseñanza científica.

Se trata, en efecto, de una investigación "en contexto" que se desarrolla en realidades distintas, manteniendo conexiones muy estrechas con la formación, afectando directamente a los docentes. En efecto, a ellos son dirigidas propuestas innovadoras, coordinadas en un proyecto de construcción coherente de conocimiento, desarrolladas a través de un replanteamiento teórico acerca de los contenidos y del significado de la ciencia contemporánea, en particular de la biología, experimentadas y comprobadas concretamente en clase mediante actividades de educación científica dirigidas a la escuela primaria (Arcà, 2002).

Desde un punto de vista metodológico, si hay que analizar y relacionar aspectos distintos, la investigación se desarrolla a través de momentos de reflexión teórica y de experimentación concreta que interactúan recíprocamente y que se refieren a:

- elaboración de contenidos científicos significativos
- experimentación sistemática en las clases cuyo desarrollo "longitudinal" se sigue personalmente (durante cinco años en primer ciclo o tres en el segundo).
- planteamiento de líneas de trabajo con docentes que, sobre la base de la experimentación anterior, proponen los mismos temas en sus clases, toman nota de lo que ocurre en su situación y vuelven a proyectar, a partir de los resultados obtenidos, las intervenciones sucesivas. En esta fase se plantean contextualmente, en clases distintas, tanto los "nudos conceptuales" específicos de las distintas disciplinas como las dificultades de comprensión de los niños, buscando estrategias didácticas eficaces en ambos niveles.
- actividades de formación del profesorado a largo plazo (hasta varios años) o a corto plazo (40 horas anuales), amén de las profundizaciones necesarias, de tipo disciplinario y cognitivo. Se proponen a los maestros los caminos didácticos anteriormente experimentados procurando que acepten su significado innovador. En particular, intentamos que presten atención a los problemas que los niños encuentran en sus procesos de aprendizaje, definiendo juntos criterios adecuados para interpretar y valorizar el sentido de las distintas formas de pensar relacionadas con los distintos aspectos de los hechos.

La investigación se basa, por un lado, en el estudio y en el conocimiento de los cambios substanciales de paradigma (como diría T. Kuhn) que se están produciendo tanto en las ciencias cognitivas como en las experimentales; por otro lado, en la experiencia de enseñanza en clase personal y mediatizada por los

maestros, y en la experiencia de formación de adultos.

La Experiencia en Clase

Las sesiones de trabajo en clase de primaria se suceden a lo largo de varios meses acerca de un solo tema o de temas muy relacionados, con el objeto de definir un recorrido a largo plazo que explore sus distintos aspectos, siempre a partir de situaciones concretas que reflejen las experiencias cotidianas de los niños. Durante esta fase, investigadores y maestros intentan encontrar, para los distintos temas, las formas de presentación y los ejemplos que faciliten su comprensión, comprobando "en la práctica" los aspectos de difícil comprensión y los que conectan con el pensamiento de los niños. Planteamos pues, varias veces el mismo tema presentándolo desde puntos de vista diferentes, experimentamos estrategias didácticas que permitan superar los inevitables "obstáculos" no sólo epistemológicos; ponemos de relieve las estrategias cognitivas necesarias para la comprensión. Los niños, que normalmente se hallan sentados en círculo, tocan y miran objetos concretos situados en el centro, como si estuvieran en un pequeño escenario. No se trata de hacer o enseñar las así llamadas experiencias científicas sino de dejarse estimular por situaciones cargadas de problemas, que sugieren preguntas y explicaciones, estimulando las ganas de comprender.

Cuando se trata de desarrollar procesos de conocimiento no es posible una evaluación de los resultados a través de pruebas objetivas. Los docentes en este caso deben aprender a razonar por indicios también en los procesos de evaluación, notando progresos en las representaciones y en la modelización de los niños como también en la calidad de las intervenciones en el transcurso de las discusiones.

Se tratará de observar un cangrejo o una anguila vivos, de descubrir lo que hay dentro de una pata de pollo, de representar aspectos del funcionamiento del propio cuerpo o de explicar los síntomas de diversas enfermedades y de su curación; de hablar de su propio nacimiento o de reconstruir un trozo del bosque que hemos ido a ver. En otros casos, intentamos que se enciendan las bombillas de un circuito eléctrico,

apostar acerca de la forma de reflotar un objeto que está en el fondo, jugamos a tirar de una cuerda en dos equipos o a echar pulsos. Los niños discuten acerca de lo que ocurre delante de sus ojos o de lo que ellos mismos están haciendo y trabajan colectivamente en algo que estimula el interés, los recuerdos, la capacidad de entender, las ganas de hablar. Los maestros intervienen dirigiendo su atención sobre varios aspectos, hacen preguntas, a menudo provocadoras, acerca del significado de lo que está ocurriendo, piden a los niños que intervengan concretamente para modificar de forma definitiva la situación. Después de haber mirado y experimentado con los objetos aún en el centro del círculo para que puedan ser cogidos para explicar y profundizar se empieza a hablar y a explicar lo que se ha hecho y lo que ha ocurrido. Las distintas respuestas prácticas, al igual que las discusiones entre los niños permiten dilucidar lo que piensan individualmente, saben o han entendido acerca de los temas elegidos. De estos intercambios de opiniones emergen ideas interesantes, interpretaciones de hechos que a menudo son imprevisibles, conexiones y correlaciones lógicas entre temas distintos, analogías eficaces.

Desde el punto de vista del docente son estos los indicios que confirman la validez de su trabajo y del desarrollo cognitivo de sus alumnos.

Los momentos de debate y de experimentación "en círculo" se intercalan con momentos de reflexión individual. Los niños tienen el tiempo necesario para explicar por escrito o mediante un dibujo lo que ha ocurrido o lo que han entendido. A veces pedimos en particular esquemas gráficos que pongan de relieve relaciones temporales, de causa, funcionales.

Cuando los niños encuentran el tiempo y la atención necesarios logran, incluso en la escuela, dar explicaciones complicadas, expresar sus maneras de pensar personales, proponer sus concepciones del mundo, a veces tan complejas que constituyen verdaderas cosmologías. Estas discusiones se graban y transcriben cuidadosamente y, junto con los materiales producidos individualmente, se convierten en objeto de un atento estudio.

De hecho se buscan las ideas "interesantes" que van a guiar las actuaciones sucesivas a nivel de

contenidos por aclarar, de estrategias cognitivas que hay que explorar, de nuevas propuestas didácticas. A partir de la sucesión de las actuaciones, maestros e investigadores intentan reconstruir los distintos modos de pensar, lo que los niños tienen en sus mentes, sus cambios de ideas o de interpretación. En particular, intentamos poner de relieve que la evaluación del trabajo se basa en:

a) Lo que cada uno ha /no ha entendido sobre el tema en cuestión:

Procuramos sacar de las producciones o de las intervenciones de cada niño las explicaciones apropiadas, las analogías eficaces, los intentos de crear modelos, la capacidad de replicar a las opiniones de un compañero y de defender las propias, las actuaciones sobre los objetos para ilustrar lo que se está diciendo, la capacidad de contestar a las objeciones del maestro, las preguntas que hacen progresar el discurso. Nos damos cuenta de los casos en los cuales las distintas explicaciones de los hechos, aun siendo a menudo internamente muy coherentes, se basan, sin embargo, en palabras y ejemplos mal entendidos o en experiencias interpretadas de forma parcial. Nos damos cuenta, además, que muchas de las explicaciones de los niños, en apariencia incorrectas, adquieren auténticos significados científicos si somos capaces de seguir hasta el final su coherencia y significado (Duit, 1991). Por ejemplo, mientras que la enseñanza suele imponer a los niños una idea del cuerpo humano separado en sus distintos órganos y aparatos, correspondiendo a cada uno de ellos una función muy precisa, las ideas de los niños corresponden muy a menudo a una visión sistémica u organísmica del ser vivo más moderna en la cual se valora más la conexión entre las partes y la relación entre funcionamientos que su separación.

b) Las estrategias de pensamiento implementadas/no implementadas en las explicaciones:

Con cada niño, buscamos en la conversación, en las actividades y en los textos escritos, las explicaciones de tipo causal, las relaciones con otros fenómenos conocidos, las proyecciones hacia el futuro y las extrapolaciones "al límite"; las proximidades espaciales y las continuidades

temporales, las representaciones de tipo "continuo" o "discreto", la búsqueda de subestructuras como elementos de la comprensión del fenómeno. Descubrimos a los niños que adoptan una sola estrategia de pensamiento y a aquellos que adoptan varias que se refuerzan recíprocamente, los que piensan "por que sí" y que no disponen de estrategias privilegiadas; los que primero hablan y luego piensan y viceversa. En otras palabras, observamos distintos niveles de conciencia en el uso de criterios que conducen hasta explicaciones eficaces. Con la comparación entre productos obtenidos en momentos distintos intentamos poner de relieve los cambios de las formas de pensar, el crecimiento intelectual, las posibles "marcha atrás", los momentos de bloqueo y las desviaciones de un camino que parecía bien marcado (Arcà, 1996).

c) Las estrategias didácticas:

La grabación también permite estudiar las actuaciones de los maestros: sus propuestas, sus sugerencias, sus intentos de dirigir la atención hacia cosas que los niños no advierten, su capacidad de ver lo que los niños ven; su capacidad de entender aquello que los niños dicen o tienen en sus mentes (Karmiloff-Smith, 1992).

También observamos las diferencias entre los tiempos cognitivos de los adultos y de los niños, las presiones, las expectativas, las sugerencias eficaces y las no acertadas.

Escuchándose, el maestro vuelve a vivir, fuera de contexto, su propia manera de enseñar y se da cuenta, libre de la presión de las circunstancias, de las ocasiones que ha sabido aprovechar y de las que se le han escapado. Esta toma de conciencia de su propia relación con la clase ayuda al maestro para que modere e intensifique sus intervenciones; a veces incluso le induce a cambiar el tono de voz y la forma de hablar a los niños.

Uno de los objetivos de la formación consiste en demostrar como docente la capacidad de distanciarse de los procedimientos de rutina y construir momento por momento su cualidad didáctica en la constante interacción con el pensamiento de los niños.

Planteamiento y Formación

Los procesos de trabajo experimentados en clase, y a veces también los materiales producidos, se vuelven a proponer a grupos de maestros en distintos momentos de su formación. Es necesario que también los adultos se den cuenta (a su nivel y al de los niños) de las dificultades objetivas de los temas propuestos y de que las simplificaciones, en general, hacen que las cosas se vuelvan aún más incomprensibles. Intentando trabajar, personal y concretamente, en las distintas propuestas, los maestros en formación pueden remodelarlas de forma creativa, adaptándolas a sus propios conocimientos y a su propia experiencia didáctica, intentando comprender "lo que el niño podría no entender".

A pesar de la buena voluntad, el maestro a menudo siente el hecho de salirse de la rutina como un riesgo ya que los resultados futuros no le parecen bastante seguros. Aunque parezca una contradicción, muchas veces los maestros se sienten más autónomos y creativos siguiendo fielmente las actividades propuestas por las diversas revistas de didáctica que intentan adaptar cada tema a la mente de los niños que han de comprenderlo. Otras veces, vinculando su propia profesionalidad con la capacidad de seguir un programa prefijado, los maestros se muestran poco disponibles a cambiarlo según las exigencias de la clase. En cambio estas propuestas de formación, que nacen del trabajo directo con los niños, se plantean desarrollar autonomía cultural y cognitiva valorizando formas de enseñanza flexibles, adaptadas en todo momento a las exigencias de los niños más que a programas prefijados.

De la innovación a la formación: aspectos disciplinares

Es muy importante preguntarse cuál es el significado de la ciencia hoy en día, no como actividad profesional de los científicos sino como elemento importante de nuestra experiencia personal y del inimaginable mundo en el cual tendrán que vivir como adultos los niños que ahora van a la escuela.

Hay una ciencia vinculada al desarrollo tecnológico, que fabrica instrumentos de uso diario,

de contenido misterioso y capaces de reemplazar nuestras manos en muchísimas actividades; una ciencia que cura las enfermedades, que investiga el interior de nuestro cuerpo, que interviene en el nacimiento y en la muerte; una ciencia que produce satélites lanzados al sistema solar, que permite comunicar e informar a distancia, que elabora sistemas de destrucción "inteligentes" o que resuelve problemas de supervivencia.

Existe una ciencia que interpreta lo que ocurre en nuestro mundo y que intenta comprender la estructura profunda de la materia, la organización de la vida, los procesos bioquímicos que nos permiten darnos cuenta y pensar una realidad.

Al mismo tiempo el desarrollo del pensamiento científico ha abandonado (tal vez) la esperanza de conocer objetivamente una realidad "dada", y plantea nuevas conexiones entre las capacidades subjetivas de ver, comprender e interpretar y las formas en que los fenómenos pueden verse, comprenderse e interpretarse. Mundo exterior y mente interna aparecen cada vez más estrechamente y recíprocamente moldeados y la complejidad del primero refleja la complejidad de la segunda.

En una situación que evoluciona tan rápidamente, ¿qué cultura científica resulta significativa para la formación de maestros y niños? (Pozo et al., 1998).

No hay otra solución que avanzar a base de intentos y muchos errores. Sin embargo, parece importante plantear, incluso con los más pequeños, tanto la complejidad del mundo exterior como la de las formas de pensar.

De este modo el conocimiento objetivo se convierte, incluso a estas edades, en búsqueda de coherencia entre lo que ocurre, lo que hacemos ocurrir, lo que pensamos y lo que logramos explicar. Así, se plantean contenidos disciplinares complejos procurando entender lo que no se entiende; y los maestros se ejercitan en ello intentando hallar, a su nivel, los orígenes de sus propias dificultades. Usamos a nosotros mismos mirándonos para identificar nuestros propios procesos cognitivos y los puntos más sólidos de nuestras propias construcciones interpretativas nos ayuda a comprender los problemas de los demás, pero sobre todo resulta útil

para enfocar las estructuras conceptuales que guían las explicaciones en las distintas disciplinas (Van Zee et al., 2001).

Por ejemplo todos los maestros llevan a cabo habitualmente, en momentos distintos, experiencias de disolución, de flotación y de cambios de estado. ¿Es razonable presentar estos argumentos de manera perfectamente independiente o es más razonable encontrar un vínculo a nivel de estructura fina de la materia? Las disoluciones hacen que los niños piensen que partículas visibles, en determinadas condiciones -por ejemplo, en el agua- pueden descomponerse en partículas invisibles; en cambio, con otros materiales, en las mismas condiciones - por ejemplo, en el agua- las partículas permanecen unidas y el objeto no se disuelve. En otras condiciones- por ejemplo, calentando- las partículas no se separan y el objeto no se funde. Tal vez las partículas que componen las distintas sustancias no son iguales y no se comportan todas de la misma forma. Por lo tanto, cuando trabajamos con las disoluciones nos encontramos con un modelo de materia estructurada en partículas, distintas en las diferentes sustancias y enlazadas entre sí de forma distinta. Pueden conseguirse otras informaciones acerca de las partículas intentando comprender como puedan estar hechos internamente los objetos que flotan o que se hunden. Puede que los objetos que se hunden sean pesados porque sus partículas son pesadas o puede que se hayan empaquetado de forma muy apretada (dicen los niños); tal vez los objetos que flotan se componen de partículas ligeras, o puede que se hayan empaquetado de forma más holgada. También el distinto peso específico de los materiales puede evocar la idea de una estructura interna de partículas; asimismo, la diversidad de las partículas y de las maneras en que (tal vez) están unidas entre sí explica la plasticidad de la arcilla o la rigidez del hierro.

Cada tema o contenido se desarrolla a través de la comparación de materiales distintos y condiciones diversas (cuidando de no confundir materiales y condiciones), desembocando en el descubrimiento de semejanzas y diferencias y provocando expresamente otras para comprender mejor. Una misma imagen de partículas sirve para explicar fenómenos y comportamientos distintos y representa una clave interpretativa

poderosa y unificadora en todos los procesos que, a primera vista y didácticamente no parecen relacionados entre sí.

Un ejemplo distinto: Los maestros trabajan normalmente en las diferencias entre seres vivos y no vivos; a los niños mayores se les explica que con la reproducción se origina una "nueva" vida, y se habla de la "aparición" del hombre en la Tierra.

Aunque con importantes dificultades, también los científicos elaboran criterios para diferenciar seres vivientes de los que no lo son, y estudian cómo se desarrolló la vida, desde las épocas más remotas hasta nuestros días.

La idea de continuidad de la vida, que constituye uno de los principales nudos del pensamiento biológico,-se asocia, por lo tanto, a la idea, aparentemente antinómica de cambio de la vida misma. Continuidad y cambio se manifiestan en cada individuo que mantiene su identidad a través de las transformaciones que sufre desde su nacimiento hasta su muerte; así como se manifiestan, a otro nivel, en la variedad de las formas vivientes actuales, marcadas por las transformaciones sufridas, a lo largo de la evolución, por otras especies que se han sucedido a lo largo del tiempo. Continuidad y cambio permiten comprender cómo cada individuo lleva en sí mismo su propia historia personal y, al mismo tiempo, su historia evolutiva, relacionada con las modificaciones del medio ambiente. El individuo que nace empieza, por supuesto, su nueva vida pero también continúa, personalizándola, la vida antiquísima de su especie que a su vez continúa la de los primeros seres vivos que se desarrollaron en la Tierra.

Otras ideas por ejemplo, las de organización jerárquica, permiten además comprender que cada individuo, formado por células vivas, diferenciadas y capaces de funcionar de forma coordinada en un medio determinado, muere con la muerte de sus células y sin embargo sobrevive en las de sus descendientes. Ideas de organización jerárquica también presentan al individuo como elemento de una población viva, diferenciada y capaz de desarrollarse de manera coordinada en su medio; y cada población muere con la muerte de sus elementos y sobrevive en las nuevas poblaciones que evolucionan a partir de ella (Giere, 1992).

A cada nivel de esta enmarañada jerarquía, unos flujos de energía, materia e información atraviesan las estructuras vivientes que se modifican utilizando una parte de ellas mismas, modificando al mismo tiempo el medio circundante. Funcionamientos externos e internos son relacionados y controlados dentro de unos márgenes estrechos tanto por el complejo equilibrio homeostático interno como por el también complejo sistema de recepción y elaboración de señales externas, que conduce hasta el desarrollo del pensamiento y del conocimiento científico de sí mismo y del mundo.

Sobre estos problemas y con un planteamiento de tipo sistémico se han desarrollado varios proyectos de educación científica, encaminados tanto a la formación de maestros como a la de los niños, con la finalidad de transformar en cultura personal, es decir, en una forma propia de pensar y reflexionar acerca del mundo, algunos grandes problemas de la ciencia contemporánea.

De la innovación a la formación: aspectos cognitivos

El modelo constructivista presupone que la formación de conocimiento sea un proceso individual relacionado con el contexto de vida y aprendizaje; la investigación internacional acerca de las así llamadas "concepciones espontáneas" tiende en efecto, a poner de relieve las ideas que a lo largo del tiempo los niños se han formado a partir de sus experiencias sobre los distintos temas. Sin embargo, algunas simplificaciones excesivas conducen a la creencia que es relativamente fácil sustituir las formas de pensar personales por otras "correctas"; por el contrario, los maestros se enfrentan con dificultades a veces insuperables y se dan cuenta de que normalmente es más productivo trabajar *con* las concepciones ya formadas que en *contra* de las mismas. Por esta razón, es muy importante que en la clase los niños puedan hablar libremente manifestando lo que piensan; descubriendo sus "concepciones" el maestro puede entender mejor de cuales contextos han salido y en cuales ocasiones funcionan eficazmente.

Por otro lado, otras investigaciones han demostrado que los mismos maestros tienen sus propias "concepciones espontáneas" profundamen-

te enraizadas y a veces muy diferentes de lo que enseñan. Hay concepciones de tipo disciplinario, que se refieren a la interpretación de los hechos, pero también hay concepciones de tipo pedagógico, que afectan sobre todo a las expectativas relativas a los niños y a las formas en que éstos deberían ver y comprender las cosas. Y es necesario que los proyectos de formación se desarrollen *con* estas concepciones de los maestros y no en *contra* de las mismas, procurando definir los contextos y las situaciones que se demuestran eficaces.

En cualquier caso, los procesos de construcción de conocimiento en los cuales cada uno resulta implicado a su propio nivel, son tan desconocidos como los que determinan el desarrollo de la vida o los comportamientos de la materia. No obstante, es importante aprender a mirar lo que ocurre, tanto en el campo científico como en el cognitivo, procurando pensar en lo que observamos, buscando o imponiendo reglas de coherencia, comparando nuestras propias interpretaciones con las de los demás. La búsqueda de la coherencia debería guiar tanto la formación adulta como la de los niños en la escuela. Pero, ¿cómo encontrar criterios operativos eficaces? ¿Qué significa proponerse no dar en la escuela las explicaciones correctas y desarrollar, en cambio, la búsqueda de explicaciones coherentes? (Arcà, 2001).

Saber que el conocimiento no puede darse ni tomarse desde fuera sino que consiste en un proceso ininterrumpido de reestructuración del propio pensamiento en contextos diferentes ayuda al maestro para que abandone, al menos parcialmente, su papel de suministrador de verdades, normalmente convalidado por tests de comprobación apropiados. En cambio, el objetivo pasa a ser el de ayudar a los niños a mirar el mundo, desarrollando en este proceso un papel de mediación adulta continua e inteligente. No se trata de limitarse a organizar un contexto estimulante sino de ayudar a los niños para que miren las cosas y hablen de lo que están viendo. El hablar implica selección de datos, relaciones, interpretaciones, causalidades, motivaciones y valores; y, más allá de cualquier conductismo metodológico es precisamente la mezcla consciente de estas actividades lo que permite elaborar pensamiento científico.

Así aprendemos, por ejemplo, a captar la multiplicidad de causas y relaciones por las cuales las cosas ocurren tal como ocurren, aprendemos asimismo que las cosas no ocurren por casualidad y que no todo es posible; aprendemos que unos hechos son más probables que otros y que, actuando de forma oportuna, podemos modificar su desarrollo en base a sus propios fines. Buscando las causas lejanas, aprendemos a explicar la "historia" de procesos simples o complicados, desde el agua que se calienta hasta hervir, hasta el color de la pintura al temple que se difunde en el agua, hasta los procesos biológicos de transformación y crecimiento de los seres vivos.

Los niños elaboran conocimiento científico comparando sus propias "historias" construidas observando los hechos con las de sus compañeros, de su maestra, de los científicos de verdad o con las escritas en los libros. Aprenden a formular preguntas, dejando, si es necesario, las respuestas más concretas para cuando sean mayores; y entienden que determinadas cosas pueden explicarse mientras que otras permanecen incomprensibles incluso para los adultos. Mientras que los niños comprenden los hechos, el maestro intenta comprender a los niños; para su proyecto de formación es necesario reconocer las estrategias de conocimiento activas en las distintas situaciones, su evolución y especificación en el tiempo, las que sería importante desarrollar, el acuerdo o el desacuerdo entre las interpretaciones propuestas por distintos niños, los argumentos que son objeto de dificultades cognitivas (Arcá et al, 1990).

De la innovación a la formación: aspectos didácticos.

En la organización del trabajo en clase, para que los niños puedan acceder a los nuevos temas desarrollando acerca de los mismos nuevos procesos de conocimiento, el modelo constructivista podría servir aún como referencia. Sin embargo, hay que rellenar de significado concreto las indicaciones del modelo mismo, ¿Qué significa, en realidad, "partir de lo que los niños ya saben"? y, después de partir, ¿adónde hay que ir?

Las llamadas "concepciones" de los niños no pueden identificarse a priori porque surgen y

evolucionan de manera distinta en contextos distintos, en función de fines distintos (también los niños tienen sus fines, que no siempre coinciden con los del maestro).

Las formas y los criterios de la comprensión empiezan a desarrollarse con las primeras experiencias de cada niño; implícitamente llevan la marca de sus orígenes y, en cierto sentido, condicionan las futuras formas de entendimiento.

Por ello es importante que los niños renueven e incrementen sus propias experiencias guiados por las palabras del maestro. Tiene sentido, por ejemplo, ya en primero de Primaria proponer un abanico de disoluciones en agua (azúcar, sal, café soluble... vinagre, vino, leche, harina, galletas. cacao... tierra y arena) preguntando por qué algunas cosas se disuelven y otras no. Pero el maestro tiene que saber cuanta "física" y cuanta "química" hay implícita en actividades tan sencillas y qué modelos de "estructura" y de "transformación" de la materia pueden explicar comportamientos tan diferentes.

Si los niños miran y trabajan, individualmente o por grupos, intentando provocar hechos distintos, si son capaces de darse cuenta de como sus gestos modifican las situaciones y de cómo el agua o el azúcar están obligados a responder de forma exacta a estos cambios, si son capaces de explicar lo que han visto y hecho para ver y hacer cosas nuevas pueden, por ejemplo, primero buscar las recetas y luego las reglas para los distintos fenómenos, comparar situaciones distintas, intentar explicar estas diversidades. La construcción de conocimiento científico pasa a través del acuerdo coherente de gestos simples y pensamientos complejos; el maestro puede no pronunciar nunca palabras como "experiencia" o "modelo" pero el sabe muy bien que la red del conocimiento físico del mundo está tomando forma precisamente mientras los niños imaginan y representan los componentes invisibles de un granito que se disuelve o de una gota de agua.

Las experiencias de transformación de química hacen que los niños imaginen nuevos modelos de estructura interna de la materia, y los cambios invisibles que explican la pérdida o la aparición de algunas propiedades. Otras actividades, otros estímulos para el pensamiento son necesarios.

¿Cómo puede el hierro transformarse en óxido? ¿Y cómo es posible que la cera, tan dura y blanca, desaparezca formando un humo tan negro?. ¿Cómo es posible que las partículas de azúcar se conviertan en partículas de carbón? Cada vez habrá que buscar las condiciones y los materiales apropiados para conseguir sustancias distintas de las de partida, y encontrar las reglas de cada transformación representando de manera apropiada lo que tal vez ha ocurrido. Al mismo tiempo el niño trabaja, piensa y habla de las cosas que entran a formar parte de su experiencia, sus conocimientos cambian: algunas ideas se refuerzan, se abren nuevas posibilidades de entender, pero otras quedan limitadas y reducidas. En otras palabras, cada paso hacia adelante y cada nueva experiencia permiten ver aspectos distintos de los fenómenos, estabilizan ciertas formas de pensar y, al mismo tiempo, cambian otras. Precisamente porque se trata de un equilibrio difícil entre estabilización y cambio, cualquier "enseñanza necesita tiempo; y es realmente difícil creer que, tal como ocurre en Italia, una hora y media por semana sea un tiempo suficiente para activar en los niños una manera de pensar científica.

Aprender a reconocer los fenómenos del mundo en que vivimos exige mucho tiempo, incluso lo que parece simple posee su complejidad interna, depende de una multitud de circunstancias y pueden mirarse desde varios puntos de vista, cada vez las cosas ocurren de forma distinta y es suficiente un pequeño cambio de la situación en la cual trabajamos para conseguir resultados que a menudo son imprevistos. De ello se desprende que podemos tener experiencia de un hecho o de un proceso sólo después de verlo varias veces en sus distintos aspectos, adquiriendo la capacidad de esquematización que permite prever su desarrollo, intervenir en él de manera apropiada, valorando el papel de sus distintos componentes.

Encontramos dificultades análogas en las propuestas destinadas a la formación de maestros que, como ya hemos dicho, deberían referirse al conocimiento de los fenómenos del mundo, al conocimiento de los niños y al conocimiento del desarrollo de los conocimientos. Podemos ver asimismo que, mientras las propuestas didácticas dirigidas a los niños a menudo son activas y experimentales, las destinadas a adultos

siguen desarrollándose mediante clases y conferencias en las cuales quien debe aprender desempeña un papel básicamente pasivo. ¿Qué relación debe plantearse entre dos situaciones tan distintas? ¿Quién ayuda a los maestros a transformar lecciones teóricas, con algún que otro momento de trabajo en grupo, en actividades concretas, en actitudes de atención y de apertura hacia el pensamiento infantil, en estímulos eficaces y en atención hacia los problemas disciplinarios y cognitivos?

Límites de la Propuesta

No es posible extraer conclusiones definitivas de un trabajo que se funda en la intensidad de la relación didáctica y de la sensibilidad cognitiva de los maestros en relación a sus alumnos. En las situaciones de formación a largo plazo en las cuales se ha experimentado esta propuesta de innovación educativa, los resultados logrados hasta la fecha son muy positivos y pueden ser documentados con fichas de evaluación recopiladas por los profesores al término de los cursos. Pero no parece ser un criterio suficiente en el momento que queremos plantear un proceso de formación permanente, debe ser completado en las interacciones de clase, guardando los resultados a largo término.

La mediación ha sido eficaz y muchos grupos de maestros, aprendiendo a observar mejor tanto los hechos como a los niños, han sabido modificar la calidad de su enseñanza haciéndola quizás más problemática pero también más capaz de influir en los procesos de formación. Los maestros que empiezan con esfuerzo a trabajar de esta forma observan que "los niños se divierten", que "no acabarían nunca de hablar", que "también aprenden rápidamente a mover las manos", que "entienden con más facilidad" y que "tienen ideas interesantes y originales": en ocasiones tan originales que obligan al maestro a reflexionar mucho acerca del significado de sus mismas explicaciones. El saber no es cualquier cosa que viene suministrado a los alumnos desinteresados aún cuando sea parte del juego cognitivo. La profundidad de las discusiones y el empeño de los niños representa, testimonios válidos del placer de comprender y del interés por este tipo de trabajo, posibilitando un crecimiento por más tiem-

po que las satisfacciones episódicas de una buena nota.

En cambio las limitaciones son evidentes en los cursos de formación más cortos. Aunque las propuestas concretas, desarrolladas y experimentadas por la investigación son, a veces, aceptadas y planteadas en nuevas clases, su significado no pasa de ser episódico y puntual y no desemboca en las substanciales modificaciones de los objetivos y de las metodologías de enseñanza que exigen gran esfuerzo y gran implicación personal. En efecto, no es fácil, ni siquiera para los maestros disponibles al cambio, poner en entredicho objetivos y prácticas didácticas establecidas desde hace años. Aceptar propuestas nuevas siempre genera inseguridad sobre todo cuando entran en juego, a nivel de adultos, las ganas personales de comprender mejor los fenómenos del mundo real, sin conformarse con la repetición de nociones adquiridas sin demasiada reflexión.

Una de las principales dificultades concierne a los aspectos de programación y evaluación. En la mayoría de los casos, los maestros no logran adaptar la programación a las exigencias de los niños: no tienen experiencia suficiente para escucharles en serio, no consiguen identificar sus problemas efectivos y tampoco consiguen modificar sus explicaciones para hacerse entender mejor (Ogborn et al., 1996). Ajustar una y otra vez la programación a las exigencias cognitivas de los niños y a lo que han o no han entendido realmente implica, asimismo, una remodela-

ción radical del tiempo didáctico, vinculado al menos parcialmente a determinados programas y controles formales. También es importante encontrar nuevos criterios de evaluación (la investigación también está empezando a desarrollarse en esta dirección) puesto que es imposible utilizar, para una enseñanza basada en el niño, los mismo criterios empleados para evaluar los resultados de una enseñanza basada en el cumplimiento de los programas. Se trata entonces de estudiar criterios para evaluar la adquisición de competencias, de actitudes de espíritu crítico en la formación del pensamiento científico.

Por otro lado, el escaso conocimiento científico de los actuales adultos y también, a menudo, de los jóvenes, demuestra que la enseñanza tradicional exige tal vez menos tiempo y menos esfuerzo, pero a fin de cuentas, no resulta muy eficaz.

La investigación aunque no espere siquiera resolver los problemas cognitivos disciplinarios y didácticos, debido a su extrema complejidad, propone posibles caminos de cambio, con el fin de influir más profundamente en la formación de los adultos y en la educación científica de los niños, estimulando al menos una actitud de apertura consciente hacia los enormes problemas subyacentes y no de cerrazón superficial y tranquila.

Bibliografía

- Arcà, M. 2002. ¿Cómo funciona la interacción profesor/alumno y la interacción entre iguales en el aula de ciencias? En Montse Benlloch (Comp.) *La educación en ciencias: ideas para mejorar su práctica*. Paidós, Barcelona, pp. 69-89.
- Arcà, M. 2001. Quina Ciència per l'escola primària? *Perspectiva escolar*, 255, pp.46-52, Publicació de Rosa Sensat, Barcelona.
- Arcà, M. 1996. Cognitive Strategies in Biological Thinking. En: K.M. Fisher, M.K. Kibby (Ed). *Knowledge Acquisition, Organization, and Use in Biology*. Springer Verlag Berlin y NATO SAD. ASI Series F, Vol. 148.
- Arcà, M., Guidoni, P. Y Mazzoli, P. 1990. *Ensenar ciencia*, Ediciones Paidós Educador "Rosa Sensat", Barcelona.
- Duit, R. 1991. On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education*, 75, Vol. 6, pp. 649-672
- Giere, R. 1992. *Cognitive Models of Science*. Minnesota Studies in the Philosophy of Science, 15. University of Minnesota Press.
- Karmiloff-Smith, A. 1992. *Beyond modularity: a developmental perspective on cognitive science*. Cambridge, MA, MIT Press.
- Ogborn, J., Kress, G., Martins, I., McGillicuddy, K. 1996. *Explaining Science in the Classroom*. Mylton Keynes, Open University Press.
- Pozo, J.I., Gomez-Crespo, I. 1998. *Aprender y enseñar ciencia*. Morata, Madrid.
- Van Zee, E. y Roberts, D. 2001. Using pedagogical inquiries as a basis for learning to teach: Prospective teachers' reflections upon positive science learning experiences. *Science Education*, 85, Vol. 8, pp. 733-757.