

ALGUNAS CONVERGENCIAS INTERNACIONALES ACERCA DE LA PEDAGOGIA DE LAS CIENCIAS NATURALES *1

CARLOS E. VASCO**

1. INTRODUCCION

Considero aquí la pedagogía no como la práctica pedagógica misma, sino como el saber teórico-práctico generado por los pedagogos a través de la reflexión personal y dialogal sobre su propia práctica pedagógica a partir de su propia experiencia y de los aportes de las otras prácticas y disciplinas que se intersectan con su quehacer. (Trate ahora de releer el párrafo anterior remplazando 'pedagogía' por 'medicina', 'pedagógica' por 'médica' y 'pedagogos' por 'médicos').

Considero la didáctica no como la práctica misma de enseñar, sino como el sector más o menos bien delimitado del saber pedagógico que se ocupa explícitamente de la enseñanza, la que no es sino uno de los dos sentidos de la relación maestro-alumno(s), y uno de los dos sentidos de la relación maestro-microentorno(s), en cuanto el maestro trata de reconfigurar los microentornos para potenciar la relación microentorno(s) alumno(s) de tal manera que en lo posible esté sintonizada y no desfasada de la

* Ponencia presentada al II Simposio Nacional sobre la Enseñanza de las Ciencias.

** Profesor Titular, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, D.E.

primera². (Trate de releer el párrafo anterior reemplazando 'didáctica' por 'terapéutica', 'enseñar' por 'curar', 'maestro-alumno(s)' por 'médico-paciente(s)', etc).

Un análisis de procesos y sistemas mostraría la necesidad de tener en cuenta distintos desgloses del microentorno del alumno en sus aspectos antrópicos y preantrópicos, para ubicar el microentorno social (antrópico) de cada alumno en una red compleja de relaciones alumno(s)-alumn(s), maestro(s)-alumno(s), etc., en donde las interacciones sociales se van extendiendo a directivos docentes, personal auxiliar y otras personas presentes en la escuela, y a la familia, la vecindad, los pares (peers") y a círculos cada vez mayores, y para tratar de delimitar el microentorno preantrópico, con el fin de ver cuáles de todos esos aspectos son más o menos reconfigurables por el maestro, y cuáles son más o menos condicionantes de la actividad apprehending del alumno.

Este análisis muestra que hay un lugar propio en la pedagogía para la reflexión sobre esa actividad apprehending del alumno, que es el otro sentido de la relación alumno-maestro(s) y de la relación alumno-microentorno(s). A esa actividad podemos y debemos llamarla 'aprendizaje', a pesar de las connotaciones negativas que vienen del sentido antiguo de aprendizaje como mera reproducción de técnicas gremiales transmitidas por el maestro artesano al aprendiz, y a pesar de las connotaciones más negativas todavía que vienen del sentido predominante de los años 50 a los 70, en los que la palabra 'aprendizaje' fue monopolizada por una teoría estadística de fijaciones y extinciones de respuestas observables por refuerzos externos dentro del paradigma del análisis experimental de la conducta.

Dejarse amedrentar por esas connotaciones y excluir el aprendizaje de la reflexión pedagógica para centrarla en la enseñanza, sería como centrar la reflexión médica en las intervenciones terapéuticas de los médicos, excluyendo la manera como los pacientes las reciben, las adaptan, las reproducen en sus prácticas de autoformulación o autorreceta, las evaden, o las transforman; excluyendo las intervenciones curativas populares de familiares, amigos, yerbateros, curanderos, comadronas y sobanderos; excluyendo las prácticas de prevención de enfermedades, y más grave aún, excluyendo los procesos orgánicos psicobiológicos que regeneran la salud ayudados por, independientemente de, y con frecuencia en contra o a pesar de las intervenciones terapéuticas de los médicos.

Muestra también ese análisis que, así como la pedagogía no puede limitarse a reflexionar sobre la enseñanza, tampoco puede limitarse la reflexión pedagógica a la relación maestro-alumno(s) y a sus mediaciones, sino que tiene que tener en cuenta también los micro-y macroentornos de la práctica pedagógica, los modos de articulación de esa práctica con otras prácticas y con los distintos saberes, y los modos de inserción de esa misma práctica y esos mismos saberes en el sistema social en el que ocurren y circulan.

La reflexión pedagógica tanto sobre los aspectos macro como los micro puede y debe

darse a nivel general, lo mismo que a los distintos niveles de concreción de las prácticas pedagógicas, con lo cual tendríamos una pedagogía general y pedagogías regionales, dentro de las cuales estaría la pedagogía de las ciencias naturales³.

Es difícil encontrar investigación y reflexión sobre los aspectos macro de la pedagogía de las ciencias. Es más fácil encontrar investigación y reflexión sobre la enseñanza de las ciencias y sobre los aspectos cognitivos del aprendizaje de las mismas.

Resumiré en la sección siguiente las líneas de investigación de estos aspectos y los pocos consensos hacia los que se manifiesta cierta convergencia.

Pero quiero señalar aquí la falta de investigación y reflexión sobre los aspectos socio-afectivos de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, y sobre los aspectos macro de la pedagogía y la didáctica de las ciencias naturales. Es explicable que esos aspectos se traten más a fondo por parte de los pedagogos de las ciencias sociales, pero no es justificable que los abandonemos.

En Francia encontré líneas de investigación interesantes, sobre todo del grupo de Grenoble y del grupo del IREM de París VII (Jussieu), como serían las consideraciones de Guy Brousseau sobre el contrato didáctico (Brousseau 1986), y las de Yves Chevallard sobre la transposición didáctica y el tiempo didáctico, aunque las concreciones más específicas se han centrado en las matemáticas y no en las ciencias naturales (Chevallard, 1985).

Falta también investigación y reflexión sobre los aspectos epistemológicos de la enseñanza de las ciencias, excepto los que están más o menos explícitos en la línea de investigación sobre aprendizaje de conceptos que veremos en seguida.

Otros aspectos como el lugar de la etnociencia en la enseñanza de las ciencias naturales han sido discutidos en foros internacionales, pero todavía son más bien programáticos, y no conozco realizaciones que hayan tenido un seguimiento reflexivo.

Respecto a la inserción de la pedagogía de las ciencias naturales en la problemática pedagógica general, no dudo en afirmar que la reflexión del Grupo Federici, como quedó consignada en el artículo de Antanas Mockus en el número 17 de la revista "Educación y Cultura" (Mockus, 1989), a pesar de que todavía no está lo suficientemente concretizada a lo específico de las ciencias naturales, representa la ubicación global de la enseñanza de las ciencias más avanzada y más fina que he encontrado en mis conversaciones y lecturas en Europa y Norteamérica. Recomiendo pues la lectura de este artículo, así como la reflexión e investigación sobre la manera de concretizar la discusión crítica racional, la escritura y la acción racionalmente reorientada, organizada y contrastada a la práctica pedagógica diaria en las ciencias naturales, para que a través de ellas los estudiantes tengan "un mínimo acceso a esos tres elementos y una mínima experiencia de la fuerza de su combinación" (op.cit.,p.15).

2. LINEAS DE INVESTIGACION EN LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS NATURALES

En esta sección me limitaré a sintetizar la reseña de investigaciones más completa aparecida hasta el momento, publicada a fines del año pasado en la "Review of Educational Research" por Bat-Sheva Eylon y Marcia Lynn (Eylon & Lynn, 1988), añadiendo mis interpretaciones y comentarios. Ellas agrupan las investigaciones sobre enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales en cuatro perspectivas o acercamientos.

2.1. La primera, y para mí la más importante y productiva en este momento, es la perspectiva del aprendizaje de conceptos. Esta perspectiva parte de las preconcepciones o concepciones alternativas de los alumnos, para producir conflictos, desequilibrios o disonancias conceptuales que lleven a la reconstrucción activa de los conceptos por parte de los alumnos a través de diversas etapas, que siguen más o menos de cerca las vicisitudes históricas de la disciplina respectiva.

El artículo de Alvaro Ramírez Quevedo en el mismo número 17 de la revista "Educación y Cultura" me ahorra tener que profundizar en esta perspectiva (Ramírez Quevedo, 1989).

Anoto simplemente que esta perspectiva parece superar los posibles antagonismos entre las tesis Piagetianas clásicas y las Bachelardianas, refinando de una manera más dialéctica las relaciones entre preconcepciones del sentido común y construcciones conceptuales científicas (relaciones tomadas tal vez demasiado negativamente por los Bachelardianos), y precisando de una manera más diferenciada y específica a cada disciplina y a cada concepto las posiciones tal vez demasiado generales de los Piagetianos.

2.2. La segunda perspectiva enfoca la investigación de la enseñanza de las ciencias desde el desarrollo del niño y del adolescente. Dentro de esta perspectiva predominan en Occidente las investigaciones de marco teórico Piagetiano clásico, las post-Piagetianas de tipo procedimentalista, y las neo-Piagetianas de tipo cognitivo o de procesamiento de información, y en Europa Oriental las de marco Vygotskiano, sobre todo las que enfatizan el estudio de la zona de desarrollo proximal del alumno (Rogoff & Wertsch, 1984). Me parece que estas investigaciones permiten fundamentar propuestas de distribución de temas y conceptos según los grados escolares; pero el predominio del pensamiento operativo concreto en la mayoría de los alumnos hasta el final de la educación básica hace que no pueda disponerse la enseñanza bajo el supuesto de que los alumnos de octavo o noveno grado en adelante van a poder desarrollar procesos de pensamiento hipotético-deductivo sin una serie de apoyos concretos. Me parece también que una profundización teórica y experimental en los fenómenos de la zona de desarrollo proximal puede llevar a completar las posiciones demasiado individualistas de muchos Piagetianos con las posiciones demasiado dependientes del lenguaje y el entorno social de muchos Vygotskianos.

2.3. La tercera perspectiva es la que se fija más en las diferencias de aprendizaje que en las regularidades. Se analizan factores de habilidad, estilos perceptuales, aptitudes psicosociales, destrezas cognitivas y metacognitivas, y las distribuciones demográficas de esos factores, estilos, aptitudes y destrezas. Se trata de detectar factores que expliquen al menos parcialmente por qué ocurren tantas diferencias de aprendizaje de las ciencias naturales en alumnos de una misma edad con los mismos programas, textos, y aun profesores. Muchas investigaciones se han concentrado últimamente en las diferencias entre niños y niñas, que son muy marcadas en el aprendizaje de la física en los últimos años de secundaria (aunque no tan drásticas como en el aprendizaje de las matemáticas). Estas investigaciones proporcionan pocos aportes positivos para renovar la enseñanza de las ciencias naturales, pero sí son muy importantes para llamar la atención sobre los límites de cualquier reforma curricular, y para resaltar la importancia de atender en forma diferenciada a los distintos grupos de alumnos. Aún en un mismo curso con alumnos de un mismo sexo, una misma edad y un mismo estrato socio-económico, se encuentran importantes diferencias actitudinales y aptitudinales hacia las ciencias naturales, sobre las cuales hace falta mucha investigación, y mucha reflexión y experimentación para hacer fructificar esa investigación en prácticas pedagógicas más acordes con el estado del conocimiento acumulado sobre estos problemas de diferencias de aprendizaje.

2.4. Finalmente consideran las autoras una serie de investigaciones que toman la perspectiva de la resolución de problemas, enfocada desde la diferencia entre la manera como los resuelven los novicios y los expertos. Hay diferencias de organización del conocimiento, de habilidades procedimentales y de monitoría cognitiva. Todavía me parecen muy descriptivas, y por esto ofrecen pocas luces para apoyar en la transición de expertos a novicios; tienen la ventaja de señalar algunos puntos de llegada que pueden ser buscados explícitamente, y poco a poco se podrán ir aislando facetas que permitan intervenciones específicas para facilitar el paso de ser novicio a ser experto; en particular, algunas de las habilidades de monitoría cognitiva pueden ser entrenadas específicamente con los distintos métodos desarrollados, entre otros, por Rubén Feuerstein, Robert Sternberg, Robert Swartz y David Perkins, y en particular para resolver problemas de física por Whimbey, Lochhead y Clement (Lochhead & Clement, 1979; Nickerson, Perkins y Smith, 1985; Sternberg, 1988; Swartz & Perkins, 1989; Whimbey & Lochhead, 1980).

Remito de todas maneras a la lectura detallada del artículo de Eylon y Lynn, y ojalá a un seguimiento de la abundante bibliografía proporcionada por las autoras, al menos en la línea más acorde con las preferencias del lector.

3. PRIMERAS CONVERGENCIAS

Comencemos por las que las autoras citadas proponen como implicaciones curriculares de su reseña de las investigaciones sobre enseñanza de las ciencias (op. cit., pp. 290-291).

3.1. La primera convergencia va hacia un consenso cada vez mayor de que debe primar el tratamiento en profundidad sobre el tratamiento en amplitud (“in-depth versus in-breadth”). Se deben seleccionar pocos temas de mucha riqueza conceptual y muchas relaciones con la vida cotidiana, para interesar a los alumnos y poner en marcha los procesos de aprendizaje de las actitudes, las prácticas, los criterios, los conceptos, las teorías, etc. Los programas deberían proponer los distintos temas más como alternativas que como exigencias. No se trataría de ver todos los temas propuestos, sino de tener unos temas-pivote para profundizar, y otros temas alternos en caso de que los alumnos no le tomen mucho interés al primer tema propuesto, o después de un tiempo empiecen a cansarse y perderle interés.

Un problema que se ha encontrado en varias partes es que si se consulta a los expertos en las distintas ciencias naturales cuáles serían esos temas-pivote, ellos siempre sugieren más y más temas como si todos fueran básicos, esenciales e indispensables. Los pedagogos, y todo maestro y profesor debe ser un pedagogo, en diálogo con algunos expertos más perspicaces y razonables (que también los hay), deben tomar las decisiones sin dejarse amedrentar por las amenazas implícitas o por las profecías fatídicas de los demás expertos de cada disciplina.

Un segundo problema para reducir la amplitud de los contenidos es el de los exámenes de estado y los exámenes de admisión a las universidades.

Estos deberían exigir mucho menos contenidos, y evaluar más las habilidades de pensamiento, de solución de problemas de detección y utilización de información y otros recursos, y las actitudes y aficiones de los aspirantes, por difícil que ello sea.

Hay ya algunas experiencias en el Servicio Nacional de Pruebas y en la Oficina de Admisiones de la Universidad Nacional: se les ha pedido a esos mismos profesores que claman por mejores items en los exámenes de admisión que sugieran algunos; pero con excepción de unos pocos profesores de física y de matemáticas que han propuesto algunos items de razonamiento y de proceso, los items propuestos por los profesores de secundaria y de universidad, sobre todo los de biología y de química, son prácticamente todos memorísticos. Pero tenemos que seguir ensayando.

En el sentido de este primer consenso no hemos progresado mucho en Colombia, pues aun los programas integrados de ciencias naturales exigen todavía demasiados temas. Se han hecho ensayos muy interesantes en algunos colegios de Bogotá; en la Escuela Pedagógica Experimental, Dino Segura y sus colaboradores han hecho numerosas experiencias; en el Colegio Nueva Granada, Connie Turner ensayó a profundizar durante varios meses en el tema de los dinosaurios con un grupo de segundo grado de básica primaria; en el Colegio San Patricio se trabajó largamente sobre las galaxias en un curso especial de introducción a la física en noveno grado bajo la dirección de Nydia Castro; en el Liceo Segovia, Esperanza Garzón intentó tratar pocos temas en profundidad con las alumnas de física de décimo grado; en el Colegio de CAFAM, Carlos

Barajas ha desarrollado unidades en profundidad para ciencia integrada en sexto grado y para química en décimo y undécimo. Hay seguramente muchas otras experiencias de las que no tengo noticia.

Es necesario continuar esas experiencias, hacerles un seguimiento, consignarlas por escrito, difundirlas, replicarlas y reflexionar sobre ellas. Hay que aprovechar la flexibilización de los programas de secundaria, y el rediseño de los programas de media diversificada que iniciarán la División de Investigación Educativa DIE-CEP de Bogotá y las Universidades Pedagógica y Nacional para atreverse a ensayar este acercamiento en profundidad.

3.2. El segundo consenso es el de la integración y coordinación de las ciencias entre sí y en los distintos grados (“integrated multi-year coordination”). En los Estados Unidos todavía se considera la integración más que todo dentro de las mismas ciencias naturales, y muchas veces se refiere solo a corregir una práctica de algunas escuelas secundarias en las que se suele ver un año de biología, uno de física y uno de química. Pero para las escuelas primarias se va extendiendo la idea de integrar las ciencias naturales con otras áreas del currículo, como lenguaje, arte y estudios sociales, sobre todo a través de temas de ecología y protección del medio ambiente.

En Colombia hemos ido mucho más lejos que en otros países. El Decreto 1002 de 1984 propone la integración en todos los grados, global hasta el tercero y más regional en cuarto y quinto, sin dejarla de lado del sexto al undécimo. El documento sobre Integración Curricular que fue elaborado bajo mi dirección y publicado por el Ministerio de Educación en 1984 ha sido reeditado muchas veces por los Centros Experimentales Piloto, y fue publicado casi en su totalidad en el número 1 de la revista “Integración Educativa” de la DIE-CEP de Bogotá (Ministerio de Educación Nacional, 1984; Vasco, 1985). Fui invitado por la UNESCO para dirigir talleres de integración en Centroamérica, como los que he realizado en varias ciudades de Colombia, y estos talleres han sido replicados muchas veces por los profesionales técnicos del Ministerio de Educación y de los Centros Experimentales Piloto.

La UNESCO publicó entre 1971 y 1979 cinco volúmenes sobre “Nuevas Tendencias en la Enseñanza Integrada de las Ciencias” (UNESCO, 1971-1979). En 1988 publicó dos volúmenes sobre “Innovaciones de la Educación Científica y Tecnológica”, en el segundo de los cuales la Parte Tercera está dedicada a la enseñanza interdisciplinar de ciencia y tecnología (Layton, 1988). En la serie de documentos sobre Educación Científica y Tecnológica de la UNESCO, de la cual han salido al menos 24 títulos, el número 19 está dedicado a “La Enseñanza de la Ciencia y la Tecnología en un Contexto Interdisciplinario” (UNESCO, 1986). En este documento hay propuestas muy concretas, algunas de ellas desarrolladas en detalle, como una serie de 26 lecciones integradas acerca del tiempo dirigidas a niños de 9 a 11 años; una unidad integrada de siete lecciones sobre la composición, propiedades, producción y utilización del papel; una

unidad integrada muy extensa sobre la preparación de un viaje espacial, y otra más breve sobre el tema del transporte.

El Sistema de Aprendizaje Tutorial diseñado por FUNDAEC en Cali y utilizado ampliamente en el norte del Cauca, presenta unidades integradas de ciencias naturales, sociales, lenguaje y matemáticas desarrolladas a través de proyectos de producción agropecuaria, que se han propuesto como modelos para el rediseño de los bachilleratos rurales.

La integración alrededor de temas ecológicos parece muy prometedora, aunque es difícil porque requiere también integrar temas de ciencias sociales, y las consideraciones económicas y socio-políticas esenciales a la ecología son muy delicadas y aun explosivas. La nueva reforma educativa de Escocia que entrará en vigor a partir del segundo semestre de 1990 integra todas las ciencias sociales y las naturales en una sola área llamada "Ciencias del Medio Ambiente". La Ecología es demasiado importante para dejársela solo a los biólogos.

Se ha propuesto también en muchos países integrar la enseñanza de las ciencias alrededor de temas de salud, a partir de la tecnología más cercana a los alumnos, y a partir de otros temas de la vida cotidiana. Para la muestra en botón. En una encuesta recientemente realizada en Bogotá, las alumnas de sexto grado de la Normal Distrital María Montessori propusieron temas de ciencia y tecnología muy interesantes, variados y difíciles, que van desde cómo funciona un disco láser, hasta cómo se hace para enrollar el algodón y formar un hilo. Ahí tenemos desafíos bien difíciles y apasionantes.

Hay muchas realizaciones interesantes de enseñanza integrada de las ciencias en el país, sobre todo en la básica primaria, y los Centros Experimentales Piloto han iniciado la difusión de algunas de ellas.

En la básica secundaria la integración se hace más difícil por la división administrativa de los colegios en Departamentos y por la formación unidisciplinar de muchos de los licenciados; pero hay ya algunas experiencias valiosas, como la que adelantó el Colegio Mayor de San Bartolomé con la planeación de unidades integradas reuniendo dos de los Departamentos para preparar una sesión con dos cursos con sus dos profesores durante un período doble.

Aun en el nivel post-secundario hay experiencias, como el curso de ciencia integrada para las carreras relacionadas con la salud en la Universidad Javeriana, para mencionar la que conozco mejor.

Ya es tiempo de planear e iniciar licenciaturas y especializaciones en ciencias naturales integradas, especialmente en ecología (en la cual hay que integrar también las ciencias sociales), y de flexibilizar la división administrativa de los colegios para propiciar las experiencias de integración.

Se podría también organizar un simposio de enseñanza integrada de las ciencias naturales para recoger y comentar las experiencias hechas en el país, y buscar medios de difusión de esas experiencias.

4. OTROS CONSENSOS EN FORMACION

Aunque mi viaje de estudios durante los últimos seis meses con una beca de la Fundación Guggenheim se orientó más al análisis de los aspectos cognitivos de la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas, también tuve la oportunidad de leer muchos documentos y dialogar con muchas personas interesadas en las ciencias naturales. A partir de esas lecturas y conversaciones me atrevo a sugerir otros puntos de convergencia alrededor de los cuales se van formando consensos específicos sobre las líneas generales de una renovación en la enseñanza de las ciencias, además de los dos ya citados.

4.1. Un primer consenso se va formando alrededor de la necesidad de enseñar ciencias naturales en todos los grados de la educación básica. No se puede dejar la física y la química para los últimos grados. Hay que aprovechar la curiosidad natural del niño y del pre-adolescente para que se entusiasme con las ciencias. En la adolescencia predominan otros intereses y preocupaciones.

Los tres puntos propuestos por el Grupo Federici se articulan muy bien con las ciencias naturales en todos los grados: discusión crítica racional, escritura y reorientación racional de la acción (Mockus, 1989).

Los tres puntos propuestos por Lauren Resnick en los Estados Unidos como propósitos culturales amplios para las ciencias y las matemáticas también se articulan muy bien con la formación en todos los grados; esos tres puntos son: tratar de comprender textos difíciles, tratar de producir material escrito y gráfico que otros necesiten y quieran aprovechar, y tratar de construir argumentos complejos y válidos (Resnick, 1987).

Nótese que este último se relaciona con el tema de la discusión crítica racional del Grupo Federici, y los dos primeros con el tema del contacto con la tradición escrita.

En este sentido de tratar todas las ciencias naturales en todos los grados, el programa de la renovación curricular del Ministerio de Educación apunta en la línea adecuada.

4.2. Un segundo consenso se va formando alrededor del desarrollo de los conceptos en el sentido de la primera línea de investigación reseñada por Eylon y Lynn: partir de los preconceptos o preteorías de los alumnos, de sus modelos internos, y crear los desequilibrios, desfases, incongruencias, contradicciones o disonancias cognitivas que provoquen las reconstrucciones conceptuales. Remito de nuevo al artículo citado de Alvaro Ramírez Quevedo para mayor información y bibliografía (Ramírez Quevedo, 1989).

El libro sobre Modelos Mentales de Gentner y Stevens sigue siendo un clásico en la materia (Gentner & Stevens, 1983). La Universidad de Roma tiene un grupo de trabajo en esta línea que ha visitado a Colombia y tiene mucho que aportar. El concepto de primitivas fenomenológicas de Andrea DiSessa ("phenomenological primitives", abreviado "p-prims") se ha ido consolidando en distintas áreas de las ciencias naturales (DiSessa, 1983). Como un ejemplo, pensemos en lo que le pasa al ruido del motor de una aspiradora cuando uno tapa el extremo del tubo aspirante con la mano. ¿Sube o baja el tono del ruido? Al analizar las respuestas y los argumentos que se dan para ellas, se puede detectar que no solo los niños, sino también los adultos, y aun nosotros los profesores, tenemos una serie de modelos mentales para asimilar la realidad a nuestros esquemas, que llegan a primar aun sobre el conocimiento científico que manejamos concientemente, y que hasta hemos enseñado durante muchos años. Ya se han desarrollado algunas estrategias para promover estos cambios conceptuales. Hay que partir de fenómenos con suficiente entramado en la experiencia de los alumnos para que se sientan relativamente seguros en ellos. Se hacen preguntas interesantes y difíciles acerca de esos fenómenos. Tomen por ejemplo un lápiz y sosténganlo balanceado al través en el dedo índice. Una vez que logren el equilibrio, traten de perturbar ligeramente ese equilibrio, y verán que el lápiz regresa a la posición balanceada. ¿Por qué? Esa pregunta puede llevar a descubrir los esquemas profundos de equilibrio que impiden el aprendizaje de la teoría newtoniana.

O tomen las preguntas sobre si la escalera de pintor apoyada en la pared se resbala más o menos fácilmente cuando se sube el Gordo o el Flaco, o si la bicicleta con una cuerda amarrada a un pedal se mueve hacia adelante o hacia atrás, cuando alguien tira de la cuerda hacia atrás, u otras igualmente ingeniosas propuestas por Lévy-Leblond en sus dos libros sobre la física en preguntas, ya traducidos por Alianza Editorial (LB 923 y LB 1179).

Las predicciones que se hacen sirven para clarificar los preconceptos, preteorías y modelos internos de los alumnos, y para reformular esas predicciones en forma de hipótesis contrastables.

Para seleccionar los temas, las preguntas, y las secuencias de transformación de esos modelos es muy importante conocer bien la historia de la ciencia respectiva. Por ejemplo en física ha sido muy reveladora la nueva historiografía de la ciencia aristotélica y de las teorías pregalileanas de Buridano y Gassendi sobre el impulso. Los alumnos pasan por ahí sin saberlo, y la mayoría de las personas, aun profesores de física, permanecen en una física del impulso muy distinta a la newtoniana (Piaget & Garcia, 1982). Aun los que pasan a la newtoniana encuentran dificultad en pensar en términos de física de campos, y los modelos relativistas galileanos permanecen apenas disfrazados con un discurso pseudo-relativista.

Se trata luego de que los mismos estudiantes diseñen un experimento para poner a prueba su hipótesis o las de sus compañeros. Hasta ahora los experimentos estaban ya

diseñados en los manuales de laboratorio, y los estudiantes tenían que aprender más bien a llenar las gafas de laboratorio ni tan bien ni tan mal que el profesor sospechara que en realidad no habían hecho el experimento.

No tuvimos nunca la experiencia de diseñar un experimento para comprobar o refutar nuestras propias hipótesis. Se decía que para ello era necesario saber mucha física, o que era indispensable el pensamiento hipotético-deductivo, etc. Pero si se selecciona bien el tema, se propicia la discusión grupal y se ofrece el apoyo concreto apropiado, aun los alumnos de primaria pueden perfectamente formular hipótesis y proponer experimentos que las apoyen o refuten.

Se llevan a cabo los experimentos y se ejercita el debate, el diálogo, la formulación de argumentos en pro y en contra, la crítica a esos argumentos, la habilidad para dar interpretaciones alternativas a las mismas descripciones de los fenómenos, etc. Ya se sabe que no basta que se presente la contradicción entre los modelos internos y los fenómenos observados. Es una condición necesaria, pero no suficiente para que el alumno empiece una deconstrucción y reconstrucción de sus preteorías.

Hace falta el fogueo social, la discusión en grupo, la interpretación y reinterpretación de lo que se percibió como resultado del experimento, y de la relación de ese resultado con las hipótesis y preteorías iniciales. En ese sentido del desarrollo de los conceptos hay mucho que trabajar en cada campo específico.

El programa de ciencias naturales de la renovación curricular insistía ya en los conceptos, y había tomado algunas ideas importantes del "COPES" ("Conceptually oriented program in elementary science") de la universidad de Nueva York. Pero en ese entonces todavía se confundía muchas veces el concepto con la definición verbal refinada por muchos años de trabajo científico, y se creía que cada concepto científico era único, unívoco y acabado. Hay que pensar más en términos de las redes conceptuales como las propone Skemp (Skemp, 1979), o de las imágenes conceptuales como las proponen Tall y Vinner (Tall & Vinner, 1981), y tener más en cuenta la fluidez, la historicidad y la multivocidad de los conceptos aparentemente más establecidos en las diversas ciencias. Ya se ha experimentado desde antiguo la imposibilidad de definir conceptos tan básicos en la física como el espacio o el tiempo; pero sin ir tan lejos, nadie me ha podido dar una definición satisfactoria de fuerza o de energía.

4.3. Un tercer consenso que percibí es el de atender más a los procesos que a los resultados. Ya en el programa de ciencias naturales de la renovación curricular se había insistido mucho en los procesos, y se habían tomado ideas muy valiosas del "SAPA" ("Science: A process approach") de la Asociación Norteamericana para el Avance de la Ciencia AAAS. Pero se entendían los procesos de una manera muy esquemática como los pasos de un pretendido "Método Científico" en singular y con mayúscula, que comenzaban siempre por la observación, y dejaban para los últimos grados la formulación de hipótesis y teorías.

Si en algo ha progresado la epistemología desde el neo-positivismo hasta nuestros días, es en la detección de la interacción entre teorías previas y observaciones; en la imposibilidad de observaciones empíricas puras; en el grado de elaboración de las percepciones más elementales; en la caricatura de las ciencias propuesta por el empirismo, como si las teorías no fueran sino meras generalizaciones de protocolos empíricos elementales, etc. Se generó una excesiva credulidad en las garantías que daba el pretendido "Método Científico", y se absolutizaron los métodos exitosos en las ciencias naturales como si fueran también los propios para las ciencias sociales, ocultando así el sujeto, impidiendo la reflexión, y privilegiando los aspectos numéricamente cuantificables, cuando aun en las ciencias naturales es importante reconocer al sujeto, dar lugar a la reflexión (aunque por supuesto en sentidos diferentes de los imprescindibles en las ciencias sociales), y hacer análisis cualitativos muy finos hasta en los casos en los cuales tiene éxito la cuantificación.

Además del reconocimiento de la complejidad y multiplicidad de los métodos de cada disciplina, se ha reconocido también la complejidad y multiplicidad de los procesos sociales de aceptación y difusión de las teorías científicas, y de los procesos mentales de atención; de enfoque-desenfoco de campo; de generación, mantenimiento y cambio de actitudes; de manejo de la memoria, de generalización y abstracción; de transferencia; de planificación, monitoría y evaluación de los propios procesos y actividades internos y externos, y en general todos los procesos de resolución de problemas.

Respecto a los procesos de resolución de problemas, debo hacer un llamado de atención: se confundió inicialmente el acercamiento por resolución de problemas con una clasificación de problemas en distintos tipos, cada uno asociado a una fórmula, y con una habilidad para examinar palabras-clave del problema para detectar a qué tipo pertenecía el problema dado. Así muchos alumnos han logrado sacar muy buenas notas en física y en química sin saber realmente la materia. De eso no se trata. Más bien se deberían redactar problemas que tengan exceso o defecto de información, o con palabras-clave que remitan a tipos de problema asociados a fórmulas irrelevantes, u omitir la pregunta final para que el alumno plantee posibles preguntas pertinentes para la información presentada antes, etc. Los procesos cognitivos y metacognitivos de resolución de problemas son mucho más complejos y difíciles de ejercitar que la habilidad para clasificar problemas en tipos, asociar a cada tipo una fórmula, y reconocer luego el tipo de un problema rutinario específico para reemplazar valores en la fórmula respectiva.

4.4. Un cuarto consenso se manifiesta en las últimas publicaciones sobre programas de desarrollo de habilidades de pensamiento, y en la última Conferencia Internacional sobre Pensamiento en Puerto Rico del 16 al 22 de agosto de este año de 1989. Se creyó inicialmente que los programas de desarrollo de habilidades de pensamiento deberían ser algo separado de las asignaturas curriculares usuales. Así empezaron los programas de Edward de Bono, de Rubén Feuerstein, y los programas del Proyecto de Inteligencia

de Venezuela. Poco a poco se ha ido viendo la necesidad de incorporar los ejercicios de habilidades de pensamiento en cada una de las áreas. Richard Paul de la Universidad de Sonoma, Robert Swartz de la Universidad de Massachusetts en Boston, y David Perkins de la Universidad de Harvard, han desarrollado programas de desarrollo del pensamiento dentro de las áreas curriculares; en particular para la física, ya mencioné el grupo de la Universidad de Massachusetts en Amherst, compuesto por Whimbey, Lochhead y Clement, quienes ahora también trabajan conjuntamente con David Perkins y el profesor surafricano Merlyn Mehl en desarrollar habilidades cognitivas en los programas de física de secundaria para los alumnos de los grupos racialmente discriminados en Capetown, Suráfrica.

En Colombia, el Departamento de Psicología de la Universidad Javeriana ha empezado programas de ese tipo, y el Ministerio de Educación ha estado explorando con la OEA la posibilidad de desarrollar un proyecto de incorporación de habilidades cognitivas en los currículos de matemáticas, español y literatura, ciencias naturales y ciencias sociales.

El consenso es pues el de articular el desarrollo de habilidades de pensamiento dentro de los programas de ciencias naturales, y no dejarlo para ejercicios paralelos que pretenden “enseñar a pensar” en general.

En este punto hay mucha investigación por hacer, para identificar dentro de las habilidades cognitivas ya conocidas cuáles son las más importantes para las ciencias naturales, y para diseñar las actividades que mejor las promuevan. Hay que revisar las llamadas “ondas” de planificación, toma de decisiones, resolución de problemas, argumentación, etc., las habilidades metacognitivas de automonitoría y autoevaluación, y las habilidades cognitivas específicas de cada disciplina y tema particular.

Es necesaria también mucha investigación sobre las maneras de detectar si se están desarrollando o no las habilidades seleccionadas, pues es muy difícil evaluar el progreso en una habilidad independientemente de los resultados, que pudieran tal vez deberse a buena memoria o a otras habilidades que se desarrollaron independientemente de los programas de ejercitación.

4.5. Otro consenso que veo en rápida conformación en Estados Unidos y Europa es el de aprender a utilizar representaciones múltiples en todas las ciencias. El manejo cualitativo de gráficas va apareciendo en Inglaterra, Holanda, Canadá y Estados Unidos como prioritario en las ciencias naturales y en las matemáticas; la utilización de diagramas de flujo, de tablas y nomogramas, de diseños y maquetas, de modelos planos y tridimensionales, de diagramas de fuerzas, de representaciones gráficas de los movimientos; la utilización de distintas notaciones simbólicas, y la reinterpretación de una grafía tradicional de maneras diferentes, son propósitos cada vez más importantes en los programas de ciencias naturales en los países que he visitado.

En este sentido podría parecer que el artículo citado de Antanas Mockus se queda muy atrás al proponer solo la escritura (op. cit.15); pero los que conocemos el trabajo del Grupo Federici y en particular la tesis de postgrado de Antanas Mockus, podemos detectar en las dos últimas líneas de esa misma página que la escritura no se refiere solo a escribir palabras, sino a todo "lo dispuesto gráficamente sobre el papel" (Mockus, 1988).

Habría pues que extender la "escritura" a todos los modos de disponer y plasmar gráficamente, y tal vez aun extenderla a otros tipos de representaciones plásticas tridimensionales, para captar lo que quiero decir con la utilización de representaciones múltiples en las ciencias naturales.

4.6. Otro consenso que se va formando es acerca de las estrategias de enseñanza por tutoría personal, grupal o colectiva para el progreso en las distintas ciencias, y en particular en las naturales. El estudio de lo que se llamó "aprendizaje por descubrimiento" ("discovery learning"), el análisis de los tutores que tienen éxito en hacer progresar a sus tutoriados, y el inventario de estrategias utilizadas por profesores reconocidos por su habilidad en provocar la reflexión y el cambio conceptual en sus alumnos, han empezado a configurar una serie de estrategias importantes para la enseñanza de las ciencias naturales, que Collins y Stevens recogieron en un artículo muy estimulante bajo el rótulo de "enseñanza por búsqueda" ("inquiry teaching") (Collins & Stevens, 1982). En este último aspecto tenemos mucho qué aprender, mucho qué investigar, y sobre todo, mucho qué practicar.

NOTAS

- 1 Este artículo no hubiera podido elaborarse sin el apoyo de la Fundación John Simon Guggenheim que me otorgó una beca de investigación durante todo el año de 1989, y sin el apoyo de la Universidad Nacional de Colombia que me concedió una comisión de estudios para aprovechar dicha distinción académica.
- 2 Este aspecto de la configuración más o menos explícita de los microambientes por parte del maestro para potenciar la relación maestro-alumno(s) revela la limitación que tiene restringir la didáctica a la mera consideración de la palabra del maestro, por importante que esta sea.
- 3 Estas ideas sobre la pedagogía se han ido perfilando principalmente en conversaciones con Eloísa Vasco sobre el rol del maestro, el saber pedagógico y la investigación en el aula, así como en confrontaciones orales, escritas o imaginadas con Araceli de Tezanos; con el Grupo de Pedagogía conformado por Olga Lucía Zuluaga, Alberto Echeverri, Stella Restrepo y Alberto Martínez; con el Grupo Federici; con el Grupo Pedagógico de Ubaté, y con el grupo de profesores del extinto Departamento de Pedagogía de la Universidad Nacional.

REFERENCIAS:

- BROUSSEAU, G. (1986). Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 7(2), 33-115.
- CHEVALLARD, Y. (1985). *La transposition didactique*. Grenoble: Pensée Sauvage.
- COLLINS, A., & Stevens, A.L. (1982). Goals and strategies of inquiry teachers. In R. Glaser (Eds.), *Advances in instructional psychology* (pp.65-119). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- DISESSA, A. (1983). Phenomenology and the evolution of intuition. In D. Gentner, & A.L. Stevens (Eds.), *Mental models* (pp. 15-33). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- EYLON, B., & Lynn, M.C. (1988). Learning and instruction . An examination of four research perspectives in science education. *Review of Educational Research*, 58(3), 251-301.
- GENTNER, D., & Stevens, A.L. (Eds.) (1983). *Mental models*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- LAYTON, D. (Ed.) (1988). *Innovations in science and technology education* Paris: UNESCO.
- LOCHHEAD, J. & Clement, J. (Eds.) (1979). *Cognitive process instruction: Research in teaching thinking skills*. Philadelphia, PA: Franklin Institute.
- MINISTERIO DE EDUCACION NACIONAL. (1984). *Integración curricular*. Bogotá, D.E. Ministerio de Educación Nacional-Dirección General de Capacitación.
- MOCKUS, A. (1988). *Representar y disponer* . Bogotá D.E.: Universidad Nacional de Colombia-Centro Editorial.
- MOCKUS, A. (1989). Formación básica y actitud científica. *Educación y Cultura*, 17 (Marzo, 1989), 11-16.
- NICKERSON, R.S., Perkins, D.N. & Smith, E.E. (1985) *The teaching of thinking*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- PIAGET, J. & García, R. (1982). *Psicogénesis e historia de la ciencia*. México, etc. Siglo XXI.
- RAMIREZ QUEVEDO, A. (1989). La teoría del cambio conceptual: Una aproximación constructivista para la enseñanza de las ciencias naturales. *Educación y Cultura*, 17 (Marzo, 1989), 37-42.
- RESNICK, L.B. (1987). *Education and learning to think*. Washington, DC: National Academy Press.
- ROGOFF, B., & Wertsch, J.V. (Eds) (1984). *Children learning in the Zone of Proximal Development*: San Francisco, CA: Jossey-Bass.

- SKEMP, R.R. (1979). *Intelligence, learning, and action*. Chichester/New York: John Wiley & Sons.
- STERNBERG, R.J. (1988). *The triarchic mind: A new theory of human intelligence*. New York/London: Penguin.
- SWARTZ, R.J. & Perkins, D.N. (1989). *Teaching thinking: Issues and approaches*. Pacific Grove, CA: Midwest Publications.
- TALL, D. & Vinner, S. (1981). Concept image and concept definition in mathematics with particular reference to limits and continuity. *Educational Studies in Mathematics*, 12, 151-169.
- UNESCO. (1971-1979). *New Trends in integrated science teaching (5 vols.)*. Paris: UNESCO.
- UNESCO. (1986). *The teaching of science and technology in an interdisciplinary context: Approaches for the primary school (Document Series No.19)*. UNESCO-Division of Science, Technical and Environmental Education.
- VASCO, C.E. (1985). La integración como componente del proceso educativo. *Investigación Educativa (DIE-CEP, Bogotá D.E.)*, (1), 51-59.
- WHIMBEY, A. & Lochhead, J. (1980). *Problem solving and comprehension: A short course in analytical reasoning (2nd ed.)*. Philadelphia, PA: Franklin Institute.