

¿Cómo plantear una educación científica donde no existe (como en la escuela infantil y la elemental) o donde se da por descontada (como en la educación básica)? Vivimos una época en la que cada vez se afirma con más frecuencia la existencia de una discontinuidad radical entre el «sentido común» y el universo de las disciplinas especializadas. Entonces, ¿cómo establecer una relación entre el «conocimiento científico» y el modo de aprender de un niño o de un joven? Según los autores, el problema educativo no consiste tanto en tratar temas específicos, como en adiestrar a los niños para que sepan encontrar unas «estrategias de colonización cognitiva», es decir, descubrir los criterios necesarios para una conquista gradual y progresiva de su propio espacio de experiencia y conocimiento. Este libro se basa en experiencias reales para ofrecer valiosas indicaciones acerca de la evocación y la reelaboración del mundo cotidiano de los niños con el fin de introducir conceptos como los de «número» o «fuerza» o nociones básicas de biología. Y no intenta prescribir itinerarios didácticos, sino más bien ofrecer ciertas bases para una enseñanza que garantice el estímulo y la gratificación, independientemente del aprendizaje del oficio mismo de educador.

M. Arcà es bióloga y trabaja como investigadora en la Universidad de Roma. P. Guidoni es físico y profesor del Instituto de Física de la Universidad de Nápoles. P. Mazzoli también es físico y ha colaborado con Alberto Manzi. Arcà y Guidoni, además, son responsables de sendos proyectos de investigación para la didáctica y la educación cognitiva.

ISBN 84-7509-624-7

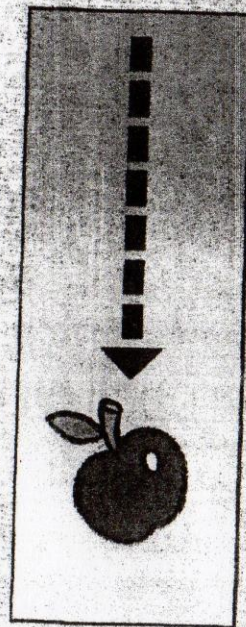


Paidós Educador 97

M. Arcà - P. Guidoni - P. Mazzoli

Enseñar ciencia

Cómo empezar: reflexiones para una educación científica de base



Paidós Educador

"Rosa Se

CAPÍTULO I

EL DESARROLLO DEL PROCESO COGNITIVO COMO TAREA DE LA EDUCACION

EDUCACIÓN PARA EL CONOCIMIENTO Y CONOCIMIENTO COMÚN: EL PAPEL DE LOS ENSEÑANTES

¿Qué quiere decir tener «conocimiento» de tipo «científico»? ¿Qué quiere decir «conocer» en biología, qué quiere decir «conocer» en historia, y demás?

La investigación que estamos desarrollando, y de la que nace el discurso que sigue en forma muy esquemática, versa precisamente sobre este punto: ¿es posible establecer una relación entre «conocimiento científico», reconocido como tal, y el modo de conocer de un niño, de un joven? (Y asumimos como objetivo del desarrollo de este modo de conocer, no la preparación de un «pequeño científico», ni la preparación de un futuro técnico, sino una *formación* cultural: una formación para el conocimiento válida para todos, como instrumento fundamental para vivir en el mundo.) ¿Qué relación hay, entonces, entre esta formación cultural de base y sus característicos modos de afrontar los problemas, y el conocimiento científico, profesionalmente construido y utilizado?

Estamos en una época en la que a menudo se afirma que existe una discontinuidad radical entre el denominado conocimiento común y el conocimiento científico: que el «verdadero» conocimiento se constituye en universos particulares con sus lenguajes específicos; que para alcanzarlos se experimenta una transición drástica, que siempre hay unos muros que se deben atravesar.

Frente a este problema, como adultos con experiencias vitales, de trabajo y de investigación, partimos de una reflexión sobre nuestro conocimiento, común y científico, para ver de qué modo esta reflexión sobre nuestra experiencia especializada puede servir para abrir caminos de unión hacia el conocimiento de los niños y el conocimiento común adulto. Por otra parte, cada chico pone sistemáticamente en funcionamiento dinámicas de conocimiento complicadísimas, muy refinadas y elaboradas; ahora bien, estas dinámicas ¿tienen algo que ver con nuestro conocimiento de adultos, común y especializado, o son un universo aparte? ¿Es posible un desarrollo, una unión continua y coherente entre estos extremos, o es preciso de nuevo acudir a las «separaciones» establecidas según niveles, a través de «transiciones», etc.?

Actualmente, en este trabajo, nuestra relación con los enseñantes se reduce a las poquísimas personas que, formando grupo con nosotros, están estudiando el modo de aprender de los niños. Por otro lado, nuestro objetivo es encontrar criterios, o líneas generales, que sean útiles también a otros: viendo a los enseñantes «en general» como situados en una especie de vértice común a dos triángulos, en una situación del tipo de la representada en la figura 1. En el centro ponemos al enseñante (E): por una parte tiene frente a él un mundo de niños (N) y un mundo adulto (A), que interactúan entre sí (con todas las complicadas dinámicas que se desarrollan fuera de la escuela), y con los que el enseñante a su vez interactúa en dos direcciones: trabajando, durante una parte de su vida y de la de ellos, con unos niños; y participando al mismo tiempo en un mundo adulto, al que debe también «unirlos».

No se trata de elegir las mejores «cosas» para enseñar: el problema es preguntarse en qué clase de adultos se convertirán estos niños, en una comparación continua que el enseñante debe administrar entre los dos universos. Por otra parte, el enseñante está implicado también en una interacción distinta, en la que de un lado aparecen como categoría los llamados «expertos» (E_1) disciplinarios (el matemático, el físico, el biólogo...) que, en el mejor de los casos, proponen las infraestructuras de las disciplinas, las «cosas importantes que se deben saber», y demás; y del otro un agrupamiento de expertos (E_2) de otro tipo —llamémoslos ψ , ρ , π , σ , psicólogos o filósofos o políticos o sociólogos— que se declaran competentes en los diversos aspectos del contexto educativo (el psicólogo dice: «Los chicos comprenden de este modo»; el filósofo dice: «El significado de la ciencia es el siguiente»; etc.).

Está claro que para el enseñante ésta es una posición crítica, porque se trata de lograr utilizar las diversas competencias, todas muy específicas, y de algún modo transformarlas profundamente, en una especie de «digestión», de «metabolismo» (las transferencias directas no funcionan), para poder introducir las en el otro ciclo (véase la figura). Para esta función del enseñante, objetivamente muy delicada y compleja, creemos que la analogía más evidente es, en realidad, la de la «digestión», en la que se trata de asimilar «cosas» procedentes del exterior que tienen todas una estructura y un significado propios; de «desmontarlas», hasta cierto punto, en «trocitos», bastante simples, y luego de construir otras «cosas», haciendo así cambiar el significado de los elementos originarios. (Cuando la comida entra en el metabolismo del organismo, es primero cuidadosamente desmontada, hasta un nivel molecular, y luego cuidadosamente remontada, cambiando de «naturaleza»; pero las «piezas» son siempre las mismas.)

Esta operación, extremadamente compleja, no puede, pues, ignorar ni el «de este lado» ni el «del otro lado» (véase la figura); ni las estructuras que se tienen que desmontar, ni aquellas que deben construirse, para que a su vez las utilicen los diversos niños, cada uno a su modo. Y nuestro intento de trabajo es precisamente el de buscar y proponer *modelos de metabolismo* (digamos también, si se quiere, «digestivos») en forma

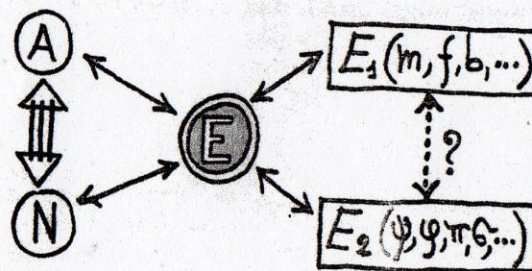


FIGURA 1

tanto de líneas generales de trabajo, como de criterios para organizarlas: en el intento de unificar de modo significativo (en el sentido antes mencionado) las fragmentarias propuestas sobre «métodos o contenidos» que desde distintas partes se ofrecen a los enseñantes.

Más en particular, pero todavía en el nivel del discurso introductorio, es preciso también decir que aquel que se llama «conocimiento científico» no puede contemplarse como una especie de vía, o de escalera, por la que avanza; no se puede decir «El conocimiento científico comienza aquí, y avanza por partes sucesivas, peldaños, niveles, y demás». Esto puede suceder, en nuestra opinión, para sectores muy limitados de un conocimiento, no tanto científico en general como más específicamente formal: es bastante cierto que si se quiere llegar a reorganizar el concepto intuitivo de número se necesita una serie de pasos sucesivos; es bastante cierto que si se quiere estudiar la lógica formal se debe hacer un determinado recorrido casi obligado. Pero, desde nuestro punto de vista, el problema de una educación científica de base corresponde más a una imagen como la de plantar postes en el agua para construir un sistema de palafitos, que a la de andar a lo largo de un camino siguiendo un recorrido definido. El problema de la educación científica es, en definitiva, esencialmente análogo al de la colonización de un territorio, en la que el aspecto más importante no es tanto el de saber entrar por el camino correcto, y recorrerlo hasta cierto punto, como el de encontrar *criterios* con los que proceder, organizando el territorio mismo, dominando las propias reservas y las propias posibilidades, y tratando de aumentarlo. (Criterios para plantar postes en el agua; criterios para comenzar a conectar entre sí postes lejanos; y luego comprender cómo se puede construir algo encima de ellos; después se plantan otros postes, se desmonta parte de aquello que se ha construido, porque en realidad se quiere algo más grande, y por tanto conviene desmontar y rehacer desde el principio; y mientras la construcción se extiende, se complica, se organiza: lo que era una galería se convierte en una casa, y luego en una aldea.)

Análogamente, el problema educativo es mucho más amplio que el de señalar caminos seguros, o dar contenidos técnicos específicos y no obstante necesarios: es, sobre todo, el de ayudar a niños, jóvenes y adultos a encontrar unas estrategias de colonización cognitiva. Por estrategia de colonización se puede entender un modo de conquista progresiva y gradual, asociada a recorridos «exploratorios» de todo tipo, pero también a un retroceso continuo; a un volver a poner en cuestión aquello que se ha hecho para organizarlo de nuevo; a un estar en condiciones de servirse también de aquello que ya se posee, adaptándolo para responder a nuevas exigencias; a un deseo continuo de mejorar la ordenación de todo el «territorio», etc. Y la cosa que se debe enseñar (porque se puede enseñar, y se enseña) es precisamente esta técnica de volver a incluir siempre todo en el juego de manera constructiva, y no destructiva. (Obviamente, a veces también es necesario saber ser destructivos: en la comparación de los palafitos, después de haber esbozado una construcción, el trabajo deberá detenerse si se piensa que nada se puede modificar porque cualquier otro paso que se diera para avanzar sólo podría anular el anterior resultado.)

Como último punto del nivel introductorio se puede reflexionar sobre dos citas: una está tomada de un discurso de De Mauro, quien recientemente, hablando de lengua, lenguaje y aprendizaje del lenguaje, en particular de aprendizaje de la lectura, subrayaba lo difícil que es conseguir educar a unos jóvenes en el gusto por la lectura (o por el conocimiento) si el ambiente cultural en el que los jóvenes mismos viven no practica esos hábitos. Era una invitación, evidente pero extremadamente importante, a recordar que los niños que nosotros tenemos delante en la escuela, viven inmersos en un mundo que, de hecho, funciona de una determinada manera; y si es verdad que es importante educar a los niños de manera distinta, incluso con la intención de cambiar el mundo, también es preciso saber lo problemática que es la condición adulta que rodea a estos niños; y que en particular es difícil dar una educación científica a niños que viven en una situación en la que los adultos no tienen ni idea de lo que quiere decir un conocimiento científico, de su valor, de su significado, etc.

La segunda cita es una frase de Wittgenstein que se refiere a los significados de los lenguajes: «Un modo de hablar es un modo de vivir». Y ésta es otra idea importante: es inútil (aun hablando del lenguaje y a la vez del pensamiento) tratar de modificar solamente los modos de hablar de las personas, porque éstos, que expresan modos de pensar, y que constituyen los modos de comunicarse con los otros, son espejo y base de los diversos modos de vivir. Por lo que es preciso llegar a incidir más sobre los modos de ver y sobre los modos de vivir, o por lo menos a cuestionarlos, que sobre los modos de hablar.

Desde el punto de vista de la educación para la ciencia, esto significa no aprender esquemas para irlos a contar a la escuela, o a quien nos deba proporcionar trabajo. Es preciso, en cambio, darse cuenta de que «educación científica» significa desarrollo de *modos de observar* la reali-

dad, y de *modos de relacionarse* con la realidad; que esto implica y supone los modos de pensar, los modos de hablar, los modos de hacer, pero sobre todo la capacidad de juntar todos estos aspectos. Es preciso, pues, estar dispuestos a cuestionar continuamente —a fondo y a cualquier edad— nuestra relación (de interpretación, discurso e intervención) con las personas y los «hechos de la vida».

Se puede dar aún otro ejemplo para aclarar qué puede significar operativamente esta actitud. Este año, en uno de los cursos con los que trabajamos (eran chicos de cuarto), decidimos en un cierto momento iniciar una reflexión explícita sobre ideas, conceptos y estructuras cognitivas relativos a la «fuerza». La palabra «fuerza», ¿a qué «bloque» de conocimientos se refiere? Habitualmente se piensa en la física, y se abre un libro de física para saber «qué quiere decir fuerza». Nuestro trabajo de este año, en cambio, comenzó y avanzó durante dos o tres semanas a través de un reconocimiento y una explicitación paciente, sistemática, pero extremadamente comprometedora para nosotros y para los niños, de los modos en que una persona «normal» —en particular, por ejemplo, un chico de cuarto— usa la palabra «fuerza». Ahora bien, cuando se llega a un curso —sea del primer año de universidad, sea de una escuela elemental o una escuela superior— se tiene a menudo la idea (o el prejuicio) de que delante hay unas personas a las que es preciso «explicar bien qué quiere decir fuerza»: en cambio, estos chicos de cuarto han logrado, en un par de semanas de trabajo, localizar más de 250 frases estructuradas, diferentes y significativas, en las que era utilizada la palabra «fuerza»: cada uno llevaba sus frases o estructuras de discurso, y luego, juntos, trataban de establecer «equivalencias» entre frases diversas. (Por ejemplo, en las frases «Forza Milan» o «Forza Lazio»,* el uso de la palabra «fuerza» es igual; si se dice «Qué fuerza» —y éste es un dialectalismo italiano para decir «qué gracioso», «qué bello»—, se trata de otro significado; si se dice «Mi madre me hace tomar la sopa a la fuerza», éste es otro significado; si se dice «La fuerza del destino»..., etc.) El problema es, pues, ser conscientes de que, de cualquier cosa que nosotros —adultos y niños— hablemos, sólo podemos extraer significados que conocemos ya de algún modo a fondo: y esto se hace evidente en las discusiones con los jóvenes, por ejemplo mientras se trata de escribir y reunir todos estos significados de «fuerza», tan variados y tan contradictorios. ¿Cómo es posible concertar con los significados «concretos» de esfuerzo manual la «fuerza de la bomba», la «fuerza del motor», la «fuerza de los dientes», la «fuerza de soportar el frío del viento»...? Pero estos significados existen en la experiencia de las personas: existen, y son utilizados (por suerte) mucho antes de que cualquiera de nosotros, los enseñantes, los discutamos en clase. El primer día de escuela, en efecto, todos nosotros nos encontramos delante de chicos que vienen de «fuera de la escuela», y estamos en condiciones de hablar jun-

* Expresiones propias del argot futbolístico italiano, equivalentes a «¡Viva el Milán!» o «¡Arriba el Lazio!» [E.]

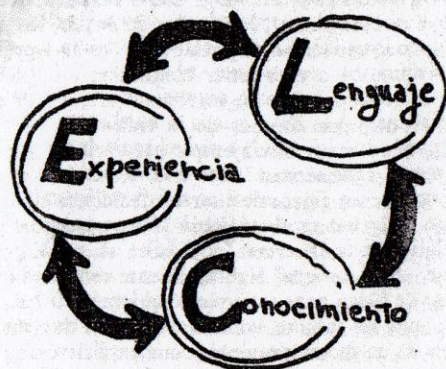


FIGURA 2

tos: significa que tenemos en común con cada uno de ellos este universo enorme (naturalmente, para un chico de cuarto mucho más grande que para un chico de 4 años, pero ya inmenso a los 4 años): un universo de significados y de conexiones entre significados. Y aún nos damos cuenta de que ya en el nivel del cuarto curso hay estructuras de conocimiento de una complejidad insospechada, con las que nos enfrentamos a menudo inconscientemente, pero que como enseñantes debemos tener conscientemente presentes.

Así ocurre que un día un joven llega a la escuela y dice: «Me he hecho una radiografía», y los otros «Sí, una radiografía, la fotografía de los huesos»; «Pero entonces, ¿cómo se fotografian los huesos?»... Si hay un adulto interesado en recoger estos motivos, se puede iniciar y orientar una discusión en la que la conversación será objeto de un continuo tira y afloja entre los jóvenes, y versará sobre aquello que ellos piensan. Así, hablando sobre los huesos, sobre el motivo por el que se hacen fotografías de los huesos, sobre cómo se hacen las fotografías de los huesos, los jóvenes exteriorizan gradualmente problemas y modelos. «Porque yo tomo medicinas, en las que hay fósforo que es bueno para los huesos... pero el fósforo es aquello que hace ver los relojes de noche... Entonces el fósforo se ve... Ciertamente, también las luciérnagas son fosforescentes, entonces quizá sea porque las luciérnagas se comen los huesos de los otros insectos... Entonces porque, y entonces porque... y las máquinas fotográficas ven los huesos dentro, porque los huesos son fosforescentes.»

Así, la primera vez que en una lección, que puede impartirse a cualquier edad, digamos «Este es un ser vivo» podemos tener delante a un chico tan pequeño que no logre explicitar qué quiere decir «vivo»; pero dentro tendrá seguramente una red de conocimientos, ya de una com-

plejidad increíble, construida sobre la *experiencia* de las cosas de las que *se dice* que están vivas (incluido él mismo), sobre la base de los significados de estar vivo, de los significados de no estar ya vivo, de los significados de estar vivo de una manera distinta.

Lo que importa, y lo que se pone continuamente en evidencia en las verdaderas discusiones en clase, es que hay estructuras de conocimiento, dentro de lo posible rigurosas y coherentes, que están siempre presentes y activas. No es verdad que los jóvenes y los niños tengan conocimiento únicamente de fragmentos del mundo, a la espera de que los adultos los reordenen: siempre hay en funcionamiento un esfuerzo enorme por construir *redes* que mantengan juntos hechos diversos, también aquellos que aparecen desconectados entre sí; y este esfuerzo por comprender y explicar los hechos existe ya en los jóvenes, de una manera tan intensa como el deseo de vivir. El problema para nosotros es, pues, el de *insertarnos* constructivamente en esta organización de conocimiento; no sólo no ignorarla, no fingir que no está, sino saber entrar coherentemente en su construcción, tratando de enriquecerla, de desarrollarla sin destruirla, de extenderla sin negarla. Esto representa el significado y el fin de nuestra investigación; y sobre este punto deberían de converger, en nuestra opinión, la planificación y los objetivos de los diversos trabajos didácticos.

EXPERIENCIA, LENGUAJE Y CONOCIMIENTO EN LA DINÁMICA DEL PROCESO COGNITIVO

Si quisiéramos discutir ahora, de manera muy esquemática, algunos pasajes-clave de un «discurso sobre el conocimiento» que hemos reconocido durante nuestro trabajo, y que son pertinentes para el planteamiento de la educación científica. Como primer punto podemos reflexionar sobre *experiencia*, *lenguaje* y *conocimiento*, tres palabras emblemáticas, intentando representarlas según el modo mostrado en la figura 2. Estas palabras y esta disposición quieren significar que, por lo que se sabe, y en cualquier nivel, desde el nivel del niño pequeño hasta el de un adulto que se involucra en una ciencia oficial marcada por un «nombre» (física, astronomía, biología molecular), el sistema cognitivo es analizable según estos mismos tres términos, cada uno de los cuales «presupone» de algún modo los otros dos, por lo que se encuentran recíprocamente en una especie de círculo. Es bueno tener presente que de este círculo no se puede salir: no es pensable poderlo «desmontar», en el sentido de desestructurar sus elementos de manera jerárquica («comenzando por el lenguaje»; o bien «comenzando por la experiencia», o «comenzando por el conocimiento»). Aparentemente, y hasta donde es posible rastrear y reconocer estos aspectos en el nivel de los niños pequeños por una parte, o de los adultos especializados por la otra, estos tres planos coexisten; y se encuentran en una fortísima tensión recíproca, además de en estrecha correspondencia. En otras palabras, todo el proceso cognitivo puede interpretarse como una dialéctica cíclica desarro-

llada entre estos tres términos, los cuales siempre se corresponden de algún modo, pero también siempre de manera problemática. En cualquier nivel existen, en efecto, unos «lenguajes»; es decir, existen unos «modos de representar según esquemas» (que luego sean palabras, dibujos, o imágenes es lo mismo, desde este punto de vista); y en cualquier nivel hay un plano de «experiencias» de por sí «indecibles» (hay cosas de las que se tiene experiencia y que no se consigue decir, o describir o representar; hay cosas que se saben decir y a las que no se consigue identificar con experiencias).

Vemos, pues, que hay *experiencias*, hay *modos de hablar*, hay cosas de las que se puede hablar, y hay *conocimientos*. El problema más complicado es, quizá, cómo entender «conocimiento» respecto de «experiencia» y «lenguaje»: si *experiencia* es aquello que se vive en la interacción directa con la realidad, conocimiento es aquello que viene como «desprendido» de la realidad misma, y reconstruido, a través de un lenguaje, de manera autónoma. (Yo sé que, si la suelto, mi pluma caerá: éste es para mí un conocimiento, y no solamente una experiencia, precisamente porque logro expresar este hecho en palabras, y logro extenderlo también a otro objeto cualquiera que no he tenido nunca en las manos, ni he visto caer.)

A partir del nivel de la experiencia, a través de un lenguaje hecho de palabras y de representaciones (y sin lenguaje no sería posible), se puede, por tanto, construir y controlar algo (a lo que llamamos conocimiento) desprendido tanto de la experiencia como del lenguaje; que no se identifica ni con el hecho individual ni con las palabras que lo describen; que es comunicable a otras personas, que se puede extender a otros hechos, modificar como consecuencia de otras experiencias, que puede ponerse de nuevo siempre en juego.

Esto es un esquema, y nada más que un esquema, que, sin embargo, puede asumirse, en nuestra opinión, como punto-base de partida para cualquier intervención en el plano cognitivo, y en particular para una educación dirigida a la ciencia.

Así, cuando comenzamos a hablar de «fuerza» en clase, hicimos que los jóvenes nos contaran sus modos de *decir* «fuerza»; pero paralelamente dedicamos tiempo a conminarles a *hacer* cosas en las que según ellos se empleaba «fuerza»; y por último a discutir sus concepciones de fuerza, relacionando aquello que de vez en cuando decían con aquello de lo cual tenían y adquirirían experiencia, refiriéndonos continuamente a aspectos de sus vivencias cotidianas, y siempre tratando de extender el discurso: entonces, ¿qué sucedería si...? Y así por el estilo.

Este punto es para nosotros el gran y fundamental núcleo del proceso cognitivo. Por eso lo primero que debe hacerse en toda intervención para la construcción del conocimiento es reforzar, y por tanto explicitar, esta dinámica; comenzando a discutir el nivel de experiencia, lenguaje y conocimiento «comunes». En otras palabras, no es pensable, en nuestra opinión, poder iniciar un discurso de conocimiento específico, organizado en lenguajes específicos, solamente sobre la base de expe-

riencias específicas (decimos un discurso disciplinario, en cualquier nivel); también porque en realidad *cualquier* construcción *más especializada* se basa en un nivel de experiencias y de conocimientos más comunes, ya poseídos y organizados.

Intentémoslo con otro ejemplo, para entendernos mejor: cuando uno de nosotros va al médico, queda inserto en el circuito de experiencias, lenguajes y conocimientos especializados de la medicina, en la que las palabras tienen significados precisos, y las experiencias mismas aparecen como formalizadas: el médico, en efecto, hace cosas precisas, dice palabras precisas, tiene conocimientos precisos, que constituyen su preciso «corte» de la realidad. Pero un médico no se entendería ni consigo mismo ni con sus enfermos si no estuviera en condiciones de referir estas experiencias, lenguajes y conocimientos suyos más específicos a experiencias, lenguajes y conocimientos «comunes», o más comunes. (Por otra parte, muchas de sus palabras «técnicas» pueden ser también palabras de uso común: sólo que son referidas a significados particulares, experiencias particulares, contextos particulares, etc.) El punto más importante del que es preciso darse cuenta es que no es verdad —como a menudo se dice— que este «conocimiento común» sea un amasijo de escombros, de fragmentos, de cosas de las que es necesario liberarse para alcanzar el «verdadero» conocimiento. En nuestra opinión, en cambio, la estructura base según la cual está organizado el conocimiento común contiene, implícita y esbozada, la estructura según la cual está organizado también cualquier conocimiento especializado y científico.

Por ejemplo, hay, en el conocimiento común, una estructura de lenguaje formal rigurosa, que es difícil advertir porque desde que somos pequeños se adquiere «por inmersión» en el ambiente, y por tanto de manera no explícita ni consciente. Cuando se habla, continuamente se expresan en lenguaje común experiencias comunes, y continuamente éstas son transformadas en conocimientos: por ejemplo, delante de un colupio formado por un eje con un punto de apoyo en el medio, en el que un niño está sentado en una parte y otro niño está sentado en la otra, se dice, en lenguaje común, que «quien está sentado más lejos es como si pesase más, y que quien está sentado más cerca es como si pesase menos».

Cuando hablamos tranquilamente de cosas que «sabemos», decimos: «Si enciendo el gas y pongo más agua en la cacerola, se necesitará más tiempo para hacerla hervir». También esta frase implica una enorme cantidad de experiencia, porque se sabe qué sucede con el gas, con el agua, con el tiempo y demás; y esta experiencia se traduce en conocimiento; y sabemos usar, para decir esto, un lenguaje formalizado, muy preciso: «Si pongo *más* agua con el *mismo* gas se necesitará *más* tiempo; si pongo *menos* agua con el *mismo* gas se necesitará *menos* tiempo; si pongo la *misma* agua con *más* gas se necesitará *menos* tiempo; si pongo la *misma* agua con *menos* gas se necesitará *más* tiempo». Toda esta estructura de experiencia también se sintetiza y formaliza en el lenguaje común según una «lógica de las relaciones de orden», en la que son

reconocidas como «variables» el tiempo, la cantidad de agua y la cantidad de gas; en la que se sabe que cada variable puede valorarse «más o menos», con criterios oportunos; y entre las variables se individualiza una *estructura de relaciones*. «Pero si se pone *más* agua y *más* gas, ¿qué sucede?» En este caso, la estructura formal de las relaciones de orden no permite ya describir unívocamente aquello que ocurre, por lo que no se puede prever si se empleará más o menos tiempo. Y también la respuesta de un chico a la pregunta «Si pongo más agua con más gas, ¿qué sucede?» es: «Bueno, *depende de cuánto*». Con esta respuesta se da un salto enorme, fuera de una precisa estructura formal (la de relación de orden) que ya expresa un conocimiento científico muy preciso (es decir, que ya dice *cómo* se produce un hecho): se ha llegado, en efecto, al límite de aquello que este lenguaje formal puede representar. Usando sólo las relaciones de orden, no se consigue ya pre-decir qué sucederá: para hacerlo, se necesita otra estructura formal. Si me columpio sobre una viga con una persona que pese menos que yo y encontramos un equilibrio, sé que sucederá si me siento más lejos; pero si soy más pesado, y me acerco, ¿qué pasará? Otra vez, «depende de cuánto».

La discontinuidad en la estructura formal del lenguaje *corresponde* así a discontinuidades reales en el «modo de comportarse» de las cosas en determinadas situaciones, y se traduce en una exigencia concreta —a partir de los hechos— de inventar un lenguaje diverso y más «potente».

Un punto fundamental es que estos aspectos (E, L, C) no sólo existen, sino que están siempre en tensión y estableciendo una dialéctica mutua. Así, en la situación de la cacerola, o del columpio, si quiero organizar mis experiencias con el fin de obtener más conocimiento, debo encontrar otro lenguaje, que será el de la medida y el álgebra. Por otra parte, apenas se aprende un lenguaje más complicado y potente, enseguida se trata de usarlo para hablar, de ese modo, de «todo»; apenas se tiene una nueva experiencia, se intenta hablar de ella, y se intenta transformarla en conocimiento comparándola con las otras, etc.

ORIGEN DE EXPERIENCIAS, LENGUAJES Y CONOCIMIENTOS DE NUESTRA INTERACCIÓN CON LA REALIDAD

Además de tomar nota de esta continuidad dinámica, hay un segundo punto que se debe considerar: el *origen* «entrelazado» de estos tres aspectos (E, L, C) que hemos visto tan «separados» y tan inmersos en una dialéctica mutua; el origen del hecho de que vivamos mediante experiencias, que dispongamos de lenguajes y de conocimientos. ¿Qué hacen para «salir fuera» y desarrollarse de distintos modos? También este segundo paso es importante para el discurso sobre la educación; porque es verdad que *de cualquier modo* se adquiere experiencia, se habla de ella, y se usa un conocimiento que ya existe y sobre el que es preciso trabajar. Pero este dato de partida plantea enseguida una pregunta: ¿cómo se puede hacer crecer esta estructura?, ¿cuál es el mecanismo por el que

se desarrollan *nuevos* lenguajes, *nuevos* conocimientos, *nuevas* experiencias? Este aspecto del discurso, complementario del precedente, puede esquematizarse como en la figura 3. O sea: se pueden imaginar situaciones «totales» en las que se generan, de las que se separan simultáneamente, experiencias, lenguajes y conocimientos; cada uno se desarrolla luego en contextos propios, de modo que aparecen casi independientemente de los otros, para volver a interactuar de nuevo, en una dinámica de desarrollo recíproco. Como ejemplo (paradójico) de una situación de este tipo, se puede tratar de imaginar un universo formado sólo por «entes gaseosos», en el que también nosotros, los seres humanos, estuviéramos hechos de gas; es decir, en el que cada uno de nosotros, y cualquier otra cosa, fuera una cierta «densificación» de gas. En un universo hecho sólo de gases, ¿alguien habría «inventado» alguna vez los números enteros? La pregunta, obviamente, es imposible, pero puede servir para comprender que la aritmética de los números enteros, y al menos una buena parte de las matemáticas tal como nosotros las conocemos, aun representando ciertamente un discurso abstracto, formal y completamente construido por el hombre, representa también una verdadera afirmación sobre la naturaleza del mundo. Existe una aritmética y (¡no «porque!») existen objetos: objetos más o menos «duros», estables, objetos que no se pegan el uno al otro. Si existiera un mundo en el que poniendo dos cosas cerca éstas enseguida se pegaran, ¿sería posible disponer del concepto de número entero? ¿O decir que $1+1=2$? Podría ser, éste, un mundo fantástico para jugar con la imaginación. El punto importante del que podemos partir cuando se debe «explicar», por ejemplo, los números a los chicos, o también a los adultos, es el de percatarse de cómo ciertas cosas que se dan para «aprender», en realidad son cosas que nosotros albergamos ya en nuestro interior de modo implícito, que forman parte de la experiencia común de la vida, que se reflejan en el modo general de hablar y en las estructuras del lenguaje cotidiano.

Es, pues, extremadamente difícil, casi imposible, pensar que cosas que parecen tan diversas —por ejemplo, un lenguaje matemático, una experiencia perceptiva, unos conocimientos de biología— y modos de vida tan lejanos entre sí, son, en realidad, experiencias, lenguajes y conocimientos nacidos de «algo» que constituye la relación global entre el hombre y el mundo que lo rodea. El niño pequeño, en efecto, adquiere poco a poco conciencia de su identidad mientras se aparta cognitivamente del resto del mundo, en el que, no obstante, sigue inmerso; experimentando, y por tanto expresando, gradualmente a través de una continua exploración tanto las «reglas» relativas a su propio comportamiento, como las del universo exterior a él (véase el esquema de la figura 3).

En este sentido, nuestro formar parte del mundo se «desdobla», se diferencia y se construye precisamente a través de estos tres momentos de nuestro modo de ser, que siguen conservando huellas de la globalidad de su origen: así, el lenguaje «formal» y «abstracto» de las matemáticas, como cualquier otro lenguaje, tiene dentro, en sus raíces, la impronta de la realidad. Y nuestra realidad, si está hecha por un lado de

«objetos» («consistentes», con un confin, con un contorno, que se conservan, que tienen propiedades físicas definidas), por el otro está también construida con un espacio que es «continuo», con un tiempo que es «continuo», por lo que se puede mover un objeto «tan poco como se quiera», tan poco como para darse cuenta de ello, adaptándose así a una estructura espacial (o temporal) en la que no «existen» ni fracturas, ni medidas, ni ritmos predispuestos para los objetos y sus movimientos. En consecuencia, el hecho de que, «después», se constituyan «conocimientos formales» (los números, la geometría, la lógica), y el modo en que esto suceda, no es independiente de las bases de la *misma* experiencia de la realidad, que luego los conocimientos formales deberán describir e interpretar.

Está claro que un modelo semejante es sólo parcial, pero precisamente como modelo parece extremadamente útil en un contexto de didáctica elemental, si bien naturalmente habría que especificarlo mejor para poderlo discutir más a fondo.

Recordando esto, por ejemplo, ante un chico, no se debería tener la pretensión de explicar siempre cosas nuevas, sino tender más a menudo a que se «reconozcan» las cosas que ya se saben de algún modo, para luego enriquecerlas y desarrollarlas. Tomemos el discurso del número (o cualquier otro): ante todo es preciso reconocerlo como lenguaje aparte, adecuado para decir con símbolos específicos cosas de las que se tiene de todos modos la experiencia necesaria para vivir; y gradualmente desprenderlo de la experiencia directa y desarrollarlo como lenguaje autónomo; y al final de todos los pasos hacer nacer de una nueva confrontación entre lenguaje y experiencia nuevos modos de observar la realidad.

En el último curso de la escuela obligatoria, trabajando con chicos ya bastante mayorcitos, es maravilloso ver cómo el hecho de que el número entero nazca de un cierto tipo de experiencia, y de que las nociones geométricas nazcan de otras experiencias, comporta que, incluso cuando se utilizan números para contar objetos, no surjan problemas, y tampoco cuando se utilizan objetos espaciales para describir espacios, mientras que los problemas nacen cuando se intenta «mezclar» entre sí dos lenguajes que han nacido de experiencias separadas, por ejemplo cuando se intenta usar los números para expresar relaciones de tipo espacial, y viceversa. Este, después de todo, es el mismo tipo de contradicción que afecta a Pitágoras, cuando «descubre» los números irracionales: pensad en el drama cognitivo de tener que atribuir al número la calificación de «irracional», y en el hecho de que estos números se han convertido enseguida en el lenguaje «necesario» en el momento en que se aplica el modelo numérico a un aspecto de la realidad, al espacio-continuo, del que el modelo numérico, nacido de los objetos descritos, no ha nacido. Y toda vez que se quiere confrontar el número con el continuo, es decir, «medir», nos encontramos afrontando una situación análoga.

El número es, pues, un ejemplo: no podríamos probablemente pensar números enteros si no existieran objetos definidos y aislados reconoci-

dos en su «física». Tomemos aún otro sistema formal, por ejemplo la lógica de las clases que se encuentra en la base de todo nuestro modo de pensar. Bien, ¿sería concebible una lógica de las clases en un mundo en el que los perros se cruzaran con los gatos, con los conejos, con los ratones y con los elefantes?; o, con mayor razón, ¿en el que no fuera provocadoramente «evidente», tan evidente como para resultar totalmente implícita, una situación de «conservación de los objetos», «conservación de las propiedades de los objetos», «conservación de las relaciones entre propiedades», etc.?

De nuevo, la lógica de las clases en cuanto instrumento formal extremadamente coherente y riguroso nace de aspectos de una realidad igualmente coherente rigurosa: los perros son perros, no se cruzan con los gatos, que no se cruzan con los ratones que no se cruzan con los elefantes; una piedra es una piedra y no flota; una madera es una madera y flota; la lógica de las clases, con sus estructuras, *corresponde* a un mundo hecho de *este* modo. Y es extremadamente importante darse cuenta de esta correspondencia, no tanto en el plano «filosófico» como en el educativo, porque de otro modo se corre el riesgo de intervenir en el desarrollo cognitivo de los niños negando sus características de fondo.

En este punto, se puede considerar un tercer y último aspecto del proceso cognitivo, examinando las «reglas del juego» según las cuales experiencia, lenguaje y conocimiento, esquematizados como en las figuras 1, 2, 3, interactúan recíprocamente.

LAS REGLAS DEL JUEGO COGNITIVO A TRAVÉS DE LAS CUALES EXPERIENCIAS, LENGUAJES Y CONOCIMIENTOS SE COMPARAN ENTRE SÍ, SE ORGANIZAN Y SE DESARROLLAN

En nuestro trabajo de investigación con los niños hemos intentado «sacar» explícitamente algunas de las reglas-base del «juego» cognitivo. Para ejemplificar una de esas reglas, se puede tratar de reflexionar sobre un «mito» chino. (En las diversas mitologías se encuentran siempre, implícitos, discursos sobre el conocimiento: aquello que se cuenta, además de la representación explícita y emblemática, de valor social, implica a menudo también un modelo de conocimiento metaforizado. Es decir, el mito cuenta *también* qué hacemos para conocer el mundo.)

Por tanto, en el principio había «en medio» lo «confuso-mezclado» (serían importantes las palabras precisas, pero de todos modos es probable que sean casi intraducibles); en suma, aquello que nosotros llamaríamos «caos», la situación de un «todo absolutamente no diferenciado», que encontramos también en nuestra tradición occidental más antigua. A los dos lados del caos estaban, por una parte, el Espacio, y por la otra el Tiempo (indicados con letras mayúsculas, obviamente).

Entonces el Espacio y el Tiempo dijeron: «No está bien que este caos sea así, sin ninguna apertura (ésta es la palabra): hagamos este caos con unas aperturas, como son las aperturas del hombre».

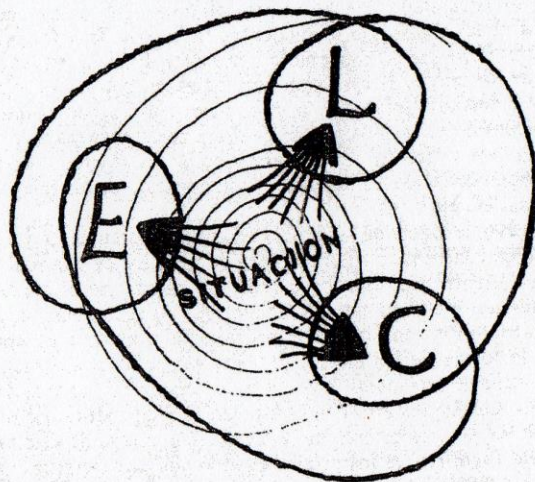


FIGURA 3.

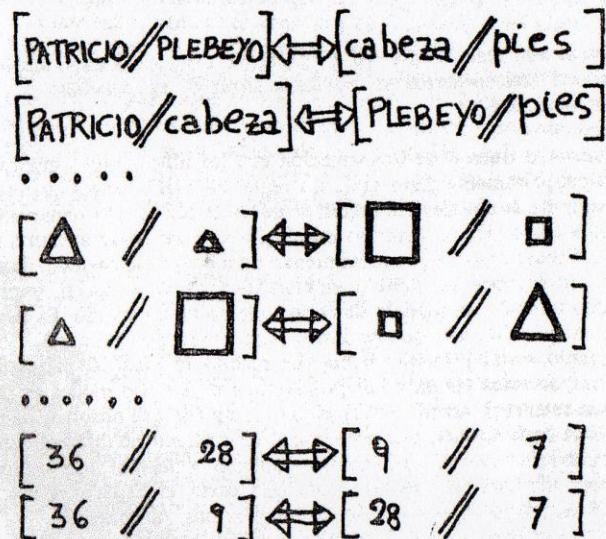


FIGURA 4.

¿«Aperturas»? ¿Qué quiere decir? Las aperturas del rostro son siete, y corresponden a los canales sensoriales. Tenemos dos ojos, dos orejas, dos fosas nasales y una boca, que suman siete; y esta cuenta existe casi en todas partes, en las antiguas culturas. El Espacio y el Tiempo dijeron, pues: «No está bien que este caos sea así, sin aperturas: entonces comencemos, y hagámosle una apertura». Y así pasó el primer día. El segundo día hicieron otra apertura, el tercer día hicieron otra apertura, el cuarto día hicieron otra, el séptimo día le hicieron la séptima apertura. Y después del séptimo día, *el caos ya no era caos, sino que estaban todas las cosas ordenadas*.

Este relato es muy importante, porque implica —entre otras cosas— el conocimiento de que las cosas existen ordenadas *en cuanto* nosotros, como hombres, las organizamos culturalmente; además, puesto que *nosotros* tenemos «aperturas» sensoriales, damos al mundo una organización cognitiva que es, en su base, la misma de nuestros sentidos. Conseguir que los niños realicen «experiencias sensoriales» es, pues, indispensable, no porque «hace bien» o porque «alguien lo ha dicho»: se deben *hacer*, y explicitar sistemáticamente, experiencias sensoriales porque todo nuestro modo de conocer se desarrolla con continuidad *a partir* de nuestro modo de tener y organizar sensaciones, con *modos* y con *criterios* que son una continuación, y elaboración, de nuestros modos de vivir más elementales. Pensemos qué sucede cuando experimentamos sensaciones. Si suponemos que fuera de nosotros hay un «exterior», este «exterior» es, digamos una palabra un poco extraña, de algún modo *trefilado* a través de nuestros canales sensoriales. Precisamente como en una máquina para hacer pasta, una masa informe es aplastada contra unos agujeros, de los que salen «hilos» de pasta: así toda esta realidad exterior «se mete dentro» de nosotros a través de la vista, el oído, etc., los sentidos de los que disponemos. Cualquier objeto, por consiguiente, no lo percibimos como «objeto en sí», sino que lo vemos, lo oímos, lo tocamos; después de lo cual, *entretejemos* rápida e inconscientemente estos «hilos», nacidos de las diversas sensaciones. Por eso nuestra experiencia-conocimiento del mundo no está nunca basada sólo en el ver, o sólo en el tocar... las cosas, es decir, sobre la base de estímulos sensoriales homogéneos: sino que «volviendo a poner junta» esta realidad tan descompuesta, somos capaces de considerarla como *una* estructura para darle, luego, unos significados. Que esta operación es muy compleja lo sabe cualquiera que tenga experiencias vitales, como aparece más claro en las situaciones en que nuestra relación con el exterior no se ha convertido aún en totalmente automática. Pensemos, por ejemplo, en la experiencia de conducir un coche que no esté puesto «a punto», por una mala carretera, un poco resbaladiza, en una curva, tratando de ir a bas-

1. Basta pensar en el Espacio y el Tiempo como «categorías *a priori*» según las cuales se organizan... la experiencia y el conocimiento... Y no para hacer que el mito se convierta en una «prefiguración» del kantismo, sino para subrayar la universalidad de las intuiciones epistemológicas de base.

tante velocidad, etc. Para «conducir» es preciso registrar, seleccionar y sobre todo «poner de acuerdo» continuamente ingresos perceptivos diferentes: y quien conduce siente «tirar» el volante, ve la carretera que gira, tiene la «sensación de la curva», siente un cierto ruidito... y debe «zurcir» estas diversas sensaciones con el fin de ir rápido sin salirse de la carretera.

Esta doble operación de continua separación y continuo zurcido —la mémosla *trefilería* y *entretejido*— es, pues, una de las primeras reglas del juego: tan grande y fundamental, que nosotros difícilmente conseguimos advertir su presencia. Pero si estamos atentos, veremos que también el lenguaje que utilizamos está coherentemente construido sobre la base de esta «regla»: tanto es verdad que tenemos, por ejemplo, unos nombres y unos atributos, y un «nombre» representa un entrelazado, en una cierta configuración relativamente estable, de muchísimas propiedades; y el hecho de que nosotros hablemos esencialmente con nombres y atributos quiere decir individualizar configuraciones y entrelazados estables y reconocibles, y sus componentes. Nosotros, por ejemplo, decimos «gato», o decimos «perro», y las «cosas» que miramos para decidir si se trata de un gato o de un perro son las mismas (una lista sería muy larga: miramos el tamaño, el color, el pelo, la forma). Pero en el perro, tamaño, color, vellosidad, sonoridad, modo de andar, etc., están entrelazados con el fin de «hacer» un perro; si estuvieran entrelazados de otro modo, podrían hacer un gato. Entonces, cuando un niño muy pequeño (antes incluso de que llegue a la escuela!) «confunde» un gato con un perro, significa que en esta operación de *trefilería* de propiedades, y de sucesivo *entretejido*, no consigue o bien diferenciar bastante bien propiedades diversas, o bien *entretejerlas* de manera compleja, de acuerdo con la convención cognitiva y lingüística social.

Ahora el punto importante es que este proceso cognitivo es esencialmente el mismo, puesto en funcionamiento en cualquier nivel de cualquier ciencia. Cuando en la antigüedad se comenzó a decir «estrellas», y luego, mientras se seguía mirando, se dijo «pero hay estrellas fijas, y planetas», se estaba haciendo precisamente una operación de este tipo. Es decir, se vio que entre los cuerpos del cielo se pueden distinguir dos clases de entrelazado de aspectos y movimientos: uno en el que «entran» todas las «estrellas», y otro un poco distinto en el que entran otras cosas, que merecen entonces la pena designar con un «nombre» también distinto.

Por otra parte, el hecho de que existan ciertos tipos de «nombres abstractos», relacionados con los correspondientes «atributos», es muy indicativo del otro aspecto del proceso cognitivo que estamos considerando. Se dice «larg...»: después de lo cual puede ser «largo», que se refiere a un objeto, o puede convertirse en «largura». ¿Qué quiere decir «largura»? ¿qué es «largura»? Es un «nombre abstracto»: *largura* significa un modo de mirar que identifica y elige un particular aspecto de la realidad. Yo miro este objeto eligiendo utilizar solamente mi capacidad de individualizar la largura, «trefilándolo» a través del «canal lar-

gura»: soy yo que lo miro en cuanto largo; y por tanto puedo decir «largo».

Otra categoría de «reglas de juego» es la relacionada con el uso sistemático de la metáfora y de la analogía. Como ejemplo se podría intentar un análisis cognitivo del famoso apólogo de Menenio Agripa: aquel que habla de patricios y de plebeyos, de la cabeza y de los pies, del cuerpo, etcétera. El «sentido» del apólogo se puede expresar de varias maneras: «los patricios dependen de los plebeyos» como «la cabeza depende de los pies»; «los patricios dependen de la cabeza» como «los plebeyos dependen de los pies»; «los patricios dependen de los pies» como «los plebeyos dependen de la cabeza» (¡atención a esta última frase!). Se puede notar que el modo en que se intercambian los términos satisface los requisitos «de orden», válidos para las «proporciones» entre los números; y se podría hablar, en este caso, de «proporción lógica» (fig. 4). Esta proyección analógica de un modo de ver se puede llamar en general «metáfora», y constituye una de las bases de nuestro modo de pensar y conocer.

Entonces, ¿por qué el apólogo de Menenio Agripa es tan vilipendiado? Porque hoy se niega que la *relación* que existe entre patricios y plebeyos, es decir, entre clases sociales, sea «la misma» que existe entre cabeza y pies: entre órganos de un organismo viviente. En otras palabras, se niega que el sistema «organismo viviente», puesto en relación con sus subsistemas «cabeza» y «pies», pueda servir como *modelo* (de estructura y de función) para el sistema «realidad social en la Roma republicana», puesto en relación con los subsistemas «patricios» y «plebeyos». Es bueno advertir que éste es el mismo tipo de problema que se presenta siempre en cualquier tipo de conocimiento y evolución de conocimiento: porque se trata siempre de modelos, y un modelo puede ir más o menos «bien» para representar una cierta realidad. Y es importante comprender que nosotros, sin modelos, no podemos conocer nada (modelos diversos para la misma realidad, modelos iguales para realidades diversas, etc.).

Detrás del apólogo de Menenio Agripa está, pues, la percepción precisa de una situación (hoy diríamos de clases sociales) en la que se pueden individualizar —«trefilar»— ciertas propiedades, comportamientos, modos de ser, y por tanto construir términos como «patricios» y «plebeyos», que corresponden a enlaces de propiedades bien definidos, si bien es difícil especificar bien qué «son»; por otra parte, en el cuerpo humano se ve bien qué es la cabeza, qué es un pie, qué es una mano, y se sabe cómo funcionan recíprocamente, mientras que otras estructuras y relaciones son mucho más difíciles de individualizar y definir. Se «ve», pues, que hay patricios y plebeyos; se «ve» que la estructura social tiene de algún modo su dinámica, pero no se sabe decir cómo interactúan sus funciones. Para poder expresar esta percepción no hay otra posibilidad que utilizar un modelo: tomar la otra estructura de la que se cree conocer el funcionamiento, y superponerla, o ponerla a contraluz, respecto de la realidad que se debe interpretar. Probablemente, cada uno ya sabe cómo «funciona» el propio cuerpo mucho mejor que cómo «fun-

cionan» los patricios y los plebeyos: cada uno sabe que si se corta la cabeza muere y si se corta un pie no muere, etc. Forma parte, por tanto, de una estrategia-base de conocimiento común buscar una estructura que funcione, y que se crea conocer bien, para utilizarla como metáfora: de este modo, se dicen las cosas, sistemáticamente, para *significar* otras. Y ésta es otra regla de nuestro modo de conocer.

En la misma línea, se podría reflexionar sobre el problema del espacio y del tiempo, y sobre el hecho de que nuestro modo de experimentarlos, de conocerlos y de hablar de ellos es una continua metáfora. Todas nuestras palabras, y todas nuestras estructuras verbales que se refieren al tiempo, son, en efecto, también palabras y estructuras del espacio; y, debemos estar en condiciones, como adultos responsables de la educación, de verlo y de ser conscientes de ello. Cuando decimos «antes», «pasado mañana», «dentro de poco», «cuando, entonces, después», «un poco antes, un poco después», debemos darnos cuenta de que hablamos de tiempo sobre la base de una metáfora espacial, afrontando explícitamente las dificultades que derivan de ello.² Por ejemplo, se dice y se oye decir: «Navidad se acerca», «Estamos cerca de Navidad», «Navidad está lejos», etc.: el lenguaje del tiempo es un lenguaje de espacio, y estamos tan habituados a este modo de hablar que no es fácil darse cuenta de ello, ni pensar que pueda ser de otro manera. (*Intentad* hablar del tiempo sin usar palabras tomadas de referencias espaciales: os quedaréis con la boca cerrada.) Esto significa que en la base misma de nuestros modos de conocer (y la representación del «tiempo» es una de las bases) hay sistemáticamente un uso cognitivo de la metáfora; por lo cual también el discurso lógico más «abstracto» se apoya por ejemplo en metáforas espaciales. Cuando decimos que una cosa implica (o excluye) otra, si se reflexiona sobre el término usado se ve que «implicar» significa «meter dentro», «encerrar», «contener» (y lo contrario para «excluir»): hay, de nuevo, una representación espacial sobreentendida.

La sugerencia más importante, tanto para éstas como para muchas otras de las «reglas del juego», es tratar de mirar y de explicitar cuáles son nuestros modos de decir y nuestros modos de ver de adultos; cuáles son nuestros modos de «hacer» ciencia disciplinaria (también la ciencia está construida sobre estas bases), para enriquecer cada vez más nuestra capacidad de percibir aquello que sólo aparentemente es obvio e indiscutible en el enorme enredo de nuestras estrategias cognitivas, y cuya explicitación y dominio consciente está en la base del desarrollo de los niños que tenemos delante.

En realidad, una vez aclarados algunos criterios generales de «lectura», cualquier contexto específicamente disciplinario puede venir bien para semejante ejercicio. Para citar un último ejemplo, es bien conocido

2. En realidad, la situación es mucho más compleja; en efecto, a menudo indicamos el espacio con metáforas temporales, a través de la hipótesis implícita del movimiento. Y con mayor razón el progreso cognitivo del niño está vinculado a la explicitación de estos problemas.

que la moderna biología y la genética tienen en la base de su desarrollo una precisa metáfora lingüística. Porque para expresar y para comunicar un modelo de funcionamiento y de estructura se ha comenzado a decir *código* genético; y se ha comenzado a decir *mensaje* genético; y por tanto han sido reconocidas *palabras, frases*, y demás, refiriéndose a diversas estructuras moleculares. Si se oye hablar de biología molecular, parece que se esté oyendo hablar a unos lingüistas: hay un *código* y hay unos *mensajes*, pero hay también unos *significados*, unos procesos de *traducción*, unas *señales* de inicio y término de la *lectura*, etc. El biólogo habla así, a través de una metáfora lingüística, de cosas que de otro modo no sabría cómo *organizar* entre sí; y de la metáfora lingüística pasa a la del funcionamiento social: porque si hay un mensaje hay también un mensajero, y si el mensaje es descodificado hay también un descodificador, etc. Así vemos que una estructura metafórica se utiliza siempre para organizar cognitivamente un fragmento de realidad nueva; mientras, a su vez, cualquier nuevo fragmento de realidad da lugar a una expresión lingüística propia, que puede utilizarse a su vez para organizar otros contextos, según un juego de continuos y complicados reenvíos.

El discurso realizado hasta ahora se ha referido, apenas de pasada, a aquellos que nos parecen los tres niveles importantes de una reflexión sobre el conocer, orientada a la intervención educativa:

- 1) Individualización de los tres aspectos de experiencia/lenguaje/conocimiento, siempre estrechamente vinculados en el significado y en el desarrollo.
- 2) Origen común de los tres aspectos, que se explicitan y se separan (en el desarrollo de la cultura y en el de los individuos) a partir de contextos particulares.
- 3) Uso sistemático de referencias «entrecruzadas» entre experiencias, lenguajes y conocimientos diversos (por analogía, metáfora, etc.), a través de los que se construye aquella red cada vez más enlazada y compleja de relaciones entre E.L.C. que llamamos «cultura».

Puede parecer un discurso estrictamente «teórico», pero en nuestra opinión no es así: a lo largo de estas líneas, en efecto, el adulto empeñado en la planificación de una intervención educativa puede encontrar criterios unificadores para superar su fragmentación y hacerla, en cada momento, verdaderamente significativa. No se trata de saber si «se debe» partir de materiales estructurados, de actividades expresivas o de las anécdotas de las vacaciones (¿para proseguir cómo, luego?): se trata de conseguir utilizar los motivos de la vida cotidiana, los más normales y los más provocadores, o más provocados, para construir contextos de elaboración coherente de experiencias, lenguajes y conocimientos cada vez más articulados. Además de los «programas», de cualquier orden y condición, esta estrategia garantiza también aquel estímulo y gratificación en el aprendizaje que hace estimulante y gratificante el oficio de enseñar.

CAPÍTULO II

EDUCACION CIENTIFICA Y ESTILOS DE ENSEÑANZA

Con las observaciones que siguen quisiéramos abordar una serie de problemas que consideramos particularmente relevantes para un lector que, de algún modo, esté relacionado con la enseñanza escolar. Quisiéramos, en efecto, discutir cómo es posible, en nuestra opinión, en una situación escolar más o menos definida, desarrollar ese complejo conjunto de capacidades que califican una educación válida para el conocimiento, y están, por lo tanto, en la base de toda educación para la ciencia. Es, sin embargo, evidente que con esto no se quiere sostener que se pueda poner como objetivo, para el fin de un ciclo escolar cualquiera, la posesión por parte de los jóvenes de una «cultura científica global»: que, entendiéndose como se entienda, es difícilmente definible en términos tanto de contenidos como de habilidades cognitivas generales. Nos parece, en cambio, que la primera tarea de una enseñanza adecuada para la escuela elemental debería ser la de poner en marcha y organizar el desarrollo de toda una serie de potencialidades intelectuales, que puedan luego explicitarse y orientarse en los contextos más diversos.

Por otra parte, estamos convencidos de que no se puede hablar de investigación en el campo de la educación científica sin presuponer, más o menos conscientemente, algún esquema de teoría del conocimiento al cual referirse; más aún, se podría decir que casi todas las dificultades y los problemas que un enseñante, y un formador de enseñantes (de preescolar de la escuela elemental y de la media, pero también de los niveles escolares superiores hasta la universidad) encuentran al afrontar temas científicos con sus alumnos, están de algún modo conectados con la falta de un esquema teórico de referencia lo suficientemente orgánico y estructurado.

Nuestra línea de investigación consiste, pues, en contribuir a la elaboración de ese esquema de base, evitando, sin embargo, detenerse en una serie de enunciados epistemológicos abstractos que de un modo vago aludan a un modo de comprender y de enseñar «distinto».

Para ilustrar este punto de vista, y esta actitud investigadora, quisiéramos partir aquí precisamente de un discurso sobre los modos de enseñar, en el que un modelo dinámico de desarrollo del conocimiento científico esté directamente referido a la problemática educativa. Y esto refleja el mismo modo de proceder de nuestro grupo, que trata de llevar adelante, de manera constantemente interconectada con el trabajo en

clase desarrollado directamente con los niños y con sus enseñantes, una reflexión continua y una investigación estimuladas también por el material vivo que surge precisamente del trabajo en clase, sobre los significados y los modos de organizarse del conocimiento científico.

En lo que sigue nos referiremos, como ejemplo, a un trabajo efectuado en un cuarto curso¹ sobre el tema: «Fuerzas, peso y equilibrio».²

LA ENSEÑANZA VISTA COMO INVESTIGACIÓN, EXPLICITACIÓN Y DESARROLLO DE ESTRUCTURAS DE PENSAMIENTO YA EXISTENTES EN LOS JÓVENES

Acabamos de mencionar la importancia que tiene para nosotros la necesidad de reanalizar y reinterpretar según un modelo coherente de desarrollo de conocimiento la gran cantidad de «material vivo» recogido durante nuestra intervención directa con los niños, en situaciones de discusión y trabajo abierto. Ahora quisiéramos tratar de aclarar el significado del título de este apartado especificando la naturaleza de este material, que constituye de todos modos una referencia esencial para la elaboración sistemática de la línea de trabajo. Está compuesto, por ejemplo en lo que se refiere al trabajo sobre las «fuerzas», de:

- a) Una serie de unas 350 «hojitas» donde los niños han escrito frases en las que se usa normalmente la palabra «fuerza», según lo que nosotros habíamos pedido al inicio del trabajo y para abrir la discusión.
- b) Respuestas escritas a preguntas en las que, en varios estadios del trabajo, eran esquematizadas (con palabras y dibujos) algunas situaciones problemáticas, propuestas como introducción a los diferentes juegos, o como reflexiones sobre sus resultados.
- c) Previsiones de los resultados de las experiencias que luego se harían realmente, en relación también a situaciones paradójicas, pero siempre verificables.
- d) Un amplio repertorio de transcripciones de las grabaciones de algunas de las largas discusiones acaecidas entre los niños sobre los diversos temas progresivamente propuestos.

Como ejemplo del tipo de problemas surgidos, analizables según este material, valga la siguiente cuestión, propuesta hacia la mitad del trabajo sobre las fuerzas, que generó una larga discusión entre los niños antes y después de haber hecho la correspondiente experiencia: «Si un niño que pesa 30 kg está sobre una báscula para personas y empuja hacia abajo con un bastón puntiagudo apoyándose en la báscula misma, con

1. Escuela elemental «Fratelli Bandiera», Roma. Los enseñantes de la clase, directamente implicados en el trabajo de investigación al que nos referimos, son L. D'Angiolino y A. Manzi.

2. Una relación esquemática de una parte de este trabajo aparece en el capítulo 3 de la segunda parte de este mismo libro.

toda su fuerza, ¿cuánto marcará la báscula?» (véase la figura 5). Releyendo las hojas relativas a esta discusión, saltan a la vista algunos puntos importantes:

- 1) Los niños se dan cuenta enseguida de que esta pregunta está relacionada con diversas experiencias que cada uno ha tenido anteriormente.
- 2) Casi todos los niños se sienten en condiciones de responder, y también de refutar eventuales opiniones discordes, antes de efectuar la experiencia: utilizando con este fin argumentaciones también muy estructuradas, y a menudo ricas en analogías y metáforas.
- 3) Durante la discusión, y recordando otros juegos sobre las «fuerzas», muchos niños modifican, extienden y a veces reniegan de su posición inicial, convencidos por las argumentaciones de los compañeros.
- 4) Una vez hecha, todos juntos, la experiencia, la discusión, lejos de agotarse, prosigue aún más vivaz: algunos niños tratan de justificar y de adaptar sus previsiones según lo que han visto, otros discuten las modalidades con que se ha realizado la experiencia misma (sin más, la exactitud de la lectura del peso señalado por la báscula).

A propósito de estas discusiones debe decirse que la intervención del maestro y de los otros alumnos tiene casi exclusivamente, durante una larga e importante fase inicial, la función de moderar y estimular las intervenciones para favorecer la expresión y la atención recíproca de los niños. Esto no significa, sin embargo, que las discusiones «nazcan solas». El punto sobre el que quisiéramos insistir es precisamente que, para afrontar cualquier tema de carácter científico con el fin de «motivar» a los jóvenes, de poner en juego su «sistema del mundo», es preciso ante todo que el enseñante desarrolle una verdadera competencia de «estimulador» de problemas y de «indagador» de estructuras de pensamiento: de modo que, a partir de una experiencia vivida en clase, o remitiéndose a una experiencia que los jóvenes tengan en común, se llegue a una sistemática explicitación de los esquemas de explicación (a menudo no homogéneos) que están ya en funcionamiento en el pensamiento



FIGURA 5.

de los jóvenes, o que pueden ser evocados en él mediante oportunas incitaciones. Según nuestro parecer, esta fase del trabajo es a todos los efectos un momento central y condicionante en el proceso de aprendizaje (en cualquier nivel), y no puede considerarse como puro «preludio de llamada» respecto de las actividades didácticas de otra naturaleza. En efecto, es precisamente a partir de estas discusiones, articuladas en torno a una búsqueda de explicación coherente de hechos diversos, en diversos contextos, que puede resultar posible utilizar significativamente modelos e instrumentos cognitivos capaces de reorganizar los conocimientos ya existentes en los jóvenes, y de estimular significativos desarrollos de conocimientos a través de la adquisición de nuevas experiencias y nuevos modelos.

LA ENSEÑANZA VISTA COMO CONFRONTACIÓN ENTRE DIVERSOS MODOS DE PENSAR Y CON LOS HECHOS QUE SUCEDEN

El apartado precedente pone, en realidad, de relieve también este segundo momento. Se trata aquí de valorar otra competencia que nos parece igualmente importante como verdadera competencia profesional de la enseñanza: la capacidad de hacer hablar a los jóvenes entre sí, y de evidenciar de vez en cuando las implicaciones y las contradicciones de aquello que dicen. Lo que, en efecto, a menudo contribuye a hacer escasamente eficaz el momento de la discusión de los jóvenes es la falta de una verdadera y continua interacción, en las diversas personas y en el curso del tiempo, entre los diversos modos posibles de pensar y la realidad que se quiere de algún modo estudiar. Y a medida que se avanza en el recorrido escolar, a menudo las discusiones en clase se hacen cada vez más raras y marginales, particularmente (aunque no exclusivamente) en el contexto de la enseñanza «científica». Lo que sucede en general, sobre todo en el nivel de la escuela media y superior, es que poco a poco el proceso de aprendizaje se reduce a una interacción «muda» de cada joven, encerrado en sus propios esquemas mentales de razonamiento, con el modo de interpretar y reorganizar las cosas que le es proporcionado por el enseñante (o peor aún, por una frase del libro de texto, que habitualmente *no* representa un modo de pensar), con el resultado, para el alumno, de encontrar cada vez mayores dificultades para relacionar las cosas que sabe con las cosas que se le dicen, y de llegar a menudo, por razones de «supervivencia», a una total escisión entre las dos. El enseñante, a su vez, que no logra ya «hacer mella» con aquello que dice en las estructuras mentales de los jóvenes, continúa proporcionando instrumentos que ellos ya ni siquiera intentan utilizar.

Si se quiere salir de tal estado de cosas, o no entrar en él, es necesario entonces, como tarea específica del enseñante, un continuo trabajo de síntesis entre aquello que quiere enseñar y la respuesta de los jóvenes a sus incitaciones, evidenciando dentro de lo posible —a través de las discusiones— analogías, incongruencias e integraciones entre todas

las cosas que se dicen, y las que se hacen, en clase y fuera: tratando siempre de ayudar a los jóvenes a recordar y volver a asociar cosas ya analizadas en otros momentos, o que se han experimentado en otros contextos. De este modo se favorecerá la formación de una suerte de «memoria crítica» de la clase, a partir de todas las explicaciones e interpretaciones (equivocadas o no) que han ido surgiendo de las palabras de los jóvenes, de sus experiencias y del mismo enseñante: es importante, en efecto, precisamente para los jóvenes, darse cuenta de cómo cada nuevo conocimiento se construye sobre conocimientos precedentes, correspondientes a hechos susceptibles de ser de vez en cuando reinterpretados; y de cómo puede ser expresado de forma reconocida y legitimada por toda la clase, vista así como un verdadero «sujeto» social.

LA ENSEÑANZA COMO REORGANIZACIÓN CONTINUA DE LAS EXPERIENCIAS Y DE LAS EXPLICACIONES

He aquí entonces de qué modo los diversos temas que el enseñante presenta están insertos en un proceso continuo de reorganización del patrimonio de «cosas aprendidas» constituido por observaciones, discursos, juegos, explicaciones, ejercicios, excursiones, etc., en los que lo individual y lo común se integran recíprocamente.

El punto central de cuanto se ha dicho consiste, pues, en desarrollar un modo de enseñar visto como continua «amasadura de conocimientos», en la que nuevas experiencias y nuevos aprendizajes se inserten significativamente y en el mayor grado posible en un proceso dinámico de progresiva estructuración de los modos de comprender las cosas. Una parte esencial de las actividades de la clase estará entonces dedicada a los momentos de «resumen de todo lo que se sabe» (y, por qué no, de «todo lo que no se sabe») sobre un cierto tema, eligiendo cada vez los instrumentos de reordenación lógica que puedan ser útiles para tal fin: esquemas sinópticos o pequeños esquemas en bloques, cuadros, observaciones (distanciadas en el tiempo) de fotografías o diapositivas, también ya utilizadas, relativas al trabajo desarrollado, siempre tratando de proponer diversas claves de lectura para el mismo material y coordinándolo, para ciertos aspectos particulares, con otras secuencias de trabajo. Para los órdenes escolares superiores podrán construirse verdaderos «diagramas de flujo» de los recorridos lógicos y temporales que se han seguido, en los que se colocarán por orden de relevancia (orden o jerarquías, que pueden ser obviamente modificadas en el tiempo) los diversos temas y las diversas técnicas formales adquiridas en un arco de tiempo lo suficientemente largo.

Con los niños de cuarto, durante este año de trabajo sobre las fuerzas, se volvió varias veces a temas «viejos», en ocasiones sirviéndose de contextos diversos para reproponer brevísimas preguntas «a quemarropa» sobre cosas realizadas tiempo atrás. De vez en cuando se ha tratado así de desarrollar en los niños la conciencia de tener que enfrentar-

se a un único gran «cuerpo de conocimiento sobre las fuerzas», y con una cantidad de problemas abiertos que con el tiempo se iban lentamente definiendo, pero también ampliando y extendiendo a los más variados campos, que al principio parecían totalmente extraños al «problema de las fuerzas». Al final del año se recogieron y revisaron también las diapositivas hechas durante la ejecución de los distintos juegos, con lo que este material visual puede constituir, para el futuro, un útil repertorio del que partir de nuevo para una ulterior sistematización de las muchas cosas realizadas y dichas en esta línea de trabajo.

LA ENSEÑANZA COMO BÚSQUEDA Y TRANSMISIÓN DE INSTRUMENTOS ADECUADOS PARA LA ESQUEMATIZACIÓN Y ESTRUCTURACIÓN COHERENTE DEL CONOCIMIENTO

El último punto se refiere a aquel conjunto de temas, de modelos de comprensión y de instrumentos formales (en primer lugar los lógico-matemáticos) que normalmente se consideran contenidos específicos de una cierta área disciplinaria, y a menudo resultan desconectados de las situaciones en que podrían (y deberían) aplicarse (muchas veces la problemática relativa a la enseñanza de las ciencias se reduce a una lista de cuáles y cuántos de estos «contenidos» pueden afrontarse en los diversos niveles de escolaridad).

Según nuestro punto de vista, este planteamiento carece de sentido. Pensamos, en efecto, que lo que más cuenta, en un proceso de transmisión de instrumentos de conocimiento, es su nivel de significatividad: de correspondencia con una verdadera estructura organizada de «preguntas» por parte de los jóvenes, que se encuentran afrontando por lo general precisamente aquellos problemas que con estos instrumentos pueden esquematizarse y estructurarse de modo coherente.

También aquí propondremos un ejemplo tomado del trabajo sobre las fuerzas. En su fase final se propone a los niños una serie de «juegos» que deben realizar con una balanza de brazos variables, constituida por una barra de metal con una veintena de agujeros (tomada del juego del *meccano*) que puede quedar suspendida por el agujero central, y en la cual pueden colgarse, a diversas distancias del centro, varios pernos iguales entre sí. Los distintos juegos se basan en la búsqueda y descripción de las situaciones de equilibrio o de desequilibrio, disponiendo siempre del material oportuno. La «ley física» de la igualdad de los momentos dice que, en una situación similar, hay equilibrio si, por ejemplo, el producto del número de pernos colgados de una parte multiplicado «por» el correspondiente número de intervalos comprendidos entre el agujero central y aquel en que están colgados los pernos, es igual al producto análogo obtenido por el otro brazo de la balanza. Esta «ley», o mejor, esta formulación de una ley general de la física, no ha sido nunca «dada» en clase, ni en forma de enunciado ni en forma simbólica. Lo que ha sucedido es que los niños, jugando y discutiendo sobre estos

problemas, han propuesto y comparado una cantidad de reglas (o de «trucos», como a menudo se les llama) de naturaleza conceptual extremadamente diversa, que iban del reconocimiento perceptivo y ni siquiera verbalizado de algunas configuraciones simétricas de equilibrio, a la construcción de proporciones inversas entre los números que indican los dos pesos y los números que indican las dos distancias, y el descubrimiento de la simple «regla de la multiplicación» de cada peso con «su» distancia. Es difícil dar una idea de la variedad de estructuras de razonamiento, más o menos compatibles o reconducibles a la ley física correcta, que surgieron de los discursos de los niños durante o en la conclusión de su trabajo concreto. Fue un momento muy provechoso, tanto para los alumnos como para los enseñantes, en el que nos encontramos frente a una cantidad de modos alternativos de explicar las cosas que muy difícilmente se habrían podido sospechar *a priori*, y aún menos recuperar *a posteriori*, para poder introducir y «empalmar» en ellos una «explicación» reconocida por todos. En este caso, el instrumento aritmético de la multiplicación, junto con otros procedimientos formales (como el de la proporción, o más en general el de la compensación de cuatro variables), ha sido individualizado y utilizado a continuación de una verdadera «caza de la regla» efectuada por los mismos niños, en respuesta a una exigencia real de formalizar una situación que, con el avance del trabajo y de la comprensión, adquiere gradualmente aquello que el niño percibe como un «comportamiento según reglas», definido y reproducible. De este modo se puede ver que los diversos instrumentos formales, «aprendidos» en un contexto de puro ejercicio numérico, se van entrelazando continuamente con procedimientos lógicos espontáneos de análisis y previsión de hechos observables, en una interacción coherente que no es ni una «aplicación» mecánica, ni una «abstracción» de la que no se comprendería el fundamento. En este sentido pensamos que debe entenderse la «significatividad» con que los instrumentos formales pueden proponerse y explicitarse, a fin de que su adquisición forme un todo con un proceso más general de desarrollo de las estructuras de pensamiento de los jóvenes.

Obviamente, con esto no se afronta aún de modo explícito el problema de cuáles y cuántos contenidos específicos pueden desarrollarse en la escuela básica; pero hemos querido insistir sobre la relevancia y sobre la insolubilidad de toda una serie de actividades y de intervenciones que pueden desarrollarse por iniciativa del enseñante, y que en su conjunto coinciden en la «formación científica» de los jóvenes, entendida justamente como capacidad de hablar de los hechos e intervenir sobre los hechos de manera coherente, orientada y eficaz. Consideramos, en efecto, este aspecto como preliminar y condicionante respecto de cualquier ulterior discusión más particularizada.