

# HISTORIA DE



# LAS CIENCIAS Y ENSEÑANZA

---

## CIENCIA Y CONSTRUCCION DEL PENSAMIENTO

MORENO MARIMON, M.  
I.M.I.P.A.E. (Barcelona)

---

### SUMMARY

Two didactic approaches are considered in this paper: the direct transmission of knowledge and the constructivist model, with an analysis of the conceptions they imply on intelligence and how it works. The contribution that the evolution of science itself may bring to the process of individual learning is outlined.

---

La enseñanza de las ciencias puede cifrarse como objetivo que los alumnos lleguen a aprender de manera comprensiva los conocimientos científicos que se consideran oportunos en cada edad —y esta oportunidad viene determinada por los programas de enseñanza— o bien puede proponerse como finalidad utilizar estos conocimientos como una herramienta para desarrollar el pensamiento, centrando la prioridad en este desarrollo que posibilitará la comprensión y la construcción de nuevos conocimientos.

Estas dos concepciones constituyen puntos de partida distintos que determinarán diferentes formas de enfocar la enseñanza.

El primer enfoque, avalado por muchos años de experiencia, puede parecer el más realista. El segundo puede parecer ingenuo, utópico o hasta imposible.

Intentaré demostrar qué ingenua e imposible es la primera postura. La segunda sólo es utópica y forma parte de esta utopía necesaria que ha hecho que la luna ya

no sea un objetivo romántico e inalcanzable.

Cada una de estas posturas, y en general cualquier concepción de la enseñanza, supone implícita o explícitamente una determinada concepción de la inteligencia y de su funcionamiento.

La primera supone una concepción de la inteligencia que la considera susceptible de enriquecerse y ampliarse con la aportación de conocimientos que el sujeto va incorporando a medida que se le transmiten. Puede además estar salpicada de ideas empiristas que exigirán que la aportación de nuevos conocimientos por parte del profesor vaya acompañada de demostraciones experimentales que los corroboren. Se apoya en teorías que conceden, en el aprendizaje, un lugar tan prioritario a los elementos procedentes del exterior, que llegan prácticamente a prescindir de la actividad del sujeto.

La segunda postura tiene su punto de partida en las teorías que postulan la existencia de un equilibrio entre el sujeto y el objeto. Esquemáticamente podríamos llamar a las primeras empiristas y a las segundas constructivistas.

La pedagogía basada en la primera concepción ha estado vigente muchos años y nadie puede negar que gracias a ella o tal vez a pesar de ella, la humanidad ha producido grandes científicos. Veamos qué dice uno de ellos:

«La pega era que para los exámenes había que embutirse todo ese material en la cabeza, quisieras o no. Semejante coacción tenía aspectos tan espantosos, que tras aprobar el examen final se me quitaron las ganas de pensar en problemas científicos durante un año entero».

Estas son palabras de Albert Einstein en sus «Notas autobiográficas». Sería interesante hacer una encuesta a los más destacados científicos actuales para ver qué opinan de la enseñanza que recibieron, pero no creo que sus opiniones difieran mucho de las de Einstein.

Hace 20 años, en 1965, Piaget se lamentaba de la falta de comprobación a largo plazo de los resultados de la enseñanza.

Decía:

«No sabemos nada de los conocimientos de Geografía o Historia que conserva un campesino de 30 años, ni de lo que recuerda un abogado de la Química, la Física o la Geometría que aprendió en el Bachillerato».

No hace falta esperar tantos años para ver cómo se desvanecen los aprendizajes escolares. Analicemos unos datos recientes: el resultado de unas encuestas realizadas el año pasado en el I.M.I.P.A.E. para averiguar la pervivencia de los conocimientos de ciencias adquiridos por una muestra de 160 niños de 8 escuelas de 7º y 8º de E.G.B. Se trata de encuestas orales aplicadas individualmente, encaminadas a profundizar, me-

dante un largo diálogo con los niños, en la comprensión y no sólo en la retención memorística, de lo que habían estudiado el año anterior. Nos detendremos, para no alargarlo excesivamente, en los resultados de los niños de 8º de E.G.B., a los que se les hacía una serie de preguntas sobre contenidos del programa que habían estudiado. La elección de las preguntas se había realizado a partir de una encuesta previa a 400 profesores de tercer ciclo de E.G.B. y primero de B.U.P. y F.P. quienes nos indicaron los temas que consideraban fundamentales.

Del total de las respuestas obtenidas, tan sólo el 26% eran lo que podríamos denominar «aceptables escolarmente», tanto por su formulación como por el nivel de comprensión que se registraba en la encuesta clínica.

El 74% indican conceptos erróneos o ignorancia del tema. De éstas, 36% explicitan un claro desconocimiento con un: «no sé» o «no me acuerdo» y el 38% constituyen interpretaciones personales de los alumnos que tienen escasa relación con lo que se les pretendía transmitir.

Entre las preguntas que obtuvieron mejores respuestas se encuentra el enunciado de la fórmula de la velocidad, con un 54% de éxitos, sólo un 10% de ignorancia explícitamente confesada y un 36% de ideas incorrectas más o menos aproximadas o intuitivas, como por ejemplo: «Es una fuerza muy grande que hace que vayamos más deprisa» o «El espacio multiplicado por el tiempo».

Algunos aseguran que no se puede hablar de velocidad en el caso de una tortuga o de una hormiga porque van muy despacio y no tienen velocidad.

Persisten, pues, todavía, ideas intuitivas de velocidad que no se han modificado en absoluto a pesar de los aprendizajes.

La pregunta «¿Qué es la gravedad?» obtuvo un 69% de respuestas aceptables, sin embargo, de éstas sólo un 41% la diferenciaban claramente de la atmósfera. El 59% del total de las respuestas indican una confusión entre gravedad y atmósfera. Así, por ejemplo, dicen:

— «La gravedad es la masa de aire que está dentro de la atmósfera».

— «La atmósfera es lo que hace que no nos caigamos. Se pone encima de nosotros como si nos empujara».

El niño elabora espontáneamente la idea de que las cosas caen porque pesan, considerando el peso como una propiedad intrínseca de los cuerpos, no como una relación entre masas. Esta propiedad es natural y evidente y no necesita más explicación. La escuela les proporciona gratuitamente una explicación suplementaria que no constituye la propia, sino que se añade a ella, lo cual lleva a muchos niños a creer que los cuerpos caen por dos razones: porque pesan y porque hay gravedad. Algunos aseguran que si no hubiera gravedad también caerían «pero más despacio».

A estas dos causas se añade en ocasiones una tercera que algunos alumnos infieren por su cuenta y que pone de manifiesto un niño que nos dice:

— «La atmósfera hace una presión atmosférica sobre los cuerpos para que no se caigan».

Es evidente que con estas tres razones —peso, gravedad y atmósfera— la estabilidad de los cuerpos queda tan bien asegurada que el niño no necesitará interrogarse nunca más sobre esta cuestión.

Estas fueron, sin embargo, las preguntas que obtuvieron un mayor número de éxitos.

Entre las más desafortunadas se encuentran el enunciado de una ley de Newton, con un 0% de éxitos (aunque todo hay que decirlo, al 58% les sonaba de algo) la diferencia entre masa y peso, que sólo obtuvo un 4% de éxitos y la formulación del Principio de Arquímedes con un 6% de respuestas correctas, aunque el 41% intentaron formularlo con escasos éxitos. Así, por ejemplo, un niño lo enuncia de esta manera:

— «La presión que ejerce un cuerpo sobre un líquido, es igual al peso del volumen del cuerpo que el líquido desaloja».

— «¿Y esto que quiere decir? —Le preguntamos—  
— «Que los cuerpos pesan dentro del agua»

Otros dicen:

— «Cuando un cuerpo lo sumerges dentro del agua, si pesa tres subirá tres».

Es evidente que estas afirmaciones reflejan la traducción que el niño ha hecho de un enunciado incomprendible para él a un sistema de conceptos que, aunque no tenga mucho sentido, al menos tiene la ventaja de que le resulta bastante más comprensible, lo cual constituye un sano mecanismo de defensa intelectual ante lo que le parece absurdo.

A la pregunta de «por qué no se hunden los trasatlánticos que pesan varias toneladas», tan sólo hay un 9% de respuestas aceptables, el 3% de éstas se apoyan en el Principio de Arquímedes. El 6% del total aseguran que es algo incomprendible mientras que el 85% intenta encontrar alguna explicación sea como sea. Muchos lo atribuyen a causas semimágicas. Por ejemplo:

—«Tienen algo especial que hace que floten»—.

Otros lo atribuyen al hecho de que tienen una «hélice» o un «casco» o cualquier otro artefacto que los empuja hacia arriba.

No falta quien tergiversar el Principio de Arquímedes y nos diga:

— «El Principio de Arquímedes dice que si metemos un cuerpo dentro del agua, hace fuerza en todas direcciones. El trasatlántico irá haciendo presión en todas las direcciones».

Es evidente una síntesis muy «sui generis» de lo que

ha oído en las clases.

Si al cabo tan sólo de un año de haber teóricamente adquirido unos conocimientos de ciencias encontramos un 74% de fracasos —olvidos totales o confusiones graves— (y no estoy hablando, por supuesto, de los niños considerados «fracasados escolares» sino de los que aprobaron el curso), ¿podemos considerar que ha habido un aprendizaje de las ciencias en la gran mayoría de la población escolar estudiada?

Los datos extraídos de una encuesta previa a los profesores de los niños encuestados —que he mencionado anteriormente— en la que se les pedía una descripción detallada de la metodología que utilizan en la enseñanza de las ciencias, muestran que las preocupaciones de todos ellos están encaminadas a que los niños lleguen a aprender y a comprender los conocimientos que les transmiten y no simplemente a retenerlos memorísticamente. Una gran parte de los profesores aseguran que utilizan para ello, además de las explicaciones en clase, la observación y la experimentación, hecha por ellos o por los propios niños. ¿A qué se deben entonces estos fracasos?

No hace mucho, dirigiéndome a profesionales de la educación, les decía que estoy absolutamente convencida de que enseñar es imposible.

Enseñar, que viene del latín «insignare», quiere decir señalar, mostrar algo a alguien, transmitir o comunicar un conocimiento. En todo acto de comunicación existe un emisor y un receptor. Para que la comunicación sea posible, es necesario que el emisor y el receptor participen del mismo código de interpretación que les permita conferir al mensaje un significado común. Cuando lo que se trata de transmitir no es un hecho o un suceso puntual sino un conocimiento que no se da aislado sino inserto en una red de otros conocimientos que le confieren un significado, es decir, cuando está formando parte de un determinado sistema de interpretación de los hechos —un sistema epistémico— como es el caso de cualquier interpretación científica, para que la comunicación sea posible es necesario que el emisor y el receptor participen del mismo sistema epistémico que permite una determinada interpretación de los datos, de entre los muchos posibles. Pero si el alumno y el profesor participaran del mismo sistema epistémico, la enseñanza sería innecesaria. Y si no participan del mismo, la enseñanza es imposible.

Toda información emitida por el profesor es reinterpretada por el alumno y traducida a su propio sistema. De aquí que haya tres razones que expliquen la caída de los cuerpos —peso, gravedad y atmósfera— y que el Principio de Arquímedes diga que «todos los cuerpos pesan dentro del agua».

La pregunta que surge inmediatamente es ¿cómo entonces es posible llegar al conocimiento?.

He dicho que considero que enseñar es imposible pero no he dicho que crea imposible aprender. Intentaré

plantear la problemática desde otro punto de vista. El premio Nobel de medicina Niel Jerne escribía hace poco:

«Nosotros, que estamos dotados de inteligencia y de capacidad de pensar, nos negamos a atribuir la misma capacidad a las células. Tenemos la presunción primaria de negar a las células el pensamiento: están vivas, es cierto, pero no tienen cerebro, las dirige el azar».

Podría repetir estas afirmaciones de Jerne sustituyendo la palabra «célula» por la palabra «niño» pero dado que no es mi intención incurrir en terrorismo pedagógico no lo voy a hacer, pero sí me parece interesante señalar que si este teórico de la biología, que se apresura a reconocer que las células no tienen cerebro, les concede, sin embargo, la posibilidad de que tengan un funcionamiento similar a lo que llamamos «inteligencia», parece muy lógico suponer que el niño, que posee un cerebro semejante al del adulto —como son semejantes su hígado o su aparato circulatorio— tenga, en lo esencial, un funcionamiento intelectual similar al de aquel. Sólo podríamos negar esta similitud si aceptáramos que el psiquismo en general y el pensamiento en particular, no tienen relación alguna con el cuerpo y que, por tanto, la producción intelectual del ser humano es totalmente independiente de su configuración anatómica lo cual nos llevaría necesariamente a tener que aceptar que si un lagarto no elabora teorías es pura y simplemente porque carece de alma.

Pero afortunadamente quedan ya bastante lejos los prejuicios cartesianos que tan afanosamente se empeñaban en divorciar la carne del espíritu. Si realmente están superados, no tenemos más remedio que admitir la similitud de funcionamiento intelectual entre el niño y el adulto, similitud que no quiere en modo alguno suponer identidad sino simplemente la existencia de unas constantes de funcionamiento que hay que deslindar de las diferencias existentes entre ambos pensamientos que son, indudablemente —no hace falta resaltarlo— muchas y muy importantes.

Si suponemos admitida esta similitud funcional entre el pensamiento infantil y el del adulto, nos interesa resaltar aun otra importante semejanza que concierne una característica evidente en el niño pero mucho menos evidente en los adultos considerados aisladamente. Se trata de la capacidad que posee el pensamiento infantil de evolucionar hacia formas de organización más complejas y más adecuadas a la explicación de los fenómenos que ocurren en su mundo.

Si bien esta característica no siempre es perceptible con especial nitidez en todos los adultos de nuestra especie, sin embargo destaca claramente si, haciendo abstracción de los individuos, nos fijamos en la trayectoria seguida por lo que llamamos pensamiento científico.

Este carácter evolutivo de la ciencia que nos parece hoy día tan evidente, y que los historiadores de la ciencia

no cesan de señalar, constituye el hilo conductor sin el cual no es posible explicar el pensamiento, ya sea del niño, del adulto o del colectivo que ha dado lugar a la ciencia.

Los descubrimientos científicos realizados a lo largo de la historia, no los vemos ahora como islotes de lucidez que aparecen aquí y allá sin ninguna relación entre sí, sino que, por el contrario, los contemplamos como eslabones de una cadena continua de reflexiones, de aciertos y de errores, tan necesarios los unos como los otros para el avance del pensamiento colectivo como lo ha sido en el campo de la biología la evolución de las especies.

También la conciencia de la evolución del pensamiento ha requerido un cambio del enfoque y de las explicaciones que se daban anteriormente a los fenómenos intelectuales y esto repercute, necesariamente, en el enfoque y en los planteamientos que debemos dar a la enseñanza.

Además de este carácter evolutivo, del que participa tanto el pensamiento del niño como el del científico, existen algunos aspectos funcionales comunes en todo pensamiento en desarrollo. Reflexionar sobre algunos de ellos nos ayudará a aproximarnos a la comprensión del funcionamiento intelectual en general y a poder valorar el grado de adecuación entre este funcionamiento y los procedimientos didácticos más habituales.

Los descubrimientos científicos no se producen simplemente por la acumulación de nuevos datos empíricos, por la sencilla razón de que los datos en sí no tienen ningún sentido si no son interpretados de acuerdo a un determinado sistema de pensamiento que les confiere un significado u otro. Lo que podríamos llamar «sistema epistémico» determina el lugar que deben ocupar los datos observados y el tipo mismo de datos que se observan, así como el uso que se les va a dar dentro del sistema.

Los sistemas epistémicos por los que se rigen los científicos evolucionan a lo largo de la historia y cambian, por tanto también, las explicaciones que se dan a un mismo fenómeno observado. A esta evolución es a lo que denominamos «progreso científico».

Los nuevos conocimientos son el resultado —y no la causa— de nuevas formas de interpretar los hechos.

En el niño se puede observar la elaboración espontánea de sistemas organizados de interpretación de los hechos que ocurren a su alrededor, sistemas que evolucionan y se complexifican a medida que crece.

Los datos que le llegan del exterior, incluidas las percepciones directas, son elaborados, transformados e interpretados de acuerdo con su sistema, de tal manera que puedan integrarse a éste y le resulten comprensibles. La información que le transmite el adulto corre exactamente la misma suerte.

Los razonamientos que para el profesor pueden ser enormes evidencias susceptibles de desmontar las concepciones erróneas del alumno, pueden dejar a éste perfectamente insensible y no constituir para él ninguna contradicción mantener a la vez su concepción y la del profesor.

Sólo pueden provocar contradicción aquellos elementos que, una vez traducidos en términos comprensibles para el sujeto, chocan con las convicciones anteriormente asumidas por éste.

Si esta traducción no se lleva a cabo, el dato exterior no entra dentro del sistema y es simplemente rechazado.

Existe entre los científicos una actitud, señalada por Kuhn, que consiste en no considerar o conceder poco valor a aquellos hechos o datos que no encajan dentro de lo que él denomina «paradigma científico», y tienden a ser considerados como casos aislados o aspectos marginales de su sistema explicativo. La no consideración de estos datos les permite seguir manteniendo su paradigma.

Esta misma actitud la encontramos en los alumnos quienes en virtud de este mecanismo intelectual conservador, que comparten con los científicos, tienden a mantener su sistema de equilibrio intelectual y a transformar los nuevos datos para adaptarlos a su sistema o, simplemente, a ignorarlos.

La enseñanza olvida o desconoce la existencia de estos sistemas de organización intelectual del niño que al igual que los sistemas epistémicos —o los paradigmas Kuhnianos— de la ciencia, evolucionan con el tiempo y tienden a formas cada vez más complejas y equilibradas de organización. Ahora bien, estos sistemas intelectuales tienen, a la vez que la capacidad de evolucionar, otra característica importante, que es su estabilidad. Y no es en absoluto contradictorio que algo sea estable a la vez que capaz de evolucionar porque cada una de estas características predomina en momentos diferentes y bajo la influencia de determinadas circunstancias.

Si los sistemas de pensamiento —tanto del niño como del científico— no tuvieran estabilidad, el pensamiento y la ciencia serían imposibles ya que no podrían conservarse las ideas a las que dan lugar. Esta estabilidad es pues, imprescindible, sana y necesaria.

Sabemos por la historia que los períodos de estabilidad de los sistemas epistémicos que dan lugar a las teorías científicas pueden tener una duración de varios siglos y que los cambios de un sistema a otro se producen con gran dificultad y lentitud, acompañados a veces por la densa humareda de las hogueras inquisitorias, como en el caso de Miguel Servet y Giordano Bruno, empeñados ambos en defender que lo inamovible podía moverse.

Las dificultades que presenta un cambio de sistema epistémico y sus causas las expresa maravillosamente

xandre Koyré cuando dice:

«Lo que los fundadores de la ciencia moderna, y entre ellos Galileo, debían hacer, no era criticar y combatir ciertas teorías erróneas para corregirlas o sustituirlas por otras mejores. Debían hacer algo distinto. Debían destruir un mundo y sustituirlo por otro. Debían reformar la estructura de nuestra propia inteligencia».

Esta transformación de la estructura de la inteligencia que enuncia Koyré como condición necesaria para pasar de unas convicciones científicas a otras, es exactamente lo que debe hacer el alumno para acceder a un nuevo sistema de pensamiento que le permita asimilar, de manera comprensiva, un conocimiento de nivel superior, porque los conocimientos científicos nunca se dan aislados sino formando sistemas de conjunto coherentes entre sí.

Si no se produce un cambio de sistema epistémico los conocimientos con un nivel de complejidad superior serán deformados y traducidos a un sistema interpretativo más elemental ya que un conocimiento científico no es equiparable a una mera información sobre un suceso desligado de otros conocidos, que podría o no acontecer —como puede ser el saber que se hundió el Titanic— sino un elemento que forma parte de un sistema estructurado cuyo entramado lógico provoca una red de conocimientos derivados unos de otros y cuya encadenación no tiene nada de arbitraria.

Si para un científico resulta tan difícil abandonar la estabilidad de su sistema epistémico ¿no resulta ingenuo pretender que un sujeto —el alumno— menos habituado al ejercicio intelectual que un científico, cambie el suyo en el tiempo record de dos o tres horas de clase?.

Pero por si esto fuera poco veamos de que manera se pretende que tenga lugar este milagroso cambio. No es conduciéndole en peregrinación a un santuario del saber —lo cual podría cuanto menos despertar la curiosidad del alumno— sino, en el peor de los casos, es cierto, recitando y haciéndole recitar devotamente las verdades derivadas del nuevo sistema epistémico y, en el mejor de los casos, mediante una inteligente y amena —aunque necesariamente rápida por exigencias de programación— exposición de las teorías, seguida de experimentos y demostraciones que las corroboran. Pero esta corroboración sólo es perceptible para quien ha comprendido previamente el sistema en que se apoya la teoría y cuando esto no acontece, la interpretación de los resultados de la experiencia se convierte en un dato más que hay que creer. Y generalmente esto es lo que sucede en la inmensa mayoría de los casos.

Otra de las características que encontraremos en común en la construcción del pensamiento científico y en el del niño es la existencia del error. La historia de las ciencias es también la historia de los errores del pensamiento científico.

Existe el prejuicio, muy extendido todavía, de creer que la inteligencia es lo que conduce al descubrimiento de la verdad y este es un prejuicio que hay que desterrar. El pensamiento humano conduce por un igual al error y al acierto. Si no hay error no hay pensamiento, no hay construcción intelectual porque el uno es el complemento del otro.

Tanto en la historia de las ciencias como en la psicogénesis del conocimiento, la inteligencia no es lo que produce verdad —que nadie sabe, por otra parte, lo que es— sino más bien lo que es capaz de transformar los datos del exterior ordenándolos en sistemas organizados que posean una coherencia interna. Esta concepción está mucho más allá del simple modelo dualista de verdad-falsedad con reminiscencias morales que arrancan de las nociones de bien y mal.

Una idea similar expresa Poincaré cuando afirmaba que: «La función de una teoría no es la de ser verdadera sino la de ser útil». Las teorías como las ideas erróneas son útiles en la medida que permiten avanzar.

La Epistemología Genética ha insistido mucho en la importancia del error en la construcción intelectual hasta el punto de que hemos llegado a la evidencia de que los errores son necesarios porque constituyen los eslabones que permiten llegar a nuevos conocimientos.

La enseñanza, sin embargo, parece tener terror al error del alumno, negándole así el derecho y la necesidad que la historia concede a los científicos.

Albert Einstein, en «El significado de la relatividad», dice: «El objeto de toda ciencia, sea natural o psicológica, consiste en coordinar nuestras experiencias de modo que el todo forme un sistema lógico».

El pensamiento del niño, como el del científico, tiende espontáneamente a coordinar los datos de los que toma conciencia de tal manera que formen un sistema lógico o, si se prefiere, coherente. Las diferencias esenciales entre ambos consisten en que los datos de los que toman conciencia uno y otro no son los mismos y el sistema lógico por el que se rigen tampoco lo es.

Los cambios en estos sistemas de organización no se producen simplemente por la aportación de nuevos datos sino por la toma de conciencia de que estos nuevos datos se hacen incompatibles con los sistemas interpretativos previos y surge entonces la necesidad de modificarlos. Ello implica una reestructuración del pensamiento que requiere un esfuerzo e implica una serie de dificultades.

Este cambio no conduce solamente a estar en posesión de una cantidad mayor de conocimientos sino sobre todo a un enriquecimiento y a una complejización de las estructuras intelectuales. El individuo, ya sea niño o científico, desarrolla nuevos recursos intelectuales, que tienen para él las características de un verdadero descubrimiento.

Pasar de la teoría medieval del «impetus» a la mecánica newtoniana no es saber definir la noción de inercia o de gravedad ni recitar las leyes de Newton, sino reinterpretar los datos observados día a día, en función de una concepción distinta. Los observables no han cambiado, siguen siendo los mismos de siempre, lo único que ha cambiado es la interpretación que se hace de ellos, la forma de concebir el movimiento.

Esta interpretación implica un cambio en el pensamiento y este cambio no puede imponerse desde el exterior, es un proceso interno de reflexión y de construcción que debe realizar cada individuo por sí mismo.

El conocimiento científico es el resultado de un proceso largo, complejo e inconsciente.

Si aceptamos estas similitudes de funcionamiento intelectual entre niño y científico parece sensato admitir que, o bien la enseñanza no tiene por qué tener en cuenta este funcionamiento y puede conseguir sus objetivos contrariando el proceso natural del pensamiento —cosa que hemos podido comprobar que no es cierta— o bien debe modificar sus métodos para adaptarse a él.

Adaptarse al pensamiento del alumno quiere decir, en primer lugar, aceptar que existe. Que las ideas previas que posee no son fruto del azar, que Jerne negaba incluso en las células, sino el reflejo de un sistema que tiene mucha más coherencia de lo que le puede parecer a un adulto que lo contemple desde otro sistema.

Empecé diciendo que había dos formas —cuanto menos— de enfocar el aprendizaje de las ciencias, que se proponían dos objetivos diferentes.

El primero consiste en pretender que el alumno llegue a los conocimientos por transmisión directa. El segundo aspira a ayudarlo a desarrollar los sistemas de pensamiento mediante un ejercicio intelectual que le permita plantearse preguntas, discutir sus ideas, elaborar hipótesis, cometer errores y encontrar soluciones propias a problemas propios.

El primero es ingenuo e imposible. El segundo implicar dar un nuevo enfoque a la enseñanza.

Este nuevo enfoque deberá desterrar las ideas de que los conocimientos constituyen unidades aisladas o sistemas interpretativos sin ninguna relación con los sistemas de pensamiento del sujeto que los detenta. Por el contrario, son hasta tal punto interdependientes que los conocimientos no pueden evolucionar si no evoluciona el sistema de pensamiento del sujeto y a la vez, una evolución de este sistema capacita para acceder a nuevos conocimientos.

Centrar la enseñanza en favorecer la evolución de los sistemas intelectuales que posibilitan el conocimiento no quiere decir olvidar los contenidos del aprendizaje sino, por el contrario, dar un sentido nuevo a estos contenidos, planteándose la exigencia didáctica de que el alumno, lejos de adaptar los conocimientos que se le

intentan transmitir a su sistema, modifique éste para que los contenidos puedan serle comprensibles.

Los problemas que tienen planteados las investigaciones sobre aprendizaje bajo el enfoque de la Epistemología Genética no son en absoluto simples ni fáciles de resolver. Consisten fundamentalmente en averiguar qué tipo de intervenciones externas o elementos del medio favorecen el paso de un sistema de pensamiento dado a otro de mayor complejidad o, si se prefiere, más evolucionado.

Sabemos que no se trata simplemente de intentar que el sujeto reproduzca el mismo proceso seguido por los científicos a lo largo de la historia, entre otras muchas razones porque los científicos no reprodujeron ningún proceso seguido previamente por otros y esto sólo in-

troduce ya una diferencia tan fundamental que hace totalmente imposible este intento.

Sabemos también que para que realice el esfuerzo de diseñar nuevas herramientas intelectuales es preciso que el individuo tome conciencia de que las viejas ya no le sirven. Dicho de otro modo, que al intentar generalizar su uso a nuevos casos, constate la ineficacia de sus viejos instrumentos. Pero esta constatación no basta. Es preciso, además, que no se limite a ella sino que experimente la necesidad de crear otros nuevos y encuentre los recursos para hacerlo.

Todo ello supone una serie de procesos interrelacionados cuyo estudio nos lleva a profundizar en el conocimiento del funcionamiento intelectual humano, campo en el que, hemos de reconocerlo, nos falta todavía mucho por recorrer.