

Samuel Johsua
Jean-Jacques Dupin

INTRODUCCION A LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS Y LA MATEMÁTICA

EDICIONES COLIHUE



Johsua, Samuel

Introducción a la didáctica de las ciencias y la matemática / Samuel
Johsua y Jean-Jacques Dupin. – 1ª ed. – Buenos Aires : Colihue, 2005.

416 pp. ; 20 x 14 cm. – (Nuevos caminos)

ISBN 950-581-725-8

1. Didáctica-Ciencias. 2. Didáctica-Matemática. I. Dupin, Jean
Jacques. II. Título
CDD 371.001 1

Traducción: Ana Beatriz Narvaja y Nancy Roggier
Diseño de tapa: Dpto. de Producción, Ediciones Colihue, 2005.

*Cet ouvrage, publié dans le cadre du Programme d'Aide à la Publication
Victoria Ocampo, bénéficie du soutien du Ministère des Affaires Etrangères
et du Service Culturel de l'Ambassade de France en Argentine.*

Esta obra publicada en el marco del Programa de Ayuda a la Publicación
Victoria Ocampo cuenta con el apoyo del Ministerio de Asuntos Exteriores
y del Servicio Cultural de la Embajada de Francia en Argentina

© Presses Universitaires de France, 1993.

© Ediciones Colihue S.R.L.

Av. Díaz Vélez 5125

(1405) Buenos Aires - Argentina

www.colihue.com.ar

ecolihue@colihue.com.ar

I.S.B.N. 959-581-725-8

Hecho el depósito que marca la ley 11.723

IMPRESO EN LA ARGENTINA - PRINTED IN ARGENTINA

Introducción

Durante las últimas décadas, la enseñanza de las ciencias y la matemática se transformó en una apuesta social importante. Pero, si bien el número de aquellos que en mayor o menor medida estudian esas disciplinas aumenta regularmente, los objetivos fijados por los gobiernos están lejos de ser alcanzados y las reformas se suceden, sin que de un modo razonable se pueda tener la sensación de que el origen de las dificultades sea realmente tratado.

Sin embargo, hacia fines de los años sesenta y comienzos de los setenta, el optimismo era ineludible. Las reformas de los contenidos de enseñanza (cuyo prototipo fue la famosa reforma de las "matemáticas modernas") aliadas a un mayor reconocimiento de las especificidades del "alumno-niño" debían abrir el camino hacia un futuro brillante. En realidad, muchos de los reformadores de la época fueron objeto de una doble ilusión:

a) En primer lugar, la ilusión lírica. Las ciencias y la matemática fueron apareciendo, poco a poco, basadas en una arquitectura espléndida, de elegante simplicidad. Sólo una mala pedagogía impedía a las jóvenes generaciones compartir la fuerza de esa "belleza". Liberada del antiguo farrago, la estructura profunda de cada ciencia debía entonces ser presentada a los alumnos lo más rápido posible, y, así, todo iría mejor.

b) A continuación, la ilusión romántica. Esta se refería a la manera en la que los alumnos aprenden. Esta ilusión existía desde hacía un tiempo pero experimentó un poderoso desarrollo en esta época. Como la planta que crece "sola" si está ubicada en un buen ambiente, se consideraba que el movimiento espontáneo de la evolución cognitiva de un alumno debía conducirlo directamente al conocimiento científico; las únicas dificultades en esta vía tenían que ver con el arcaísmo de los pedagogos y con "la ruptura

con la vida real", el "formalismo", el "dogmatismo", criticados sin interrupción.

Por otro lado, no existe la certeza de que se deba hablar en pasado de esas dos ilusiones, que se sostienen entre sí, debido a lo importante que es todavía la influencia que ejercen entre los mismos docentes (principales blancos de las críticas, sin embargo) y en las instancias responsables de los sistemas de enseñanza. Lo cierto es que las reformas, fundadas sobre esos supuestos, cuando realmente modificaron la enseñanza (lo que resulta menos frecuente de lo que se cree), provocaron decepciones importantes, al punto que hoy gana terreno una suerte de lucidez fatalista, que sueña en voz alta con un regreso a una edad de oro mítica, tal como lo demuestra el movimiento back to basics en Estados Unidos.

La didáctica de la matemática, en primer lugar, y las didácticas de las otras ciencias, luego, nacieron históricamente de la decisión de no subordinarse a la materia. Se basaron en una alternativa radical que debía distinguirlas progresivamente de los otros enfoques referidos a la enseñanza científica: la voluntad —y la afirmación de la posibilidad— de un abordaje razonado, sistemático, científico y específico de los fenómenos de enseñanza en esos campos, con el objetivo de delimitar teórica y prácticamente los ámbitos de lo posible de aquellos de lo inaccesible.

Si se debe arriesgar una definición, se podría decir que la didáctica de una disciplina es la ciencia que estudia, para un campo en particular (en este caso, las ciencias y la matemática), los fenómenos de enseñanza, las condiciones de transmisión de la "cultura" propia de una institución (en particular, las instituciones científicas) y las condiciones de la adquisición de conocimientos por parte de un estudiante.

El acceso a esta problemática es la reflexión sobre los saberes, puesto que es necesario señalar que los conocimientos, acerca de los cuales se establecen las relaciones didácticas, no son objetos muertos que el profesor "pasaría" al alumno, quien los recibiría y se "apropiaría" de ellos. Por el contrario, la didáctica los trata como objetos vivos, evolutivos y cambiantes, según los sectores de la sociedad en los que nacen y se implantan. En particular, el estudio de las relaciones que el alumno mantiene con los saberes que se le presentan, relaciones en sí mismas eminentemente móviles, está en el centro de una reflexión sobre las condiciones y la naturaleza de los aprendizajes.

Esto conduce al enfoque didáctico a oponerse al enfoque propio de una "pedagogía general", en la medida en que esta última se ocuparía de desprender reglas del aprendizaje y de la educación que serían precisamente independientes de los contenidos precisos enseñados, incluso de

cualquier contenido en general. Al menos para las disciplinas complejas y altamente estructuradas como las disciplinas científicas y la matemática, es, en efecto, poco probable que pueda construirse un conocimiento pertinente para la comprensión de los fenómenos de enseñanza, dejando de lado los saberes en cuestión. De esta oposición ya clásica, entre didáctica y pedagogía, se puede, sin motivo alguno, tender a encontrar una suerte de división de tareas: la didáctica estudiaría de una manera precisa la naturaleza de los saberes y de las relaciones con el saber en los casos clínicos "experimentales" fuera de la clase; pero, dentro de la clase, teniendo particularmente en cuenta la complejidad de los fenómenos que se ponen en juego, la pedagogía retomaría todos sus derechos. Limitada a la periferia de las clases, la didáctica tendría, entonces, poco interés. Su ambición es otra: sin descuidar de ninguna manera las investigaciones "externas", su objeto es fundamentalmente estudiar los procesos de enseñanza en situación, haciéndose cargo, por lo tanto, desde su propio punto de vista (es decir, con relación a la evolución de las vinculaciones con los saberes), de los aspectos sociales, lingüísticos, relacionales que estructuran esos procesos. Si, en este marco, pueden retomarse las elaboraciones de los pedagogos de principios de siglo, aquellos de la "pedagogía nueva" o "activa", esto siempre se hará a costa de una importante reformulación teórica.

¿Cuál es entonces la amplitud del campo cubierto por la didáctica? Por naturaleza, la posición histórica de las didácticas de las ciencias y de la matemática en tanto específicas de los saberes que son tratados en ellas les impide extender sus elaboraciones particulares a otras disciplinas de enseñanza. Es, por otra parte, la decisión tomada por la gran mayoría de los especialistas en didáctica, de la que la presente obra no escapa, quienes se limitan exclusivamente a estos dominios. Sin embargo, aparece cada vez más claramente que el campo teórico podría extenderse. Como se trata de relaciones con los saberes, se podría fundar una antropología de los saberes que, cuando estuviera en juego una intención de la enseñanza, vendría a albergar una teoría de la didáctica (en particular, como se puede hablar de una "teoría de lo religioso"), la cual se especificaría luego en teorías didácticas particulares (Chevallard, 1989b).

Pero, aun cuando ese proyecto llegara a buen término, esto no significaría, no obstante, que el enfoque didáctico permita considerar la Escuela como institución. Aquí, los estudios sociopolíticos, históricos, económicos siguen siendo, por supuesto, inevitables. Entre estos abordajes, la sociología de la educación participa probablemente de un diálogo más estrecho con la didáctica, ya que trata también, entre otros temas, el éxito y el

fracaso en la escuela. Una cantidad impresionante de resultados producidos por los estudios sociológicos puso límites al entusiasmo bastante ingenuo por las virtudes igualitarias de la escuela. De manera inquebrantable, la escuela reproduce las diferencias sociales y sexuales existentes en el exterior. ¿Qué alcance puede tener la didáctica cuando las cosas parecen detenidas en este punto? En realidad, el estudio didáctico es esclarecedor aun en ese ámbito. Desmenuza en detalle los mecanismos por los que el fracaso se instala o, más bien, es decidido por la institución. En el proceso de establecimiento de relaciones juzgadas como pertinentes con un saber científico, un alumno, ya sea hijo de obrero o de burgués, debe finalmente atravesar un camino relativamente estrecho; uno comprende fácilmente que la descripción precisa de la señalización de ese camino sería de una gran ayuda para saber exactamente dónde y cómo los determinantes sociales y sexuales exteriores a la escuela actúan para provocar la diferenciación. Los trabajos de ese tipo son todavía bastante escasos en didáctica, pero, ciertamente, hay allí una vía productiva para explorar.

La estructura didáctica

En los fundamentos de una enseñanza de tipo escolar se encuentra la interrelación de tres elementos: el alumno, el profesor, un saber. Estos tienen historias y determinaciones particulares que los estructuran en una autonomía parcial de unos en relación con otros.

a) *El alumno aborda una enseñanza con una estructuración particular de conocimientos. Esta puede revelarse compatible con lo que se le quiere hacer aprender, pero también puede no corresponderse con ello, hecho habitual en el caso de los saberes científicos. Si el alumno sólo puede aprender a partir de lo que ya conoce, en un momento u otro también lo hace necesariamente en contra de lo que ya conoce. Estos mecanismos cognitivos, que es importante estudiar bien de cerca, constituyen una primera limitación didáctica de importancia.*

b) *El saber presentado en clase mantiene vínculos culturales y sociales con el exterior de la clase. También tiene una historia, que condiciona al mismo tiempo el contenido a enseñar, su lugar en un curso, la forma de su presentación. Depende de varios factores ligados entre sí: concepciones epistemológicas dominantes en las comunidades científicas, relaciones culturales mantenidas por el público con esas especialidades, finalidades sociales fijadas para esa enseñanza. Esos determinantes constituyen un*

sistema global que, bajo formas específicas, se manifiesta en cada objeto particular de enseñanza.

c) El profesor desarrolla concepciones precisas, derivadas de su propia historia, sobre la manera en que un alumno aprende, sobre las finalidades de la enseñanza que prodiga, sobre los fundamentos epistemológicos de las ciencias. Esto constituye en cierta forma su ideología privada que condicionará, en parte, los actos de enseñanza efectuados.

Si estos determinantes, propios de cada constituyente de los actos didácticos, tienen un poder explicativo del desarrollo de estos últimos, sólo lo tienen de modo parcial. Es necesario también tener en cuenta las modificaciones producidas por su puesta en relación, que son constitutivas, en realidad, de la especificidad de la estructura didáctica. Esta actúa en primer lugar como un filtro: integra o rechaza uno u otro elemento de la historia de cada uno de los constituyentes. Luego actúa para que esas características se transformen con vistas a hacer simplemente posible el funcionamiento didáctico.

Por ejemplo, el niño, ser concreto con múltiples determinaciones entrecruzadas, deviene alumno, ser "ficticio" considerado desde el único punto de vista de sus relaciones con el profesor, con la clase, con los saberes. Esto es muy clásicamente señalado como un déficit de la escuela que demostraría de esta manera su incapacidad para asir e integrar toda la complejidad de la vida real de un niño. Pero hay en ese juicio generoso un malentendido radical. Si la escuela tiene una tarea de socialización del niño, dicha tarea la cumple a través de la gestión de relaciones con saberes culturalmente definidos fuera de ella. Esto es lo que hace a su especificidad y la distingue de la multiplicidad de otras instancias de socialización que segrega una sociedad moderna. Cuanto más precisa y delimitada sea, en una sociedad, la manera en que se organizan y perciben los saberes en cuestión (tal es el caso de los saberes científicos), mayor será la manifestación de esa especificidad. Así, y sin que esto elimine el interés de otros enfoques para comprender el funcionamiento didáctico es necesario considerar de manera central el lugar que el niño ocupa esencialmente en este último, es decir, el lugar de alumno. Pues esta comprensión determina la comprensión de los eventuales bloqueos en el proceso didáctico y, por lo tanto, la de las posibles correcciones. De la misma manera, es en calidad de "instructor", es decir, como gestor de la evolución de las relaciones con los saberes, que el profesor puede ser considerado dentro de la estructura didáctica. Este "reduccionismo", tan a menudo reprochado a la investiga-

ción en didáctica, aparece así, como ocurre a menudo en las investigaciones científicas, como la condición de una intervención positiva en el sistema, al menos para las especialidades que nos ocupan en la presente obra: la enseñanza de las ciencias y la matemática.

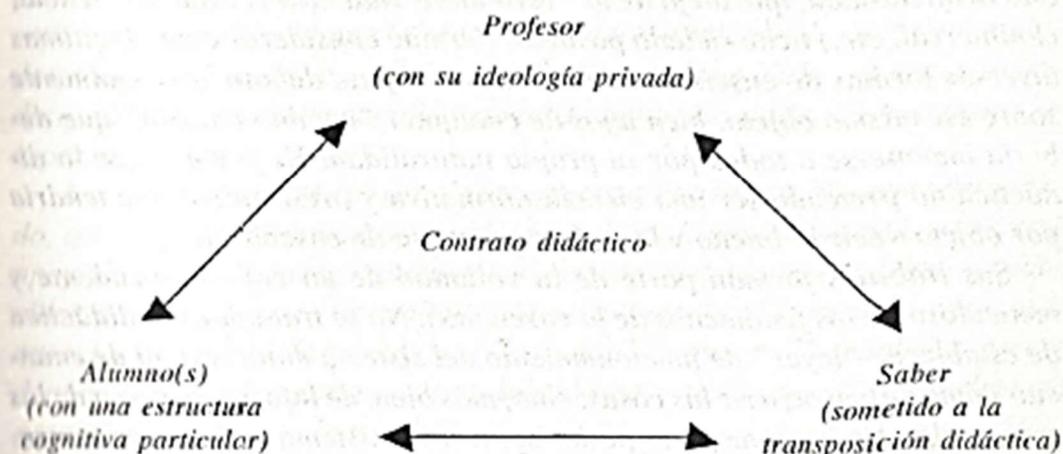
El saber sufre modificaciones asimismo considerables en el curso de su introducción en la estructura didáctica y para hacer posible dicha introducción. Como parte de un saber constituido socialmente fuera de la escuela, una "porción" de ese saber está sumergido en una historia, una epistemología; está ligado al tipo de problemas (teóricos o prácticos) que permite abordar. Esta totalidad no puede integrarse sin modificaciones en la estructura didáctica. Es necesario, entonces, descomponerla y recomponerla para la escuela. Pero esta "preparación" del saber a enseñar no se puede resumir en una "simplificación". La manera en que se realiza la preparación, la organización de los temas, las inevitables ausencias de algunos de esos temas, así como los agregados necesarios para asegurar cierta coherencia al conjunto, todo contribuye a hacer del saber presentado en clase una verdadera re-creación de la epistemología particular, aun cuando los vínculos con el ámbito de origen continúan siendo perceptibles. Se trata de la transposición didáctica, cuyo mecanismo es decisivo comprender para la determinación de la naturaleza exacta de los objetos de enseñanza presentes en clase y, por lo tanto, para la determinación de la relaciones que alumnos y profesores mantienen entre sí.

En la estructura didáctica, el alumno se encuentra, entonces, ante un saber transpuesto. Sin embargo, esto no es todavía suficiente para agotar toda la especificidad de la situación de enseñanza. En efecto, esta última tiene también características sociales. Se pensará que aquí se introduce una reflexión sobre lo que se da en llamar las "relaciones maestro-alumnos". Pero, en realidad, las relaciones ternarias entre el profesor, los alumnos y un saber no pueden comprenderse si se las analiza solamente como una suma de relaciones binarias: los lazos entre el profesor y su clase se tejen con vistas a la apropiación de un saber, y es esto lo que las caracteriza. Como ya lo indicamos más arriba, el profesor tiene sus propias concepciones con respecto al proceso de aprendizaje y una posición objetivamente diferente de la del alumno en lo que a los saberes tratados se refiere. Es entonces difícil explicitar, a los ojos de todos los actores del acto didáctico, las condiciones de desarrollo de este último. Una parte decisiva pertenece, por lo tanto, al ámbito de lo implícito.

¿Cómo puede funcionar esto a pesar de todo? Es la existencia del contrato didáctico la que permite que la estructura didáctica funcione de una manera relativamente equilibrada. A través de mecanismos más implícitos que explícitos, un "contrato" se teje entre el profesor y los alumnos en relación con el saber. Este contrato fija papeles, lugares y funciones para cada parte. Fija las actividades que se esperan tanto del profesor como también de los alumnos, los lugares respectivos de cada uno respecto del saber tratado e, incluso, las condiciones generales en las que esas relaciones con el saber evolucionarán a lo largo de una enseñanza.

Dijimos que los términos del contrato permanecen ampliamente implícitos; esto no significa que no se conozcan. En la determinación de los términos del contrato, la evaluación representa un papel decisivo en el corto y mediano plazo, en la medida en que los elementos más generales y constantes del contrato están delimitados por la sedimentación de las prácticas pasadas desde los inicios de la escuela primaria. Todavía es necesario señalar que este contrato es concertado más con la clase como colectivo que con cada alumno tomado como individuo; así como, por lo demás, las relaciones de un alumno con un saber en el marco de un contrato determinado están permanentemente mediadas por las relaciones mantenidas con sus pares, los otros alumnos.

En definitiva, esto conduce al siguiente esquema de la estructura didáctica, en la que el contrato didáctico actúa como factor decisivo de equilibrio:



Como todo modelo teórico, esta descripción no pretende que se anulen en clase las otras determinaciones que caracterizan a los diferentes actores. Su puesta entre paréntesis es una ficción, pero una ficción necesaria para el buen desarrollo de los actos didácticos; y, por ello, este modelo parece adecuarse al proyecto de las investigaciones en didáctica: comprender lo que hace a la especificidad de los actos de enseñanza en las disciplinas particulares. Pero, por lo demás, está incompleto incluso desde este punto de vista. La misma estructura didáctica está sujeta tanto a limitaciones institucionales (tiempo acordado a cada disciplina, existencia o no de programas nacionales, de exámenes, relación con las otras disciplinas, etc.), como a limitaciones sociales más generales (que se traducen, en particular, en la visión del público, de los padres de los alumnos y de los "especialistas" de la disciplina). Por lo tanto, es necesario recordar siempre que la estructura didáctica es ella misma una estructura limitada.

Una estructura artificial

La estructura didáctica aparece como una construcción específica, que no se contenta con ser la puesta en relación de sus constituyentes —alumnos, profesor y saber— sino que, como contrapartida, también los determina. En este sentido, se trata de una construcción artificial. No hay que ver allí un juicio de valor: esta artificialidad es inherente al proyecto didáctico, consustancial con una organización intencional de una enseñanza. Además, esta artificialidad, que aleja de la "verdadera vida" (la verdadera ciencia, el niño real, etc.) tiene su lado positivo. Permite considerar como legítimas diversas formas de enseñanza de un mismo objeto, debatir racionalmente sobre ese mismo objeto, bien lejos de cualquier "camino natural" que debería imponerse a todos por su propia naturalidad. Es por eso que la didáctica no pretende ser una ciencia normativa y prescriptiva que tendría por objeto decir lo bueno y lo malo en materia de enseñanza.

Sus trabajos forman parte de la voluntad de un enfoque prudente y meticuloso de los fenómenos de la enseñanza. No se trata para la didáctica de establecer "leyes" de funcionamiento del sistema didáctico, ni de enunciar cómo deben ocurrir las cosas; sino, más bien, de informar acerca de las principales limitaciones que pesan sobre este sistema y decir, en consecuencia, cómo las cosas no pueden ocurrir. Así, no se cierra un ámbito, sino, por el contrario, se abre un espacio de posibles; como el antiguo principio que se atribuye a Lavoisier —"nada se pierde, nada se crea, todo se transforma"—, si bien no dice nada de la manera en que "deben" ocurrir

las reacciones químicas, indica, para éstas, una limitación determinante. De esta forma, no solamente hace caducar la alquimia, sino que crea la química.

La didáctica de las ciencias y de la matemática no puede enunciar, sin duda, limitaciones tan precisas y concisas, pero, ¿es posible acercarse a ello? Esta pregunta es a la vez un desafío y un programa de investigación del que la presente obra pretende ser el testimonio.

Enseñar la didáctica

En ese sentido, la presente obra quiere ser un manual de enseñanza, destinado a la vez a todos los que desean ser "introducidos en la didáctica de las ciencias y de la matemática" y a los que tienen la vocación de presentarla. Esta obra se apoya, entonces, sobre una apuesta: que, por su parte, la disciplina "didáctica" haya madurado lo suficiente para ser enseñada.

Esta apuesta se dobla en otra, todavía más cuestionable: la que consiste en poder tratar al mismo tiempo la matemática (donde surgieron numerosos conceptos de la didáctica), la física, la química y la biología. Las investigaciones en didáctica dentro de estos campos tienen efectivamente una historia propia, preocupaciones particulares que acompañaron hasta el presente a distintas comunidades de investigadores en los países de habla francesa. No sorprende, por lo tanto, que los marcos de referencia y las problemáticas de un campo resulten extraños, a veces, para otro. Sin embargo, nos pareció que la reciente evolución interna de esas comunidades conducía a cada una por su cuenta a un diálogo cada vez más sostenido e, incluso, a interrogaciones mutuas, signo, sin duda, de que nacía un espacio teórico común.

Así, se ve dibujarse, tal vez, un campo científico razonablemente delimitado, que dispone de métodos de enfoque y de conceptos comunes, y que está apoyado sobre un cuerpo totalmente consecuente de datos empíricos, producidos por un conjunto de trabajos de investigación. Es, en todo caso, esta apreciación la que nos condujo a "adoptar las apuestas" señaladas precedentemente y a lanzarnos a la redacción de este "manual", cuya lectura permitirá juzgar si lo hemos hecho con éxito.

Pero campo común no significa que no se manifiesten divergencias, a veces profundas, entre los investigadores, y esto, a decir verdad, ocurre tanto en el seno de cada disciplina considerada aisladamente como entre ellas. Nos pareció mal ocultar esos desacuerdos, porque hacen también a la riqueza

za de la elaboración en curso. Tratarlos desde el único punto de vista que adoptamos en torno de esta cuestión hubiera implicado el riesgo de encerrar al lector en una visión demasiado estrecha, sin darle la libertad y los medios de forjarse una opinión. Esto nos condujo a preferir la exhaustividad, ligada a la voluntad de exponer sobre las posturas que nos parecían de alguna importancia, aun cuando, por el momento, permanezcan relativamente marginales. De igual manera, nos esforzamos por tratar las divergencias entre investigadores con precaución, aunque sin ocultar nuestras propias opiniones, que manifestamos cuando lo consideramos útil.

La obra comienza con dos capítulos sobre temas periféricos para la didáctica propiamente dicha; conciernen a la epistemología de las ciencias y a la psicología cognitiva. Efectivamente, nuestra experiencia previa en la enseñanza de las didácticas científicas nos mostró que eran en realidad necesarias nociones mínimas en esos dos campos para comprender ciertos fenómenos didácticos, pero, sobre todo, para captar los marcos de referencia y de reflexión que son propios de los especialistas en didáctica, comprender sus debates, evaluar el alcance de sus aportes.

Los otros capítulos tienen una estructura parecida entre sí. Comienzan por presentar y discutir conceptos, problemáticas y métodos esenciales de la didáctica de las ciencias y de la matemática. Esta parte sintética está seguida por una presentación de trabajos referentes al tema. En un ámbito todavía poco conocido como la didáctica, esto debería permitir al lector hacerse una idea más precisa de la manera en que trabajan los especialistas en didáctica y de los resultados precisos que pueden obtener. En la ya mencionada presentación de trabajos, quisimos exponer esos resultados dentro de la problemática y el lenguaje propio de los autores, e hicimos lo mismo con las conclusiones sostenidas, que no siempre compartimos. Finalmente, quisimos incluir ejemplos que nos parecían significativos para todas las disciplinas y todos los tipos de enseñanza, desde la escuela primaria hasta la universidad.

Estos informes pueden, además, ser utilizados como una oportunidad para trabajos personales de profundización, una especie de "trabajos dirigidos". Para esto, se debe asegurar la accesibilidad a los textos originales de estos trabajos. Esta es la razón por la que la presentación de trabajos se limita a investigaciones publicadas en lengua francesa y en soportes fácilmente disponibles.