

CONJETURAS SOBRE LA UTILIDAD DE UNA FORMACIÓN MATEMÁTICA PARA LA VIDA ECONÓMICA Y SOCIAL¹

GÉRARD KUNTZ

Esta es la continuación del artículo que se había iniciado en el número 3 del volumen 1 de la revista. En esta parte, Kuntz presenta una visión del proceso de enseñanza de las matemáticas y hace una reflexión acerca de la importancia de la generación de un debate científico al interior del salón de clase como medio para fomentar el significado que le es propio a las matemáticas. Se resaltan algunos aspectos como el carácter político de la enseñanza de las matemáticas y la importancia de generar una visión interdisciplinaria e histórica para que los alumnos puedan adquirir una formación matemática que en realidad sea de utilidad para su desempeño en la economía y en la sociedad.

ALGUNOS BEMOLES DE UNA MELODÍA DEMASIADO ALEGRE

La transferencia de competencias: ¿mito o realidad?

Cuando se escribe un artículo o un ensayo, siempre se corre el riesgo de simplificar (o aun de distorsionar) la realidad, por tratar de hacerla encajar mejor dentro de un molde de pensamiento preexistente. En los ejemplos anteriores hemos puesto en evidencia la similitud entre ciertas formas de pensar y las matemáticas. Sin embargo, una comparación no es una razón. La transferencia de competencias parece posible, pero encuentra grandes obstáculos de naturaleza didáctica, psíquica y afectiva. Ha llegado el momento de ir más allá y reflexionar sobre las condiciones que la hacen posible, la favorecen o la obstaculizan.

En los ejemplos anteriores hemos identificado, dentro de la vida económica y social, los procesos intelectuales que, sin ser claramente matemáticos, se inspiran de una manera clara en las matemáticas. Hemos dado a entender que las competencias adquiridas en las matemáticas podrían ser

1. Traducción del original "Conjectures sur l'utilité d'une formation mathématique pour la vie économique et sociale" publicado en *Repères*, No. 18, enero de 1995, pp. 5-34. Traducción realizada por Carolina Ospina, estudiante de Lenguas Modernas de la Universidad de los Andes, y Paola Valero, investigadora de "una empresa docente".

transferidas a otros campos de actividad que a veces se encuentran muy alejados de ellas y donde el profano no discierne su presencia. Este postulado es el objeto de un debate acalorado dentro las ciencias de la educación. Al respecto, en la obra *Emilio, vuelve pronto... ellos se han enloquecido* de Meirieu y Develay (1992) se encuentra un análisis estimulante y detallado. Compartimos la convicción de estos autores de que la transferencia de competencias es posible bajo ciertas condiciones precisas y apremiantes que vamos a analizar². Creemos que el colegio casi no presta atención a este aspecto que nos parece, no obstante, de importancia capital. ¿Debemos asombrarnos, entonces, de que los jóvenes graduados no tengan las competencias que se espera de ellos al momento de actuar ante un problema real?

La posibilidad de transferir las competencias debería ser un objetivo pedagógico de todo aprendizaje. Para que esto sea una realidad, se deben proporcionar los medios. Meirieu y Develay distinguen tres etapas para lograrlo.

Aprender las matemáticas de forma útil

Contextualizar

Todo aprendizaje se inicia en un contexto preciso y reducido al objeto de estudio en cuestión, tanto como sea posible. Por ejemplo, el teorema de Pitágoras se introduce con la ayuda de un triángulo rectángulo ABC, como un único objeto sobre el tablero o la hoja. Después se presenta en situaciones simples, donde datos externos no producen confusión. Luego, se emplea en ejercicios donde el estudiante identifica fácilmente los triángulos rectángulos y cuyos enunciados son muy precisos. En esta primera etapa, el contexto se simplifica al extremo y los ejercicios tienen, por ende, un carácter bastante artificial. Con el fin de crear significado para el estudiante y facilitar su uso, en esta etapa es importante mostrar las nuevas posibilidades que el teorema aporta.

Cuando en décimo grado se introduce la noción de derivada, es importante que en un primer momento se realice un estudio profundo de varios ejemplos que posean sentido intuitivo para los alumnos antes de dar una definición general (incomprensible si se carece de bases anteriores). Algunos ejercicios preliminares esenciales, pero muy delicados, que conviene tratar con lujo de detalles son el de la tendencia de la velocidad media, de una partícula que se mueve sobre una trayectoria dada, hacia la velocidad “instantánea” de la partícula, o el de la tendencia de la posición de la secante hacia

2. Retomamos aquí los argumentos de Meirieu y Develay (1992, pp. 144-167) quienes ilustran esta idea con ejemplos más próximos a las matemáticas. Estas páginas resumen los debates profundos por los que atraviesan las ciencias de la educación.

la posición de la “tangente” de una curva en un punto de ésta. Cada situación debe conectarse con conocimientos anteriores, en particular con el de límite (que sin duda debe refrescarse en este punto)³. En un segundo momento, se debe poner en evidencia lo común de los ejemplos tratados. Sólo en ese entonces, se puede llegar a una definición general de derivada. Tal definición se debe ilustrar posteriormente con numerosos ejemplos simples y significativos.

La adquisición de toda noción nueva es desestabilizadora y puede afectar dolorosamente al estudiante debido al grado de dificultad. Conviene, entonces, asegurarse, insistir sobre la importancia de la duración del proceso de comprensión y crear un clima de confianza. Aquí los factores psicológicos son de extrema importancia.

Aquellos que niegan la importancia de esta contextualización y surgen directamente a los estudiantes en la abstracción, estropean los caminos que llevan a los lugares a donde deseaban conducirlos (Meirieu y Develay, 1992, p. 162).

Al final de esta primera etapa, los alumnos disponen de una herramienta nueva, que han utilizado en un contexto dado, para enfrentarse a los problemas escogidos por el profesor. Desgraciadamente, el aprendizaje se restringe con frecuencia a esta fase y la evaluación de lo adquirido se limita, entonces, a reproducir con ligeras variaciones los ejercicios ya practicados. Sucede algo similar a lo que ocurre en esas escuelas de conducción donde se adiestra a los futuros conductores de vehículos haciéndoles repetir recorridos determinados que posteriormente, con el visto bueno del inspector, se usan en el examen para obtener la licencia de conducción. La tasa de éxito es buena, pero ¿será que están ofreciendo un verdadero servicio a los clientes quienes en un futuro se enfrentarán a los imprevistos de las rutas?

El mapa conceptual de los conocimientos acaba de enriquecerse con una etiqueta nueva. Es necesario que en las etapas a seguir, se haga una conexión con las múltiples etiquetas antiguas del panorama mental de los alumnos. ¡Y esto no ocurre tan fácilmente!

Descontextualizar

Sin tener que arrojar inmediatamente a nuestros aprendices de conducción a las vías más concurridas en las horas de mayor tráfico, conviene que descubran progresivamente los caminos de la libertad.

3. El proceso aquí resumido se traduce en una decisión pedagógica. No es la única posibilidad coherente. Las otras progresiones pedagógicas conllevan obstáculos semejantes.

El teorema de Pitágoras se aplica a innumerables situaciones, y no podría limitarse a los problemas de agrimensura de campos que sirven con frecuencia para introducirlo. Se debe aprender a utilizarlo en un problema donde el paralelismo domina o en el círculo trigonométrico. Este es con frecuencia un eslabón, corto pero indispensable, dentro de una demostración que requiere de otras herramientas. Es tiempo de superar las situaciones concretas del comienzo y acceder a una comprensión suficientemente abstracta que permita su aplicación dentro de contextos nuevos.

El procedimiento es análogo para la noción de derivada: sus usos múltiples en todos los dominios de la actividad humana necesitan un trabajo profundo de asimilación. Es suficiente con que el nombre de la variable cambie o que un parámetro complique la situación, para tener estudiantes incapaces de utilizar sus conocimientos que parecían, no obstante, aprendidos con base en ejemplos “iguales”. Si el físico utiliza sus propias notaciones y razonamientos, entonces los estudiantes ya no establecen ninguna conexión con las matemáticas. Si el problema trata la evolución de un fenómeno biológico, los estudiantes de repente son incapaces de poner en funcionamiento la noble herramienta matemática para describir el fenómeno e interpretarlo. No hay nada de sorprendente en todo esto: la fase de la descontextualización casi no hace parte de las preocupaciones del sistema educativo y, por falta de interés y por lo tanto de tiempo, se reduce prácticamente a nada.

Las transformaciones geométricas ilustran a las mil maravillas nuestro propósito. Allí, más que en cualquier otro lugar, la descontextualización está ausente. Estas transformaciones se usan apenas en el capítulo que les está destinado. Y en la mayoría de los casos los enunciados proponen o imponen las transformaciones pertinentes. Pero si las indicaciones llegan a faltar o el problema se plantea en otro contexto, los estudiantes se vuelven amnésicos. Es suficiente echar una mirada a los ejercicios de geometría del examen de la especialidad científica para convencerse de su carácter hiper-directivo⁴. ¿Qué hay en ellos que revele una formación? Por razones estadísticas, relacionadas con la demanda social, no se busca corroborar la adquisición de competencias fundamentales. ¡Reconocer dentro de una figura estática los elementos que la hacen susceptible de un tratamiento dinámico, por transformación, es una habilidad que no cae del cielo! Se adquiere a través de un trabajo profundo sobre figuras múltiples y significativas, mediante el cual se generan heurísticas que son poco evidentes. Se trata de un ejemplo típico de cambio de registro y de etiqueta cuya importancia en la vida económica ya

4. Esto se puede comprender en el marco de una prueba con límite de tiempo. Pero ¿dónde se evalúan las otras capacidades, mucho más indispensables en la vida social y profesional? Los temas de culminación de los estudios tecnológicos superiores podrían proporcionar pistas útiles para la reflexión.

habíamos resaltado. Ahora bien, los objetos de evaluación revelan la renuncia y la cesión del sistema educativo ante esta forma de competencia tan preciosa en la empresa⁵.

Para ser llevada a cabo, esta etapa demanda tiempo, mucho tiempo. Sin embargo, el objetivo parece más útil, exaltante y promotor de sentido, que la acumulación secuencial de conocimientos divididos y mal relacionados. Se debe escoger entre cantidad y calidad. Y la elección actual no es nada convincente.

Encontramos dentro de esta segunda etapa la famosa distinción de Piaget entre “lograr” y “comprender”. El logro entra en contacto con el producto, es absorbido por la tarea. La comprensión se da al mismo tiempo que el proceso, se desprende progresivamente de dificultades particulares de una tarea dada y acepta sacrificar algo de la eficacia en la acción, para favorecer la identificación de las razones de dicha eficacia.

Es necesario constatar que en casi todos los planos, la escuela se aferra al logro inmediato, a costa de la comprensión en profundidad.

Recontextualizar o conectar

En este estadio, el proceso pedagógico todavía no ha culminado. Bien sea porque el alumno no sabe utilizar las herramientas nuevas o porque no es capaz de identificar las clases de problemas que le permiten tratar, él continúa dependiendo de la situación de adquisición, y sus conocimientos son frágiles y volátiles. Falta *conectar* los nuevos conocimientos con las situaciones en que su aplicación sea pertinente. El trabajo toma, entonces, necesariamente un carácter interdisciplinario y la forma de una investigación individual o en grupo. ¿Qué estadísticas se utilizan en la geografía?, ¿qué fenómenos se ponen en evidencia?, ¿cómo se interpretan los resultados?, ¿cómo pueden los datos estadísticos aclarar los comportamientos sociales? Vemos a los alumnos apasionarse al descubrir la capacidad de la herramienta estadística para revelar los movimientos profundos de la sociedad.

El uso constante de estadísticas y probabilidades en la empresa justifica su importancia en la formación tecnológica superior. ¿Por qué no invitar a estos alumnos a descubrir, en la práctica, las aplicaciones de esas técnicas en actividades tales como el control de calidad de una cadena de ensamblaje? Una conversación con los empleados los convencerá, más que la interacción con el profesor, de la utilidad de este aprendizaje, de sus extensiones necesarias y de la capacidad y confiabilidad de las herramientas puestas en funcionamiento. Verán también las diferencias de formalismo y de sentido de los resultados obtenidos por la empresa. Una encuesta en un ins-

5. Ver la nota anterior. Ver también, en *Repères*, No. 7, el artículo “Algunas ideas de actividades extraídas del contacto entre empresas”.

tituto de sondeos los hará ver las aplicaciones en el campo social y político. Tomarán conciencia de la distancia entre los resultados y su interpretación y de los riesgos de la manipulación de la opinión.

A partir de la noción de derivada, se pueden establecer innumerables conexiones con otras disciplinas. ¿Cómo diablos obtiene el biólogo la ecuación diferencial que determina la concentración de un producto inyectado en la sangre, al cabo del tiempo? Y, el físico, el economista y el sociólogo, ¿cómo razonan sobre las variaciones de un fenómeno, para encontrar, universalmente, las derivadas y las ecuaciones diferenciales? Hay tantas preguntas apasionantes que o una investigación basada en documentos o una conversación con un experto pueden aclarar. Es así como el concepto de derivada se fija definitivamente en la mente. No es sólo una obsesión del profesor de matemáticas. La derivada es indispensable en todo campo científico. Con sus diversos formalismos permite describir invariantes, allí donde todo parece cambiar. Una toma de conciencia tan fuerte puede despertar el interés y por lo tanto la participación de algunos alumnos.

En cuanto a la geometría, no se puede prescindir de ella cuando se trabaja con programas de DAO o de CAO⁶. Concebir productos industriales es crear en el espacio objetos geométricos a menudo bastante complicados y móviles los unos con respecto a los otros. Es conveniente asegurarse de cumplir con las condiciones y garantizar las posibilidades de movimiento relativo de las piezas (sin chocarlas ni romperlas). “Tener una visión espacial” es indispensable, aun si el programa permite ver el objeto desde “todos los ángulos”. Los profesores no siempre saben qué procesos geométricos se necesitan en estas actividades. Y estos son, a menudo, diferentes a los tratados en matemáticas. Un trabajo interdisciplinario permitirá armonizar y persuadir a los alumnos sobre la utilidad de la geometría del espacio, cuyo vínculo con el DAO o CAO no pueden apreciar. La ausencia de conexiones es perjudicial para los dos campos.

Todavía falta hacer evidentes las conexiones entre los procesos intelectuales y las diferentes disciplinas que los alumnos practican durante su etapa escolar. A lo largo de este artículo, hemos señalado las analogías de razonamiento y de tratamiento entre dominios a primera vista bastante disímiles. Mostrar qué tienen en común la actividad geométrica y el resumen de textos, o el análisis de documentos económicos, significa abrir los horizontes y dar sentido y nobleza a cada actividad. Este es sin duda el aspecto más delicado de esta recontextualización, pero no el menos importante. Requiere de parte del profesor una comprensión profunda de lo que hace y de aquello que po-

6. Dibujo Asistido por Ordenador y Concepción Asistida por Ordenador.

nen en juego las otras disciplinas, para resaltar las convergencias y también, claro está, las especificidades.

Una desestabilización dinámica

A través de una incursión en los dos últimos estadios, se comprenden sin dificultad los obstáculos que limitan cada vez más la enseñanza durante la primera etapa. Al comienzo, cuando un deportista aprende un nuevo movimiento, pierde un poco en la eficacia global. Se va volviendo más ágil a medida que domina este movimiento y lo reubica dentro del conjunto de técnicas disponibles. En la educación nacional el alumno se parece a un jugador de tenis que asimila sucesivamente diferentes golpes, sin jugar nunca un partido. Si se le hiciera un examen, éste se limitaría a probar la eficacia de cada movimiento por separado.

Coordinar los procedimientos y razonamientos, escoger buenas herramientas y saberlas modificar son las competencias que demanda el mundo industrial. Y son difíciles de adquirir. Cada etapa desestabiliza a quien aprende. Una vez comprende las formas de razonamiento relacionadas con las transformaciones, se da cuenta de que no las sabe identificar sin nuevas indicaciones dentro de contextos desconocidos. Otro momento delicado ocurre cuando el estudiante descubre la pertinencia de la noción de transformación (y por lo tanto de función) en otros dominios, no necesariamente matemáticos. El alumno experimenta en cada estadio una ruptura en un doble registro: el de sus concepciones y el de su desempeño narcisista. La satisfacción del alumno se desplaza desde el manejo de un contexto dado y de sus técnicas asociadas hacia el dominio de un modelo explicativo (por ejemplo, uno puede descubrir todo lo que las transformaciones permiten hacer en dominios diversos).

Cada experiencia dolorosa de desestabilización precede a un agradable retorno al equilibrio. Dentro de estas transiciones que toman tiempo, el papel del profesor es considerable. Por lo tanto, es más útil en estas fases que él viva por sí mismo esta experiencia, como complemento de su formación. Si se contenta con transmitir sus conocimientos, se le dificultará hacer parte de la compleja experiencia psicológica que, por fuerza, ha impuesto a sus alumnos.

La sinergia con otras disciplinas

Si se quiere que la enseñanza de las matemáticas alcance su objetivo, es necesario reubicarla en sinergia con las otras disciplinas. Dentro de esta perspectiva, conviene resaltar que si las matemáticas tienen innegables cualidades formadoras, no son las únicas. ¡No hace mucho las élites se seleccionaban (y formaban) por medio de las letras clásicas! Hoy en día, Bruno

Lussato (1986), autor de *Caldo de cultura* y profesor del Conservatorio Nacional de Artes y Oficios, adelanta la formación continuada de ejecutivos a partir de escuchar una fuga de Bach o de estudiar un cuadro de pintura contemporánea. “A fuerza de aprender a apreciar a Bach, uno termina por adquirir el gusto por el trabajo bien hecho, las relaciones profesionales armoniosas y la organización [...]”⁷.

Hemos explicado con amplitud lo valioso de las matemáticas para la formación del adolescente. En comparación con las otras disciplinas formadoras, las matemáticas nos parecen importantes por su originalidad. Lo que distingue a las matemáticas (y tal vez a la física) de los otros campos del saber es la extrema precisión del lenguaje y de las herramientas de razonamiento, el contexto depurado y la abstracción de los objetos y los procesos. Estos triunfos pueden convertirse en impedimentos para ciertos adolescentes que tienen, por razones personales, necesidad de un contexto cargado de humanismo para aprender y realizar procesos indispensables de abstracción. Estos alumnos, que tienen dificultades en matemáticas, podrían, sin embargo, hacer de esta disciplina su aliada contra la confusión y la inconsistencia.

Dialogar para salir del aburrimiento y del fracaso

A lo largo de este artículo, hemos precisado el significado de nuestro título. La utilidad de las matemáticas dentro de la vida social y económica radica, tanto en los procesos intelectuales por comprender y dominar las complejidades, como en el contenido de los programas. Se aconseja a los padres que se preocupan desmedidamente por los resultados mediocres de sus hijos en matemáticas, que establezcan un diálogo auténtico con ellos, para comprender sus reticencias y temores y evidenciar sus intereses reales. Los padres podrían, así, definir con ellos un proyecto coherente, donde las matemáticas no jueguen solamente un papel de selección y normalización, sino que tomen el lugar que les corresponde entre la cultura y las preocupaciones de éxito profesional. ¿Se puede soñar?

7. Por el contrario, la mayoría de la música que transmiten las emisoras de FM es de una pobreza aterradora. Cada emisora apunta hacia un blanco particular y no se separa de él. Esto proporciona un estilo propio que constituye la base de la fidelidad del auditorio (pasar música de otra naturaleza significa perder a los oyentes). En la radio, ninguna secuencia hablada puede superar los tres minutos, límite después del cual el auditorio “se desconecta”. (La información anterior proviene de un curso para locutores de emisoras asociadas, organizado por el Instituto Audiovisual Nacional). ¡Imagínese qué sucede cuando le exigimos a este mismo auditorio que mantenga la atención durante clases de 55 minutos! Las implicaciones son obvias.

La práctica pedagógica es política

La clase como una micro-sociedad

Las matemáticas por lo general no se aprenden individualmente. Se enseñan en una clase, una micro-sociedad donde interactúan el profesor y los alumnos, por un lado, y los alumnos entre ellos, por el otro. La manera de organizar estas relaciones es tan importante para la formación de los alumnos, como el contenido mismo de la enseñanza.

Vínculo entre saber y poder en la clase y la sociedad

El colegio reproduce los modelos sociales que lo rodean y puede también influir en la sociedad al favorecer comportamientos que repercutan sobre ella. La gran resistencia que hemos observado en Africa, con respecto a toda enseñanza que no sea magistral, traduce la estructura de autoridad de la sociedad africana: el anciano posee el saber y lo transmite a la generación descendente. De manera que, por el hecho de poseer un saber de otra naturaleza, el profesor juega en clase un papel central y disfruta del prestigio que su estatus le otorga. La enseñanza a través de la resolución de problemas, que evidencia resultados y métodos generalizables y que requiere de una participación considerable de la clase, desestabiliza profundamente a los educadores. Con esto se pone en juego algo muy importante: la formación de élites mediante esta técnica puede, con el tiempo, introducir la noción de competencia entre grupos de diferentes edades y promover una forma de relación social menos piramidal y rígida.

En Francia, el riesgo es de otra naturaleza. La clase magistral se ha reducido a pocos casos, sin duda demasiado pocos. En cambio, la palabra sin referencia ni consistencia tiende a proliferar. El activismo pedagógico, denunciado por Bkouche (1992), sirve de paliativo a la falta de participación de los estudiantes a través de una sucesión de actividades destinadas esencialmente a tranquilizar al profesor sobre su capacidad de interesar una clase. Ante una clase animada, donde los estudiantes opinan y participan, el profesor piensa que “¡está funcionando!”. La motivación es en efecto una forma de logro indispensable, una condición necesaria para el aprendizaje y el progreso. Pero está lejos de ser suficiente. La espontaneidad es con frecuencia sinónimo de error o de aproximación y requiere una elaboración para volverse una verdad científica. La ciencia progresa de error en error. La equivocación es lo primero, lo natural, lo habitual, y el proceso científico traduce el esfuerzo de la mente por desalojar y eliminar tal error, después de haber sacado beneficios de él.

No se puede juzgar el éxito de la enseñanza de las matemáticas según la animación de una clase, incluso si representa en sí misma un espectáculo be-

llo para el educador. Se deben discriminar las ideas emitidas, separar aquellas que son fecundas de las inútiles, comprender en qué consiste esta fecundidad, analizar los procesos, verificar la exactitud de los resultados anunciados y su permanencia; en otras palabras, se debe pasar de un debate “de cafetería” a un debate científico tal como lo define y practica Marc Le-grand (1992)⁸. El colegio tiene por responsabilidad primera asegurar esta transición larga y difícil, que es de gran importancia para la sociedad.

El debate científico: la aceptación de reglas

La práctica del debate científico es una alternativa que sobrepasa ampliamente el ámbito pedagógico: es un proceso político, en el sentido etimológico. Es exigente y costosa en tiempo. Suscita resistencias de parte de estudiantes que temen retardarse en el programa, en comparación con aquellos que siguen la enseñanza tradicional. Esta práctica sustituye la adquisición de un conocimiento extensivo y superficial por la comprensión en profundidad de las nociones fundamentales (se toma el tiempo de analizar todos sus aspectos y sus múltiples consecuencias). La práctica del debate científico trata de asegurar que el manejo de los conceptos claves haga ganar tiempo, después, durante su aplicación. Su generalización en clase presupone importantes ajustes a los programas y una modificación de la evaluación de los conocimientos. Es probable que los ejecutivos formados de esta manera sean más aptos para afrontar los problemas hipercomplejos de la sociedad actual.

La democracia se encuentra amenazada por la ausencia de adhesión de grupos cada vez más grandes, a las instituciones y valores fundamentales. Este traspíe acompaña, dentro de la institución escolar, una pérdida de interés de importantes grupos de alumnos hacia los procesos racionales. A todo esto se le añade un rechazo total a toda regla del ámbito lingüístico: la ortografía y la gramática se ignoran y la reducción del vocabulario a unas cuantas palabras dificulta el diálogo. Los dos fenómenos están indiscutiblemente ligados y se sustentan el uno al otro. Los dos traducen la pérdida de referencias exteriores al individuo o grupo. No les queda más que el repliegue frío o agresivo sobre ellos mismos y una marginalidad creciente con respecto a una sociedad que les es cada día más y más extraña, por no compartir el mismo lenguaje, valores y representaciones mentales.

8. Este es un artículo de un interés considerable: es el fruto de una reflexión ya madurada y de una experiencia conducida con la ayuda de los estudiantes. Bosqueja una manera de enseñar las matemáticas que es realmente formadora para la mente.

El debate científico como base de la democracia

El debate científico es una escuela de democracia. Como ésta, el debate reconoce a cada uno el derecho y la posibilidad de expresarse y participar en la solución de problemas. La democracia reposa sobre una edificación intelectual construida de valores y de instituciones reconocidas por la colectividad, destinada a arbitrar los conflictos y a promover el progreso de la mayoría. Los valores y las instituciones democráticas, nacidas de la efervescencia revolucionaria, superan aquello que los ha inspirado y se imponen sobre todos. Son el equivalente social del edificio científico, que surgió del esfuerzo de comprensión de los hombres y que, reconocido por todo ser racional, le permite participar en la aventura científica, si así lo desea. No sobra recordar que la democracia emergió en un momento en que la ciencia conocía una extraordinaria expansión por su imposición de la idea de verdad objetiva, que el erudito se proponía modestamente descubrir⁹. El Siglo de las Luces engendró al mismo tiempo la ciencia constituida y el sueño democrático. Como la ciencia, la democracia no es ni inamovible ni completa: ha padecido crisis y requiere actualización periódicamente.

El carácter técnico de los problemas económicos y sociales actuales conlleva una derivación del debate democrático, acaparado por los técnicos y los expertos. Esta tendencia se presenta ya en el debate científico dentro de la clase, donde los buenos estudiantes reducen a los otros al silencio, por su rapidez y su dominio del lenguaje. A veces, el profesor quita todo sentido al debate al realizar intervenciones intempestivas, ya que no está muy dispuesto a dejar “morir” la clase. Sin embargo, el debate es un paso obligado en la solución de un problema algo complejo. El colegio se rehusa a dar tiempo a la exploración. Su modelo inconsciente es el buen estudiante de “Matemática Superior” quien frente a un ejercicio, identifica inmediatamente su naturaleza y aplica soluciones adecuadas, ya puestas en acción en numerosos ejercicios análogos. Los alumnos no se equivocan al resolver estos problemas: a toda pregunta formulada, procuran una respuesta inmediata. Aun al final de la secundaria, la idea de que esta respuesta pueda ser un proceso de cierta complejidad es inconcebible para muchos. ¿Son ellos los únicos responsables? Allí se encuentra la desviación de la democracia.

El director de una escuela politécnica declaró recientemente en *Cultura de Francia*, que una parte importante del tiempo de formación consistía en

9. La ciencia clásica había separado sin duda al observador de los fenómenos observados. Esta era su manera de protegerse de la subjetividad, de las creencias y de los mitos que obstruían los procesos científicos. Esta actitud fue bastante útil en ese estadio del conocimiento. Pero en el curso del siglo 20, se han realizado revisiones desgarradoras: el observador (y sus instrumentos) “perturba” los fenómenos que observa. Ya no se trata de ser neutro, objetivo, ajeno, como se soñaba en el siglo 18 (D’Espagnat, 1980, p. 19).

“inculcar la duda” a los alumnos de esta prestigiosa escuela. Además, explicó que debido a su formación y disposiciones naturales, estos brillantes sujetos apuntan derecho a la solución, privilegiando los parámetros cuantitativos y dejando en el olvido los parámetros sociales con los que no están familiarizados¹⁰. Se podría sin dificultad generalizar estas afirmaciones al conjunto de la élite francesa. Ahora bien, las opciones fundadas sobre una racionalidad cuantitativa que ignora los parámetros humanos, difícilmente cuantificables, conduce a veces a situaciones incomprensibles que se pagan, con el tiempo, a un muy alto precio. El caso de los suburbios edificadas a la ligera, al menor costo y en contra del sentido común, por los brillantes tecnócratas hace treinta años, es un bello ejemplo de esto. Las advertencias de ciertos sociólogos no pesaron lo suficiente por encima de opciones tan “naturales y evidentes”. Hoy en día se ve el resultado, que es sin duda sólo el comienzo.

A la “persona brillante” se le dificulta escuchar el discurso un poco torpe de la “base”, conjunto de la población que sufrirá los efectos de sus decisiones. Dicha persona se expone a las protestas de aquellos que creen padecer sus disposiciones, sin haber sido consultados. Los expertos no deben renunciar a su racionalidad, sino incluir en ella los parámetros humanos y sociales, tan difíciles de delimitar y cada vez más necesarios para alcanzar la eficacia. Es necesario que aprendan a escuchar verdaderamente, a consultar, a tomar en cuenta las preguntas, inclusive las torpes de los “usuarios”. En pocas palabras, es tiempo de pasar de la tecnocracia —que el colegio favorece, sin duda de manera inconsciente, por el tratamiento que da a su élite— a la democracia, que la práctica del debate científico podría estimular¹¹. Sin esto la sociedad conocerá cada vez más a menudo explosiones y bloqueos.

¿Socio o usuario?

Frente a esta gran ambición se encuentra la espera, modesta y mínima, de los “usuarios de la educación”. Para muchos alumnos el colegio no es más que un lugar de paso obligado en la vida profesional. Se comportan como clientes de un servicio gratuito. Hacen lo necesario (apenas lo indispensable) para lograr una escolaridad sin muchos obstáculos. Las materias

10. Más asombrosas y problemáticas resultan las reflexiones de Jean-Pierre Bourguignon en la emisora *Arc-en-ciel* de Estrasburgo, dentro del ámbito del congreso de l'APMEP en 1992. “En la Escuela Politécnica, matemáticos y físicos proponen métodos de enseñanza que se relacionan sistemáticamente entre sí: por el momento, encontramos una incomprensión casi total de los alumnos. La idea misma de que las nociones profundas de las matemáticas sean eficaces en física les es totalmente ajena”. Uno cree estar soñando al escuchar esto.

11. Estas reflexiones nos llevan de nuevo a la obra de Edgar Morin (1990) y la noción de “mente compleja” que plantea desde hace muchos años. Se puede consultar su *Introducción al pensamiento complejo*, de la colección *Comunicación y complejidad*. París: ESF, 1990.

importantes atrapan su atención (no necesariamente su interés¹²), las demás son simple y llanamente desatendidas. Más grave aun, los contenidos enseñados apenas los emocionan y únicamente la importancia de la calificación les genera la motivación mínima indispensable. Es paradójico ver cómo hoy en día la enseñanza de la literatura ocupa un lugar muy limitado dentro de la actual estrategia de dita. Esto riñe con el hecho de que esta enseñanza sea la única que puede abrir la ventana esencial de la condición humana, trágica y sublime, que las ciencias han cambiado tan profundamente. Como la sociedad ha devaluado desde hace algunos decenios ciertas disciplinas, consideradas (de forma errada, por supuesto) como poco útiles profesionalmente¹³, numerosos adolescentes carecen de un encuentro importante con los textos que hablan de sus interrogantes, angustias y esperanzas, inclusive si éstas no han sido aún parte de su experiencia. Tales textos podrían, al dar unidad y sentido a su formación, crear la curiosidad vital, el placer de aprender sin el cual los estudios se convierten en una carga y producen al cabo de largos años, graduados amorfos e incultos, que las empresas no tienen más remedio que aceptar.

Las matemáticas, una aventura de la mente

Las matemáticas constituyen un edificio intelectual complejo, sutil, edificado en el transcurso de los siglos sobre un cierto número de principios y de reglas lógicas. No son inmutables (han sido sacudidas por crisis profundas). Su solidez se ha puesto en tela de juicio en repetidas ocasiones. Pero tal y como son, las matemáticas, con su capacidad de evolución, se imponen en toda mente dotada de razón.

El edificio matemático es la referencia permanente y ulterior de un debate científico, tal y como lo deseamos también dentro del salón de clase. El debate científico supone que cada uno escuche a los otros: una idea valiosa puede ocultarse en la explicación balbuceante de un alumno que hace, sobre una figura, una apreciación original. Obliga a no dar por valioso el discurso del buen estudiante o del profesor, ni a inclinarse ante la convicción contagiosa de aquel que confunde verdad y fuerza de persuasión. Llama a todos a estar atentos: algunas veces es difícil identificar el error y algunas “evidencias” pueden ser falsas. Algunas veces es complicado seguirle la pista a un

12. Ver el artículo “Relación entre el colegio y el saber y la enseñanza de las matemáticas” en Repères, No0. 10.

13. Numerosos alumnos se imaginan que un técnico o un ingeniero puede contentarse, dentro de la actividad profesional, con sus conocimientos técnicos y científicos. Son escépticos cuando se les dice que una parte creciente de la actividad de un ámbito científico se sitúa dentro del dominio del lenguaje y de la comunicación: animación de reuniones, informes sobre actividades, textos de investigación, contacto con los clientes. Despertar a esta realidad puede ser doloroso.

error dentro de la demostración de un resultado evidentemente falso. La misma noción de verdad y de error científicos ameritan ir despacio ya que ellos dependen, en buena medida, de las elecciones iniciales que se hayan hecho y del contexto al que se refieran. A este respecto, el ejemplo del postulado de Euclides resulta ilustrativo. Negarlo conduce a geometrías diferentes, pero coherentes y muy útiles en física. Es muy importante señalar tales bifurcaciones dentro de la construcción matemática. Bastantes estudiantes quedan estupefactos al descubrir matemáticas nacidas de debates seculares, allí donde se imaginaban una ciencia sin realce y consumada. Con los estudiantes no hay necesidad de entrar en técnicas matemáticas que sean muy elevadas para ellos. Basta con evocar y describir las bifurcaciones para elevar el interés y hacer emerger preguntas como: ¿es entonces posible reflexionar ante ellos y con ellos acerca de la noción de *teoría científica* y de *verdad científica*, siempre provisional y asociada con una forma de apreciación de lo real?

El universo se escribe en lenguaje “geométrico”

Hacer matemáticas es, antes que todo, tomar conciencia de una gran aventura de la mente humana que nace de la necesidad económica y se extiende hasta la inutilidad. Hay numerosos alumnos que no tienen ninguna idea del desarrollo histórico de las matemáticas. Tienen vagamente, y sin motivo, la impresión de que las matemáticas han sido estables a través del tiempo (ellas siempre han tenido más o menos su forma actual) y de que ya están en parte terminadas (ellos ignoran la existencia misma de una investigación matemática). Los estudiantes se sorprenden profundamente al descubrir lo difícil que fue conquistar las nociones (como aquella de límite) y los debates que han acompañado el proceso. Y sobre todo, les es totalmente extraña la dialéctica de lo útil y lo fortuito en matemáticas. Si bien nociones importantes de las matemáticas han esperado largo tiempo para tener una aplicación “práctica”, otras, por el contrario, surgieron como objeto de interrogantes que los físicos tenían por resolver y luego tomaron autonomía. Por nuestro silencio, somos los responsables de toda esta ignorancia. Ya es tiempo de que la historia de las matemáticas se introduzca en los programas de un modo diferente al de las simples alusiones. Su ausencia priva a nuestros alumnos de una comprensión global, y sobre todo, de un motor poderoso para su difícil aprendizaje: la admiración que suscita la aventura científica de la humanidad.

Recordamos la exclamación de Galileo: “La naturaleza se escribe en lenguaje geométrico”. El también se hizo consciente, con admiración, de la adecuación de las matemáticas para describir el universo. Einstein lo confirmó: “Es maravilloso que el conocimiento sea posible.” ¿Es razonable expli-

car a nuestros alumnos que las matemáticas, por las cuales ellos penan, son el lenguaje del universo y que gracias a ellas, ellos también pueden comprender el mundo que los rodea? Ciertamente se puede vivir sin comprender, pero se vive realmente mejor al entender.

Sol claro, sol oscuro

En el texto “El pueblo instruido”¹⁴, Michel Serres se interroga, como nosotros, sobre la validez de expresiones como “investigación” (del latín *circum*, alrededor), “enciclopedia” (del griego *kùklos*, círculo) o “ciclos de enseñanza”.

Se cree que una ciencia o que una enseñanza es un círculo con un centro. Pues bien, yo no lo creo. No creo que el mundo sea circular, con el sol en el centro. Yo sé desde el siglo dieciséis que las órbitas son elípticas y tienen dos centros, uno claro, el sol, y el otro oscuro, lo cual no muestra nada de su realidad. Creo profundamente que se deben enseñar dos cosas: las ciencias exactas y el dolor humano. Las ciencias constituyen el centro claro del rigor y la rectitud de la razón; son las herramientas de inteligibilidad y de acción sobre el mundo. El dolor humano, centro oscuro, es la experiencia de la injusticia, de la violencia, del hambre, del sufrimiento y de la muerte. El sol claro hace de nosotros seres infinitos, ya que nunca terminamos de aprender; la historia de la razón permanece abierta. El sol oscuro habla de nuestra limitación. Sin las “humanidades”, las culturas, los mitos, las artes, el derecho, la medicina y sus remedios, la razón clara simplemente no puede aprenderse.

Esto nos invita a considerar en conjunto —y no separados el uno del otro— dos polos: la inteligencia que clarifica y la confusa y dolorosa experiencia humana.

Sin iniciación estética y poética, es difícil que un alumno sea sensible a la austera belleza de las matemáticas. La ausencia de interlocutor apropiado para compartir lo patético de la condición humana (que se puede experimentar en la juventud), lo encierra dentro de una soledad desesperante, donde las matemáticas pueden brillar sin recalentar. La ausencia de horizontes no favorece la dedicación necesaria a los estudios.

El colegio busca formar seres humanos capaces de aprehender el mundo dentro de su desconcertante complejidad. Allí no hace falta más que conocimientos claros y mudos sobre aspectos esenciales de la experiencia humana.

14. Texto de una conferencia dictada por Michel Serres en el curso de un desayuno-debate organizado por el periódico *Reforma*.

Hacer matemáticas de esta manera no alejará a los estudiantes de un uso inmediato, o de recaídas directas o indirectas. Pero esta preciosa inutilidad de las matemáticas los introducirá en el proceso que origina toda la nobleza de la humanidad: la búsqueda de la **racionalidad**.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bkouche, R. (1992). La enseñanza científica entre la ilusión lingüística y el activismo pedagógico. *Repères*, (9).
- D' Espagnat, B. (1980). *En búsqueda de lo real*. París: GauthierVillars.
- Legrand, M. (1992). El debate científico en cursos de matemáticas y la especificidad del cálculo. *Repères*, (10).
- Lussato, B. (1986). *Caldo de cultura*. París: Robert Laffont, pp. 255-259.
- Meirieu, P. y Develay, M. (1992). *Emilio vuelve pronto... ellos se han enloquecido*. París: ESF.
- Morin, E.(1990). *Comunicación y complejidad*. París: ESF.

Gérard Kuntz
Université Louis Pasteur
IREM 10, Rue du Général Zimmer
67084 Strasbourg cedex
Tel.: (00 33 1) 88416307
Fax: (00 33 1) 88416449
Strasbourg, France
E-mail: Irem@math.u-strasbg.fr