



21 MEDIDAS PARA LA ENSEÑANZA DE LAS MATEMÁTICAS

21 MEDIDAS PARA LA ENSEÑANZA DE LAS MATEMÁTICAS

Las matemáticas, si se las aprecia correctamente, no solo son exactas, sino también extremadamente bellas.

Bertrand Russell

Informe presentado el 12 de febrero de 2018
por Cédric Villani, diputado de Essonne,
y Charles Torossian, inspector general
de la educación nacional

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN: LA COMISIÓN Y SU CONTEXTO	6
EL OBJETIVO POR EL QUE HEMOS TRABAJADO: LA CONFIANZA	13
1.1.El profesor en un sistema positivo	13
1.1.1. La situación	13
1.1.2. Lo que debe implementarse	14
1.2. Hacia un alumno más tranquilo	14
1.2.1. Un alumno que sufre	15
1.2.2. Otra mirada sobre el error	15
1.2.3. La importancia de disfrutar	16
1.3. Prioridad en el nivel primario	17
1.4. El sistema	17
2. ¿QUÉ SE DEBE INCORPORAR DE LAS PRÁCTICAS MÁS CONCLUYENTES, SOBRE TODO INTERNACIONALMENTE?	18
2.1. El caso de Singapur	18
2.1.1. “Escuelas que piensan, nación que aprende”	18
2.1.2. Un método basado en una pedagogía eficaz, la búsqueda y la formación	19
2.2. Pedagogías alternativas - dejar un lugar para la intuición del niño	20
3. REEQUILIBRAR Y ESCLARECER LA ENSEÑANZA DE LAS MATEMÁTICAS	22
3.1.El curso	23
3.1.1. El curso (la parte escrita)	24
3.1.2. La prueba	25
3.2.El cálculo y los automatismos	26
3.2.1. Cálculo: un lugar central — un cálculo inteligente	26
3.2.2. Etapas de aprendizaje; indicadores de los logros de los alumnos	28
3.2.3. Automatismos	29
3.3. Matemáticas para todos	30
3.3.1. Las matemáticas para el ciudadano	31
3.3.2. El recorrido profesional	32
3.3.3. Matemáticas “para expertos” para la preparación de la formación superior	33
3.4. Repensar las ramas de las matemáticas en los programas	34
3.5. Renovar el diálogo entre las materias	36
3.6. Libertad pedagógica e implementación de escuelas piloto	40
4. LA FORMACIÓN Y EL DESARROLLO PROFESIONAL DE LOS DOCENTES, LOS ESTABLECIMIENTOS DE APRENDIZAJE	42
4.1. Una constatación alarmante	42

4.2. La formación en el primer grado	43
4.2.1. La necesidad de una licenciatura adaptada o de un currículo pluridisciplinario	43
4.2.2. La necesidad de una formación continua con una mayor orientación a las matemáticas dentro de los distritos de aprendizaje	44
4.2.3. Adaptación y planes piloto: una guía pedagógica para las matemáticas en cada distrito	45
4.3. El segundo grado: una formación continua descentralizada y colaborativa, en torno al laboratorio de matemáticas.....	46
4.3.1. Desarrollo profesional en equipo	46
4.3.2. Creación de laboratorios de matemáticas	47
4.3.3. Para que esto funcione	48
4.3.4. El particular papel de los IREM	49
4.3.5. La dimensión internacional	49
4.4. Los aportes de la investigación.....	50
5. HERRAMIENTAS EFICACES PARA LOS DOCENTES	53
5.1. El libro de texto	53
5.1.1. Su uso y utilidad	53
5.1.2. Un poco de luz sobre su selección	55
5.2. Recursos materiales	55
5.3. Entornos digitales	56
5.3.1. Aprendizaje inteligente	57
5.3.2. Personalización, diferenciación, discapacidad	57
5.3.3. Producción y suministro de recursos	58
6. MATEMÁTICAS Y SOCIEDAD	59
6.1. Padres.....	59
6.2. Actividad extracurricular	60
6.2.1. Su importancia y su razón de ser	60
6.2.2. Escolar y extracurricular: una estrecha colaboración, condiciones para el éxito	61
6.2.3. Los clubes de matemáticas, por placer y con esfuerzo	61
6.2.4. El director de escuela en el constante funcionamiento de la actividad extracurricular	63
6.2.5. Aspectos prácticos: financiamiento, certificación, evaluación	64
6.3. Nueva economía.....	65
6.3.1. Desafíos económicos	65
6.3.2. Recursos de acceso libre, abiertos y protegidos	65
6.3.3. Licitaciones de proyectos y convocatorias	66
6.3.4. Desafíos pedagógicos	66
6.4. Matemáticas y desigualdades.....	67
7. CONCLUSIÓN: IMPLEMENTAR ESTAS POLÍTICAS	70
7.1. Una tarea y dos instrumentos	70
7.2. Continuidad y cadena de dirección	70
7.3. Articular tres niveles estratégicos	71
7.4. Una red de delegados académicos	72
7.5. Evaluación del procedimiento	73

ANEXO 1. MIEMBROS DE LA COMISIÓN	75
ANEXO 2. AUDIENCIAS	78
ANEXO 3. MESAS REDONDAS	81
ANEXO 4. HORARIOS DEL SECUNDARIO (4º)	84
ANEXO 5. UN EJEMPLO ANGLOSAJÓN DE DIVISIÓN	85
ANEXO 6. BIBLIOGRAFÍA.....	86
ANEXO 7. DECLARACIÓN DE OBJETIVOS	89

INTRODUCCIÓN: LA COMISIÓN Y SU CONTEXTO

Resultados catastróficos

Desde hace una docena de años que los resultados de nuestros alumnos en matemáticas no dejan de decaer, incluso entre los mejores de ellos. Eso indica el informe internacional PISA (Programa Internacional para la Evaluación de Estudiantes) aun midiendo, sobre todo, conocimientos o competencias básicos. Cabe preguntarse qué puntaje obtendrían nuestros alumnos si se pensara en comparar sus rendimientos sobre cuestiones más puntuales, con el de los alumnos de países con mejores resultados (Sudeste de Asia, Polonia, Rumania, Hungría, etc.). El estudio Timss 2015 (*Trends in International Mathematics and Science Study*) no es más alentador; sencillamente ubica a Francia en el último puesto entre los 19 países participantes.

Es suficiente para preocupar al mundo político y representarle una urgencia: remediar una situación social y económicamente calamitosa que, si no es corregida, complicará nuestro futuro.

Los estudios locales también confirman esta inquietante constatación. De tal modo, la encuesta Cedre¹ de la dirección de evaluación, prospectiva y performance (DEPP) revela que los logros obtenidos al final de la primaria son muy frágiles. La encuesta anuncia que el 42,4% de los alumnos tiene un dominio débil de las matemáticas, e incluso grandes dificultades. Multiplicar 35,2 por 100 representa así, un obstáculo mayor para la mitad de los alumnos que están terminando la primaria. Esta debilidad en las matemáticas perdura, ya que la encuesta JDC² (2014) indica que uno de cada diez jóvenes franceses tiene dificultades en el uso de las matemáticas de la vida cotidiana. En otras palabras, 10% de los jóvenes franceses padece una discapacidad en la realización de actividades cotidianas no bien los números intervienen, lo que entorpece la realización de sus proyectos personales (creación de empresas, etc.).

Los resultados nacionales e internacionales sucesivos evidencian una porción creciente de los alumnos ubicados en los niveles más bajos de las escalas de rendimiento. A eso se agrega la incapacidad de nuestro sistema para reducir las desigualdades resultantes sobre el conjunto de la población escolar (independientemente de las determinaciones sociales). Esta incapacidad también se debe a la falla en la identificación y responsabilización de las dificultades que atraviesan los alumnos, como a una propensión a explicar estos problemas a través de factores externos.

Profesores que sufren

También constatamos un gran sufrimiento en el cuerpo docente, relacionado con esta decadencia, e igualmente preocupante, causado por el deterioro de la imagen del docente en la sociedad. La pesadez de las tareas administrativas, la impresión de no ser reconocido,

1 <http://www.education.gouv.fr/cid53629/cedre-2014-mathematiques-en-fin-d-ecole-primaire-les-eleves-qui-arrivent-au-college-ont-des-niveaux-tres-heterogenes.html>

2 <http://www.education.gouv.fr/cid58761/journee-defense-et-citoyennete-2014-un-jeune-sur-dix-handicape-par-ses-difficultes-en-lecture.html>

tampoco salarialmente,³ contribuyen a este malestar. Un tercio de los profesores declara que no le gusta enseñar matemáticas. Los problemas de la gestión de la clase⁴ que absorben el tiempo efectivo generan un exceso de ansiedad profesional y renunciaciones en alza.

La desproporción entre los medios invertidos y los resultados

Otra señal de disfunción es la gran desproporción entre los medios financieros empleados, que permanecen sin embargo dentro de la media de la OCDE,^{5,6} y los resultados obtenidos. Cuando el rendimiento de un dispositivo es bajo, se trata de mejorarlo, lo cual exige la identificación de las disfunciones. La situación observada posee una dimensión sistémica que debe ser totalmente considerada, y es consecuentemente toda la cadena educativa la que debe ser auscultada.

La presión social y la democracia

En fin, la imagen actual de las matemáticas es preocupante. En efecto, la materia ocupa un lugar a parte en las currículas escolares: se ha vuelto una de las claves para acceder a las carreras y a las escuelas más atractivas. Es decir que, para numerosas formaciones, su peso simbólico supera ampliamente a su peso real. Además, el impacto de las matemáticas en el mundo económico digital actual acrecienta tal presión. Esta dominación se ejerce incluso en la mente de cada uno. Se ha expandido mucho el desarrollo de un sentimiento de autodeprecia-
ción, tanto entre los alumnos como entre los adultos, por no ser parte del trío de alumnos que oscilan entre los 18 y los 20 puntos; incluso alumnos con un nivel completamente satisfactorio llegan a considerarse “un cero en matemáticas”, y a menudo los demás se los dicen. Ya desde los 7 años, algunos alumnos se declaran “un cero en matemáticas”.

Ante una situación semejante, no podemos más que preguntarnos: ¿Cómo se instaaura esta cadena que desemboca en una pérdida durable de la autoestima? ¿Cómo una materia reconocida por su utilidad y sus virtudes formadoras por un razonamiento riguroso puede ser considerada descartadora? El lugar y el papel de las matemáticas merecen ser precisados y devueltos a su justa proporción.

Pero, al mismo tiempo, las matemáticas deben ser revalorizadas, en términos simples. El papel de las familias en el seguimiento de los alumnos debe ser reforzado y, de tal modo, autorizado e instituido al más alto nivel; ahí también, en términos ordinarios. Se debe motivar a los padres a encontrarse con los profesores y a cuestionar los resultados de sus hijos, al mismo tiempo que debe motivarse a los profesores y al entorno para que valoren a todos los alumnos.

3 http://eacea.ec.europa.eu/education/eurydice/documents/facts_and_figures/salaries.pdf

4 Cnesco: Según la encuesta Talis (2013), los docentes de la educación prioritaria estiman que dedican, en el secundario, un 21% del tiempo de clase a la instauración y mantenimiento de un clima de clase favorable (contra 16% fuera de la educación prioritaria y 12% en el sector privado).

5 http://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oecd/education/regards-sur-l-education-2016_eag-2016-fr#page220

6 150 billones de euros para la educación, es decir, 7% del PBI, 50 billones de presupuesto para la educación nacional, de los que tan solo la mitad representa los gastos del equipo docente. Puede considerarse que casi el 1/7e del tiempo el alumno está en relación directa con las matemáticas y mucho más, si se considera el tiempo de exposición indirecta.

Una prioridad nacional

Ante semejante realidad, que pone en riesgo incluso las bases de la vida social, ya es hora de reaccionar tomando medidas enérgicas que estén a la altura de las circunstancias, y que a su vez vayan acompañadas de los medios adecuados.⁷ Es por eso que el programa propone incorporar la enseñanza de las matemáticas entre las prioridades nacionales.

Declaración de objetivos y constitución del equipo

Recientemente, la sociedad tomó conocimiento de todas estas cuestiones, sobre todo mediante un debate sobre la eficiencia de los métodos pedagógicos para las matemáticas. Es ante tal escenario, que el ministro Jean-Michel Blanquer decidió confiarle a Cedric Villani, diputado de Essonne, y a Charles Torossian, inspector general de la educación nacional, un proyecto vinculado a la enseñanza de las matemáticas. La declaración de objetivos, que encontrarán en el anexo, fue recibida el 23 de octubre de 2017, y solicita: identificar palancas, analizar las dificultades, identificar los puntos de bloqueo, formular proposiciones concretas y operativas. Este abarca cuatro ejes: determinar las prácticas más concluyentes, inspirándose puntualmente en los estudios internacionales y analizando el papel de la digitalización educativa, repensar el lugar del cálculo en todos los niveles escolares ligados a los aportes de las neurociencias, formular recomendaciones sobre las etapas anuales de aprendizaje, formular propuestas para una mejor articulación entre las actividades extracurriculares y escolares.

Tras reunirse con Jean-Marc Huart, director general de la enseñanza escolar⁸, e Yves Cristofari, jefe del servicio de la instrucción pública y de la acción pedagógica, se convino en formar un equipo de unas veinte personas con dos referentes, Cedric Villani y Charles Torossian.⁹ La formación del equipo emana de la siguiente lógica: aglomerar las competencias, abrir el debate interno a los puntos de vista complementarios, permitir aprehender el conjunto de las problemáticas pedagógicas, didácticas, organizacionales, científicas y culturales, diversificando los perfiles (ejecutivos operativos, científicos, universitarios, docentes, filósofos, representantes de asociaciones, profesionales de la educación). Trabajar sobre la base de la confianza y la pluralidad intelectual fue la clave que marcó el rumbo de nuestra organización. Encontrarán en el anexo la lista de los miembros permanentes del programa, así como un abreviado curriculum vitae.

En un primer tiempo, el programa organizó dieciséis audiciones¹⁰ para las instituciones y asociaciones a partir del 22 de noviembre de 2017; se recogieron 250 hojas de planes de estudio. Más tarde, el programa organizó quince mesas dinámicas¹¹ con invitaciones personales, acompañadas de minutas. La mayoría de estos encuentros tuvieron lugar en el liceo Buffon,

7 El Reino Unido, consciente del renovado desafío de la calidad de la enseñanza de las matemáticas, invirtió en ella 45 millones de euros; esto indica sobradamente que el tema despierta el interés internacionalmente.

8 DGESCO.

9 El programa le agradece a la DGESCO por su apoyo logístico, que facilitó el avance de sus trabajos en un plazo tan acotado, y la disponibilidad de Bertrand Cavayé, adjunto del jefe del departamento de los contenidos de la enseñanza y los recursos pedagógicos, como secretario general.

10 Ver anexo 2.

11 Ver anexo 3.

en la sala Arthus, en París. Queremos agradecer al director Michel Pantebre por poner a disposición la sala del consejo. El programa se transportó a cuatro localidades (Lille, Orleans, París, Les Ulis) y recibió en mission.maths@education.gouv.fr y en las direcciones de los referentes, cerca de 1.000 mensajes y contribuciones, los cuales fueron leídos y tratados.

La progresión del informe

Hemos decidido presentar nuestras propuestas (21 medidas principales y 32 recomendaciones complementarias) organizándolas en torno a siete grandes capítulos. Ante todo, nos pareció indispensable describir el fin por el que hemos trabajado, el objetivo que perseguimos (§1). Luego, presentamos las experiencias en las que nos fundamos. Entre las prácticas existentes, hemos analizado las que nos parecían capaces de revelarnos el camino hacia el éxito (§2). A partir de ahí, comenzamos a desarrollar las conclusiones a las que podíamos llegar. El corazón del informe se encuentra en el §3, donde se trata el curso, el cálculo, la interdisciplinariedad. Pero, las medidas preconizadas solo se harán efectivas si van acompañadas de una profunda revisión de la formación de los docentes (§4). Para hacer bien su trabajo, estos deben disponer también de herramientas pedagógicas adaptadas, como el permanecer en contacto con la investigación (§5). Evocamos la importante cuestión de la apertura de la escuela y el impacto de las matemáticas sobre las diferentes desigualdades sociales (§6). Para concluir (§7), nos preocupamos por indicar las medidas sistémicas necesarias para hacer una realidad de cuanto precede. De hecho, queda claro que toda la cadena educativa está interesada en mejorar la enseñanza de las matemáticas, y que si no se garantiza ningún seguimiento, todo lo que sigue no es más que letra muerta.

21 medidas principales para la enseñanza de las matemáticas

PRIORIDAD EN EL PRIMER GRADO

1 **Formación inicial**

Construir, a partir de 2018, la formación inicial de los profesores de las escuelas al iniciar el Bac+1, de modo que se asegure, en una licenciatura adaptada o un currículo pluridisciplinario, un volumen suficiente de enseñanza, dedicado a las materias fundamentales.

2 **CP-CE1 en Rep+**

Incluir, a partir de septiembre de 2018, a las matemáticas dentro de la prioridad nacional decretada en Rep+ para el preescolar y la escuela primaria; extender la medida al conjunto de las Rep en 2020.

3 **Experimentación a gran escala**

Lanzar, a partir de septiembre de 2018, en el ciclo 2, actividades de experimentación para proceder a una evaluación científica de métodos explícitos, y de la eficacia de su implementación.

4 **Equipo**

Proponer a todas las escuelas un equipo de base, acompañado de tutoriales, que favorezca el dominio de objetos reales o virtuales.

MATEMÁTICAS: EFICACIA, DIVERSIÓN Y AMBICIÓN PARA TODOS

5 **Las etapas de aprendizaje**

Implementar, desde la más temprana edad, un aprendizaje de las matemáticas basado en

- la manipulación y la experimentación;
- la verbalización;
- la abstracción.

6 **El curso**

Redefinir las sesiones de enseñanza de las matemáticas: devolverle su lugar

- al curso estructurado y su parte escrita;
- a la noción de prueba;
- a los aprendizajes explícitos.

7 **Actividad extracurricular y clubes**

Fomentar el apadrinamiento institucional con las actividades extracurriculares y contribuir al desarrollo del sector. Pasar revista a todos los clubes vinculados a las matemáticas y perpetuarlos (clubes de modelado, de informática, de juegos inteligentes, etc.). Remunerar a quienes intervengan en ellos y adaptar el empleo del tiempo de los docentes.

8 **Aportes de las demás materias**

Desarrollar y reforzar el intercambio entre las demás materias y las matemáticas; precisar los vínculos entre la lengua francesa y las matemáticas desde la más temprana edad.

9 Reconciliación

Proponer a los alumnos del liceo un módulo anual de “reconciliación” con las matemáticas, sobre temáticas y procesos nuevos.

10 Proyectos

Garantizar, en los proyectos disciplinarios o interdisciplinarios (EPI, TPE, PPCP, *Grand oral*, etc.), un lugar importante a las matemáticas y la informática.

NÚMEROS Y CÁLCULOS

11 Sentido de los números y de las operaciones

Cultivar el sentido de las cuatro operaciones desde el preescolar. La enseñanza eficaz de las dimensiones y medidas en la escuela primaria proveen al sentido de los números y las operaciones.

12 Automatismos

Desarrollar los automatismos de cálculo en todas las edades mediante prácticas rituales (repetición, cálculos mentales e inteligentes, etc.), para favorecer la memorización y liberar la mente de los alumnos, apuntando a una resolución de problemas motivadores.

13 Etapas

Establecer etapas sobre las bases de los números y el cálculo. Cerciorarse del dominio obligatorio de las nociones fundamentales de cada uno, evaluando tres veces al año los logros de los alumnos sobre un número limitado de ítems simples y estandarizados.

FORMACIÓN CONTINUA Y DESARROLLO PROFESIONAL

14 Referente matemático

Desarrollar la formación continua en las matemáticas de los profesores escolares. Facilitar, en cada circunscripción, el desarrollo profesional entre pares y en equipo, y nombrar un tercer guía pedagógico, el “referente matemático”.

15 Desarrollo profesional en equipo

Desarrollar la formación continua de los profesores de matemáticas a nivel local, dentro de una lógica de confianza, entre pares y en equipo; promover la observación conjunta; separar un tiempo en común en los empleos del tiempo; identificar el capital humano.

16 Laboratorio de matemáticas

Experimentar, financiar y evaluar, en tres años a partir de septiembre de 2018, en al menos cinco establecimientos y un campus de empleo por academia, la implementación de laboratorios de matemáticas ligados a la educación superior, y concebidos como lugares de formación y reflexión (disciplinaria, didáctica y pedagógica) de los equipos.

PILOTO Y EVALUACIÓN

17 Prioridad nacional

Enrolar a las matemáticas entre las prioridades, movilizándolo a todos los actores de la cadena institucional (rectores, administrativos, formadores, docentes).

- 18 Experto altamente calificado en matemáticas**
Crear un puesto de experto altamente calificado en matemáticas en la DGESCO, responsable del seguimiento y de la implementación de las propuestas del presente informe a nivel nacional, y que será apoyado por una red de responsables de misiones académicas. Se hará una evaluación de la implementación de las medidas al cabo de tres años.
- 19 Igualdad entre varones y mujeres**
Formar a los docentes y al personal en las problemáticas ligadas a las diferencias de género en las matemáticas (estereotipos de género, orientación profesional, éxito, etc.).
- 20 Manuales**
Los manuales de matemáticas serán ubicados en un ranking por un comité científico, sobre la base de cada uno de los criterios de una corta lista confeccionada por tal comité.
- 21 Reforzar un portal de recursos**
Dotar a este portal de recursos vinculados a las matemáticas con medios logísticos y de funcionamiento suficientes para cumplir satisfactoriamente sus misiones.

1. EL OBJETIVO POR EL QUE HEMOS TRABAJADO: LA CONFIANZA

Para responder a las preguntas que nos habíamos hecho, quisimos interrogar a diferentes actores, con el fin de comprender la situación y de llegar a propuestas simples, precisas y respetuosas para todos. Enseguida notamos una gran desesperación en todos los niveles: en las escuelas, los profesores dicen estar cansados de cambiar de programa, y de las incesantes críticas hacia sus métodos y sus resultados; los profesores de matemáticas de nivel secundario expresan una pérdida de identificación respecto de los programas y manifiestan su pasión por su materia, así como su decepción por poder transmitirles tan poco a alumnos, a menudo, poco motivados; en las Escuelas Superiores del Profesorado y de la Educación (ESPE), los docentes de la materia “matemáticas” dicen no tener tiempo para compartir los cimientos de la materia; los inspectores dicen estar ocupados con una ola de tareas relacionadas, y ya no tener tiempo para ejercer la esencia propia a sus puestos.

La expresión de tal desesperación va acompañada de un conjunto de demandas adjuntas que se resumen en pocas palabras: un mayor reconocimiento, en el sentido fuerte de la palabra.

1.1. El profesor en un sistema positivo

1.1.1. La situación

Actualmente, muchos profesores manifiestan un cierto malestar en el ejercicio de su profesión. Las dificultades de la gestión de la clase pueden resultar invasoras, particularmente al inicio de la carrera. A esto se agrega, para el novel profesor de liceo profesional, el descubrimiento de un entorno a menudo nuevo. En otras palabras, los docentes no reciben el apoyo suficiente ni están lo suficientemente preparados para considerar la heterogeneidad de los alumnos. Por otro lado, los profesores en las escuelas y los profesores de ciencias de las matemáticas en el liceo profesional, deben enseñar varias materias para las que su nivel de formación puede variar. Ante tal coyuntura, las renunciaciones cada vez más numerosas al inicio de la carrera, merecen nuestra atención.

Tal como lo indica la encuesta “*Emploi du temps 2010*”,¹² los profesores franceses dedican mucho más tiempo que sus colegas extranjeros a la corrección de copias y a la preparación de clases; particularmente, la inestabilidad de los programas los obliga a rever permanentemente sus progresos y a preparar clases, actividades, ejercicios y problemas nuevos para sus alumnos.

Además, a menudo, el profesor se encuentra solo. Solo en la clase con sus alumnos, a puertas cerradas, pero solo también durante la preparación para elegir métodos, para formarse día a día.

No siempre se facilitan los momentos de trabajo en equipo. Los encuentros con los inspectores son raros y suelen ser percibidos como ocasiones para recibir órdenes de la institución o, a veces, para ser juzgados; en lugar de ser vistos como una verdadera oportunidad de

¹² Encuesta Insee-Depp, citada en el sitio de la CNESEO.

intercambio. La reciente evolución del PPCR¹³ apunta hacia una lógica de acompañamiento que es todavía bastante reducida.

1.1.2. Lo que debe implementarse

El trabajo en equipo

Los logros observados emanan en general de un trabajo colaborativo: la integración de docentes (sobre todo noveles) a un equipo comprensivo, conciliador y compuesto de colegas con experiencias y competencias variadas, aporta la confianza necesaria para un tranquilo ejercicio de la profesión. Aprender de sus pares, a través del intercambio y la explicitación compartida de sus dificultades, da confianza, refuerza las ambiciones y hace desaparecer ciertos complejos. Esta dimensión colaborativa es en consecuencia esencial para el bienestar del docente. El programa recomienda desarrollar más el intercambio dentro de los equipos, particularmente en los equipos matemáticos, en torno a cuestiones pedagógicas, didácticas, pero sobre todo disciplinarias. Esto supone un lugar donde tales intercambios puedan producirse, un lugar de formación que les permita reflexionar y explorar los materiales didácticos y los métodos que, por otro lado, no escasean.

La escuela de la confianza también implica la confianza entre los profesores y las autoridades que deben **dirigir a los equipos** en pos del trabajo común, y **facilitar toda iniciativa pedagógica interesante**. Es conveniente informar a los docentes, tanto sobre la naturaleza de la docencia como sobre el marco en que se ejerce. Este tipo de confianza no se decreta, se construye.

La formación

Los profesores deben disponer de una formación inicial sólida, y de una formación continua regular y de calidad. Todas las personas auditadas remarcaron, sin excepción, estos dos aspectos.

Actualmente, son numerosos los profesores que en las escuelas se sienten débiles, y hasta incompetentes en las matemáticas. Estos docentes siguen un método que los tranquiliza; se abrazan a archivos “reductores” que hacen pasar por fuera de los desafíos de la materia. Lo que necesitan estos profesores de escuela es una formación capaz de ayudarlos a amigarse nuevamente (incluso a reconciliarse) con las matemáticas. Tal formación debe articularse con la práctica de la profesión, permitiendo de tal modo a los docentes apropiarse de las nociones didácticas de las matemáticas, desde preescolar al ciclo 3. Entre las propuestas didácticas, el de las manipulaciones concretas es esencial para favorecer el aprendizaje de los alumnos y acompañarlos en la construcción de abstracciones. La formación debe permitirle a los docentes apropiarse de los recursos con toda la distancia crítica necesaria, para lograr situaciones de enseñanza enriquecedoras.

1.2. Hacia un alumno más tranquilo

No existe el desamor por las matemáticas en los niños. En efecto, el 38% de los jóvenes de entre 18 y 24 años declara que las matemáticas eran su materia preferida en la escuela

¹³ *Protocole sur les Parcours Professionnels, les Carrières et les Rémunérations*: Protocolo sobre trayectorias profesionales, carreras y remuneración.

primaria.^{14,15} El problema entonces, no pasa tanto por motivar a los alumnos, sino por no desmotivarlos, y por encontrar los medios de cultivar la curiosidad, la creatividad y el gusto por las matemáticas. De todos modos, tanto en la escuela secundaria como en el liceo, a veces una evaluación dura para los alumnos hace flaquear ese impulso inicial.

1.2.1. Un alumno que sufre

Desafortunadamente, no es raro ver alumnos que se sienten completamente atrasados respecto de las exigencias matemáticas, a punto tal que algunos dejan el sistema escolar sin manejar nociones elementales de aritmética. Otros, habiendo perdido toda esperanza de progreso y éxito, llegaron a sufrir durante el curso de matemáticas.

Este sentimiento fatal para los alumnos, a menudo libres de responsabilidad, proviene de una débil incorporación de las nociones fundamentales. Esta se explica por:

- consideraciones y evaluaciones progresivas de los alumnos insuficientes;
- una construcción de las nociones demasiado rápida para una adquisición perenne (particularmente el número y las formas en el niño, y los símbolos algebraicos en el colegial);
- dificultad del docente para identificar qué causa los errores del alumno.

Además, las dificultades que pudieron acumularse de año a año son difíciles de superar, a pesar de las soluciones, a veces torpes, que se proponen: que el contenido pueda estar mal dirigido o el contexto no adaptarse a la edad del alumno. Para frenar lo que podría volverse un espiral negativo, es importante valorar cada año los objetivos planteados (cf. §3.2.2).

Para evitar que el stress se instale excesivamente en el alumno, los profesores deben tomar aún más en cuenta el **papel que juega el afecto en el aprendizaje**. Sobre este tema, podemos citar a Michèle Artigue:¹⁶

Entre las flaquezas que noto en nuestro sistema al compararlo con otros, se encuentra nuestra dificultad de concebir a la docencia y el aprendizaje de manera inclusiva, de saber incentivar a los alumnos, valorar sus progresos, incluso con sus limitaciones, adaptarnos a las diferencias, manifestarles nuestra confianza en sus capacidades de aprender las matemáticas, ser acogedores y exigentes a la vez. Es interesante, junto con el proyecto Lexicon, ver cómo esto se explica por un déficit en los términos respecto de sus dimensiones en el léxico profesional de los docentes franceses, en comparación con otros

1.2.2. Otra mirada sobre el error

La **confianza recíproca** debe instalarse entre el profesor y el alumno, ya que al último le permite correr el riesgo de equivocarse. El tiempo es un factor clave en el aprendizaje de las matemáticas: el alumno debe tener tiempo de intentar, de equivocarse eventualmente, de analizar su error, de volver a intentar. El profesor debe ayudar al alumno a identificar y comprender su error, con el fin de que resulte una parte constitutiva de su aprendizaje. Al igual que un matemático en sus trabajos de investigación, el alumno no debe temer a los errores, el más grande de todos sería privarlo de esa experiencia.

14 cache.media.education.gouv.fr/file/208/89/6/depp-dossier-2017-208-cedre-2014-mathematiques-fin-ecole_847896.pdf

15 https://www.csa.eu/media/1675/1700868-csa-pour-le-point_les-français-et-les-mathematiques.pdf

16 [Audiencia 16]

1.2.3. La importancia de disfrutar

El gusto y las ganas son motores fundamentales en el aprendizaje. Pero, sin esfuerzo, tampoco hay progreso. Hay que desarrollar el sentido del esfuerzo en el alumno, evitar subestimar su potencial, proponerle un contenido ambicioso y accesible, a fin de desarrollar una dificultad deseable pero accesible, y darle ánimos.

En la escuela primaria, “que los números sean amigos míos”

Para que los números se transformen en “sus amigos”, el niño debe familiarizarse lo suficientemente temprano con la abstracción y la escritura matemática. Thierry Dias y Hervé Le Madec¹⁷ insistieron en el aspecto de confianza y seguridad que aportan la simplificación y la estabilidad de lo abstracto. Claramente, no se trata de fijar la representación infantil en un abstracto sin sentido, sino de efectuar idas y vueltas constantes entre situaciones concretas y expresiones matemáticas, desde que el alumno descubre las riquezas de la escritura y la lectura alfabéticas. Numerosos involucrados detectaron una particular dificultad en el aprendizaje de los números, debida a la irregularidad de la lengua de uso en Francia para los números del 70 al 99;¹⁸ no es el caso en Suiza o en Bélgica.¹⁹ Tal irregularidad es un problema real presente en numerosas lenguas occidentales, y raramente en lenguas asiáticas. Pero, modificar la lengua es un problema más que complicado, por lo que deberemos preparar a nuestros alumnos para que superen esta dificultad concediéndole más tiempo a la construcción de la numeración decimal.

El gusto por el juego

Con el fin de no permitir que la ansiedad se instale frente a la tarea escolar matemática, inspirémonos en Canadá, Singapur, Estados Unidos, o incluso el norte de Europa, donde las actividades escolares matemáticas la mayor parte de las veces están asociados a la noción de la diversión. ¡Los juegos, enigmas, competencias, desafíos e historias están invitados! Los dispositivos como las competencias, los rallyes, los talleres del tipo de MATH.en.JEANS siguen este lineamiento. En Francia, la iniciativa de mayor envergadura en este tema es el concurso Kangourou, que integra un movimiento internacional. Uno no puede sino desear que este tipo de iniciativas se multipliquen.

RECOMENDACIONES

1. Contemplar la dimensión afectiva de la relación pedagógica. No olvidar que el aprendizaje no es una operación exclusivamente intelectual.
2. No hacer del error un drama, reconocer que participa del aprendizaje.

17 [Mesa dinámica 1]

18 <http://theconversation.com/70-80-et-90-dites-moi-comment-vous-les-prononcez-je-vous-dirai-qui-vous-etes-87387>

19 Para evitar el fracaso de 1945, sobre la evolución del código Vaugelas, Guy Brousseau, propone la creación de una comisión encargada del estudio de “las condiciones de una transición didáctica experimental del repertorio matemático de los alumnos de 5 a 8 años”.

1.3. Prioridad en el nivel primario

Una conclusión mayor se impuso ante nosotros progresivamente. De todo cuanto oímos, resulta que para corregir la situación debe dársele prioridad al primer grado.

Esto no implica ni pretende en ningún modo que sean los profesores escolares quienes carguen con la responsabilidad de las disfunciones constatadas en el primer grado, ni en el conjunto del sistema educativo. Si se le da prioridad al primer grado, no es porque las cosas vayan peor ahí de lo que van en otros lados, sino porque simplemente hay que comenzar por el principio.

Pedir que se le dé prioridad al primer grado es cualquier cosa menos poner a los profesores bajo la lupa; todo por el contrario, apunta a resaltar el lugar fundamental que ocupan en el conjunto del sistema educativo y, desde ahí, en la sociedad. Por otro lado, es de lo que se percataron los países que obtienen buenos resultados: la escuela es la clave del éxito de todo lo demás y, por eso, a todos los profesores de escuela se les debería prestar especial atención, sobre todo en su formación en las matemáticas. Esperamos que no exista ni el más mínimo malentendido sobre este tema, ya que nada sería más contrario a nuestra convicción más íntima.

1.4. El sistema

Para alcanzar el objetivo planteado, es imposible limitarse a la simple relación pedagógica, cuyo espacio es la sala de clases. La clase se encuentra en una escuela o establecimiento, los cuales pertenecen a una academia. Es decir que mejorar la enseñanza de las matemáticas no es únicamente tarea de los profesores, los conocimientos y los alumnos, sino que concierne al conjunto del sistema. Para hacer realidad las medidas que proponemos, la continuidad y el seguimiento son completamente indispensables. Lo vasto de la tarea hace que nada pueda lograrse si el conjunto de los actores del sistema educativo no se compromete. Muy a menudo, esta dimensión sistémica del problema es olvidada, si es que no es ignorada. Si se consulta la efectividad de la implementación de las últimas tentativas de “reactivación”²⁰ de la enseñanza de las matemáticas en Francia para alcanzar una mejora real en el aprendizaje de los alumnos, permanecer alerta es una deuda pendiente. Sin una organización estratégica que conjugue la clase, las escuelas, establecimientos y administración, el sistema se ve librado a sí mismo, prisionero de su inercia, y en poco tiempo transforma las preconizaciones en peripecias, para prolongar la conservación de lo existente. Estamos íntimamente convencidos de que, sin un cambio de mentalidad, en este campo cualquier tentativa de mejora está, tarde o temprano, condenada al fracaso.

.....
²⁰ Informe Kahane en 2002; programas de enseñanza en 2002, 2008, 2015; “estrategia matemática” en 2014; Conferencia de consenso de la CNESCO en 2015.

2. ¿QUÉ SE DEBE INCORPORAR DE LAS PRÁCTICAS MÁS CONCLUYENTES, SOBRE TODO INTERNACIONALMENTE?

La pregunta sobre las prácticas más concluyentes alude a un conjunto de variables: la valoración de los alumnos y los profesores, los programas, los métodos de enseñanza, los manuales y la formación profesional, al igual que los recursos disponibles.

El análisis de los estudios internacionales indica que ciertos países cuentan con mejores resultados en las matemáticas y que, para algunos de ellos, tales resultados pueden estar relacionados con estrategias políticas, programáticas y pedagógicas de envergadura. Tres ejemplos concretos: las estrategias sistémicas de Finlandia en los años setenta, las de Singapur en la década del ochenta, y las de Alemania en el año dos mil, luego del shock PISA. ¿Puede decirse que tales resultados estén ligados a herramientas o métodos? Probablemente a ambas cosas, pero no a ellas solamente. Distintos estudios²¹ concluyen que los cambios sistémicos que abarcan: selección, formación, remuneración, programas, horarios, manuales, métodos, desarrollo profesional, y, sobre todo, una actitud positiva hacia las matemáticas, producen resultados destacables.

Sin embargo, la cultura también tiene su importancia. Estudios comparativos realizados desde hace veinte años han demostrado cómo sistemas educativos muy diferentes pueden obtener rendimientos similares; las características culturales también influyen en el éxito. Por ejemplo, el estudio ICMI 13²² (*International Commission on Mathematical Instruction*) demostró que el rendimiento de los países asiáticos no podía ser comprendido sin contemplar la tradición confucionista, ni la manera en que tal tradición condiciona la visión del aprendizaje, la valoración del estudio y del docente.

Sin duda Francia debería imitar los logros de los países como Singapur y Finlandia, pero también las decisiones fuertes y rápidas tomadas por Alemania y Nueva Zelanda, por ejemplo, bajo las condiciones de trabajar simultáneamente sobre varios campos entrelazados, y de acompañar en el tiempo a esta nueva política.

2.1. El caso de Singapur

2.1.1. “Escuelas que piensan, nación que aprende”

En una generación, la república de Singapur pasó de una economía tercermundista a uno de los más altos niveles de prosperidad. La mayoría de los indicadores muestran que sus alumnos son excelentes en todas las disciplinas. Tal logro es el fruto de una voluntad política asentada en 1997. Las “escuelas que piensan” son definidas como organizaciones de aprendizaje. “Una nación que aprende” piensa en una cultura nacional y un entorno social que promueven la educación a lo largo de toda la vida, para sus ciudadanos formados, comprometidos y capaces de responder a los desafíos del futuro a la luz del siglo XXI.²³

21 <http://www.lps.iccr.edu.au>

22 Leung, Graf & Lopez-Real, (2006). *Mathematics education in different cultural traditions: a comparative study of East Asia and the West (ICMI 13)*, New-York, Springer.

23 <https://www.moe.gov.sg/about>

Con el fin de transformarse en líder en medio de un mundo tecnológico, el país tomó la decisión de mejorar radicalmente sus programas matemáticos. Cada parte del sistema educativo y sus patrocinadores, se comprometieron a la concepción del *Primary Mathematics Project*. Aunque abarque excelentes herramientas para el docente, lo que se denomina “método de Singapur” no se ahoga ahí; es un programa armonizado, coherente y de alta calidad, que incluye una visión clara y ambiciosa, herramientas didácticas eficaces, una formación profesional profundizada, evaluaciones sistemáticas y un sistema de funcionamiento en equipos que brinda apoyo a los docentes.

2.1.2. Un método basado en una pedagogía eficaz, la búsqueda y la formación

El método empleado en Singapur no es un “método de Singapur” en cuanto a haber sido inventado en Singapur *ex nihilo*, es una síntesis de prácticas didácticas y pedagógicas eficaces, basada en el trabajo de numerosos científicos²⁴ o inspirada en textos más antiguos.²⁵ Durante quince años, el método ha sido testeado, corregido y mejorado gracias a revisiones sobre la materia. Todos los profesores del país se formaron en el Instituto Nacional de Educación. Los esfuerzos dieron sus frutos: el rendimiento de los alumnos subió rápidamente y el mundo tomó nota de ello.²⁶

El método descansa en tres pilares fundamentales: el nivel macro (factores socioculturales y económico - políticos), el nivel organizacional (calidad de las escuelas, de la formación de los profesores, del currículum, etc.), y el nivel familiar (socialización y parentela).²⁷ Es evidente que estos factores no pueden transferirse de un país al otro, sobre todo la dimensión ligada a la cultura confucionista, pero estos tres pilares deben inspirarnos. Rápidamente podemos hacernos de las disposiciones más simples y eficaces, a saber:

- una pedagogía explícita y sistemática: el alumno es guiado de manera explícita pero
- no directiva en su aprendizaje;
- etapas de aprendizaje bien diferenciadas: la etapa concreta, la etapa por imágenes y la etapa abstracta;
- las cuatro operaciones introducidas desde la escuela primaria, habiendo explorado su sentido en el preescolar;
- estrategias eficaces de resolución de problemas matemáticos;
- una formación inicial intensiva;
- el desarrollo profesional del profesor, enfocado en la didáctica disciplinaria y ligado a la práctica en clase.

La verbalización es central; desde el preescolar, el profesor incentiva al alumno a razonar en voz alta y al intercambio con los demás, poniendo un “alto parlante en su cabeza”.

Intensivo y regular, el desarrollo profesional promueve el trabajo colaborativo entre profesores dentro de una misma escuela, o incluso entre escuelas; es coherente con los intereses y

24 Jérôme Bruner, George Polya, Richard Skemp, Jean Piaget, Zoltan Dienes, Lev Vygotsky, Benjamin Bloom, Maria Montessori.

25 Ferdinand Buisson, *Dictionnaire pédagogique d'instruction primaire*, 1887.

26 En el Reino Unido, desde 2016, 45 millones de euros se invertirán durante cuatro años para formar alrededor de 700 docentes y extender el uso del “método de Singapur” a unas 8.000 escuelas primarias y secundarias.

27 J-M Jamet, *L'iceberg singapourien: au-delà du visible, comprendre l'excellence singapourienne autrement*, 2017.

necesidades de los profesores, y contempla las prioridades nacionales o locales (de la escuela). El profesor no se ve como un técnico “que ejecuta”, sino como un profesional capaz de analizar su propia práctica.

2.2. Pedagogías alternativas - dejar un lugar para la intuición del niño

Hay un gran número de métodos pedagógicos que supuestamente facilitan una mejor participación del alumno en el proceso de aprendizaje (por ejemplo en Finlandia, donde se practican métodos de participación, de trabajo en grupo basados en el socioconstructivismo, etc.).

Son capaces de volver a la materia interesante y atractiva (cambios de programa, vínculo entre las matemáticas y las ciencias, las artes, etc.). A veces, esto permite “atrapar” a algunos alumnos poco motivados y ponerlos más fácilmente en condiciones de triunfar.²⁸

Es la misma iniciativa de las pedagogías activas, representadas en Francia principalmente por las escuelas Montessori y el movimiento Freinet. La manipulación ocupa un lugar primordial, pero apunta a la abstracción, dentro de una perspectiva de progresividad extendida a largo plazo. Estos métodos descansan sobre los sentidos y la intuición del niño, que fue el principio de la escuela francesa durante un siglo, sabiendo que *“el momento en que se debe pasar de la forma intuitiva a la abstracta es el gran arte de un verdadero educador”*.²⁹ Este paso de lo concreto a lo abstracto es el desafío de diferentes procesos según el método, pero muchos se basan en el tridente manipulación, verbalización, abstracción.

Los programas

Este gran abanico de métodos no debe hacernos olvidar que la cuestión de la eficacia pedagógica debe ser ubicada respecto de los contenidos enseñados.

Es lo que Timss destaca desde el comienzo del año 2000 al analizar los sistemas con mejores resultados (ergo, Singapur). En el artículo publicado por la *American Federation of Teachers*,³⁰ los autores precisan características de estos sistemas:

- la coherencia, es decir, la definición precisa de los requisitos previos, esencialmente anuales, para pasar de un nivel al siguiente, y la complementariedad de los programas de cada materia;
- la concisión: un programa es tanto más eficaz cuanto que comprende, para un nivel determinado, un número razonable de nociones nuevas, con la condición de que sean estudiadas en profundidad.

Por el contrario, la marca de un programa deficiente es el abordaje de un número importante de nociones tratadas superficialmente en cada nivel, de modo que el estudio de cada una se extienda a lo largo de una gran cantidad de años. Es extenso pero carece de intensidad: *“una milla de ancho, una pulgada de profundidad”*.

El programa recomienda una evaluación del ciclo 2, a partir de una muestra de 200 escuelas (aproximadamente 1.000 clases), de los métodos denominados explícitos e intuitivos. El “método de Singapur” pertenece a esta categoría, pero no es la única.³¹

28 Jean Cassou, [Audiencia 16].

29 Ferdinand Buisson, *Dictionnaire pédagogique d'instruction primaire*, 1887.

30 A coherent curriculum : the case of mathematics (<https://www.aft.org/sites/default/files/periodicals/curriculum.pdf>)

31 Una plan de enseñanza fue implementado también, por ejemplo, por el GRIP de manera experimental desde 2005 a la actualidad en las clases SLECC (Saber Leer Escribir Contar Calcular) slecc.fr/GRIP/GRIP_page-documents/2004-slecc.pdf

Por más que se observe una cierta eficacia en los sistemas que proponen un manual único, ya que obligatoriamente aseguran la coherencia y la continuidad, está comprobado que un método no funciona sino gracias al compromiso total del docente. Una vez que el programa y las etapas de aprendizaje estén definidas, será cuestión de que el docente pueda elegir, en completa libertad, un método y un manual que responda a los criterios de éxito que hemos tratado de desplegar aquí. Esto no es posible sino con un apoyo profesional eficaz y un acceso simplificado a los recursos.

RECOMENDACIONES

3. **Experimentación a gran escala [M3]** Lanzar, a partir de septiembre de 2018, en el ciclo 2, actividades de experimentación para proceder a una evaluación científica de métodos explícitos, y de la eficacia de su implementación.
4. Velar por la coherencia de los métodos y los programas.
5. Estudiar en profundidad las nociones presentadas en los programas adaptados.

3. REEQUILIBRAR Y ESCLARECER LA ENSEÑANZA DE LAS MATEMÁTICAS

Hablar de reequilibrar no tiene sentido si previamente no hubo un desequilibrio. Si uno considera un período largo de tiempo, se puede estimar que es exactamente lo que pasó con la enseñanza de las matemáticas.

Si bien el proyecto de las matemáticas modernas de los años sesenta y setenta, surgidas del movimiento bourbakista y referidas a la naturaleza de los contenidos enseñados, era teóricamente loable, debe reconocerse que su implementación en la enseñanza no universitaria fue un fracaso estrepitoso. Para tratar de remediar el error, se recurrió a otro principio, más bien pedagógico: el alumno debe hacer matemáticas. Es cierto que el matemático hace matemáticas, y que su práctica es original en cuanto a que crea algo nuevo. Pero, se ha olvidado a menudo, que para hacer matemáticas hay que aprenderlas antes. La multiplicación de actividades de todo tipo que ubican al alumno en el centro de sus aprendizajes, incluso de la construcción de sus propios saberes, procede de una intención igualmente loable. Hoy en día, debe reconocerse que los resultados ya no están al alcance de la mano y que los sectores más vulnerables de la sociedad quedaron más bien relegados.

Reequilibrar significa tener la ambición de enderezar la barra desviada, sin por eso desestabilizar la organización ni el cuerpo dialéctico de la materia; reencauzar en lugar de revolucionar, contemplar lo que existe y funciona mejor en otras partes, con el fin de constituir un cuerpo al que cada uno pueda referirse.

La necesidad de **esclarecer** no es menos importante. El docente debe saber lo que debe enseñar para garantizar la equidad territorial en el marco de una docencia a nivel nacional; es por eso que se requieren los programas. Pero, también es necesario que estos le permitan identificar claramente al profesor el objetivo que le es planteado. La presidente del consejo superior de programas, la Sra. Souâd Ayada, hizo mención de ello recientemente: es esencial hacer inteligibles a los programas.

- Para que el alumno se comprometa y aprenda, las metas tienen que ser claras.
- Es igual para el docente: el pedido debe ser claro y explícito, de manera que sepa qué espera de él la institución.

Finalmente, respecto de la coherencia, las palabras de Pierre Arnoux³² resumen perfectamente la orientación que preconiza el programa:

Una mejor coherencia en la enseñanza incrementa ampliamente su eficacia. Antes que nada, coherencia durante un año en una materia: seguir un programa mejor confeccionado, donde se establezcan lazos entre los diferentes campos (álgebra, geometría, análisis, probabilidad y estadística). Eso implica un trabajo didáctico, de documentos, de programas, de acompañamiento y de formación continua. Luego, coherencia entre disciplinas: la escisión entre las matemáticas y la física es una causa mayor del debilitamiento de la formación. En fin, coherencia a lo largo del curso, donde se explique cómo el aprendizaje de un año retoma y amplía el de los años precedentes

32 [Mesa dinámica 3].

3.1. El curso

Tal cual lo explicaba Paul Lockhart,³³ las matemáticas son un arte, y es por eso que la enseñanza de las matemáticas, y esto desde la edad más temprana, debe ser una dosificación sutil entre técnica y arte, encontrándose ambas intrínsecamente fundidas gracias a la diversión y los sueños. El cálculo mismo debe pasar del estado de técnica al de arte.

La pregunta de para qué sirve el curso de matemáticas sigue planteándose muy a menudo; es esencial comprender que, además de una cultura matemática ciudadana necesaria, los cursos de matemáticas, más allá del razonamiento lógico, el espíritu crítico, el rigor y la autonomía, aportan la capacidad de establecer verdades absolutas mediante pruebas. Es uno de los rasgos fuertes de nuestra cultura.

Si bien no alcanza con que el profesor enseñe bien para que los alumnos aprendan bien, eso no quiere decir que ciertas condiciones de enseñanza no resulten ser más eficaces que otras en términos de aprendizaje.

Si se pasa revista a los objetivos del curso de matemáticas, se verá lo variado que son: garantizarle a los futuros ciudadanos las competencias mínimas en el manejo de los conceptos matemáticos, brindarles las claves de un razonamiento lógico de calidad, concientizar sobre la importancia de las ciencias matemáticas en nuestra cultura, historia y tecnología, formar a los futuros científicos, ingenieros y matemáticos en puestos cada vez más numerosos. La carrera hacia estos objetivos exige una dosificación sabia que no puede ser improvisada y que requiere una preparación específica.

En ningún caso este informe pretende establecer un dogma o breviario sobre cómo debe ser un buen curso de matemáticas. Al contrario, propone pistas para renovar las prácticas observadas, algunas han mostrado ciertas limitaciones. Esta constatación fue compartida unánimemente por quienes fueron entrevistados por el programa.

Se pudo comprobar, desde inicios de la década del noventa, la sustitución del curso por actividades variadas (actividades de descubrimiento, tareas complejas que debían desarrollar competencias transversales, trabajos de investigación y de proyecto, actividades interdisciplinarias, etc.) que, sin embargo, no eran suficiente para reemplazarlo.

La voluntad de hacer científicos de los alumnos puede ser pertinente, claro está, pero uno puede hacerse preguntas, en términos de eficacia, acerca de la elección de los momentos, de los plazos, de los temas de esas investigaciones, y hasta de la manera en qué deben ser llevadas.

A menudo, las actividades de descubrimiento son demasiado artificiales, dado que el mundo real resulta ser mucho más difícil de aprehender que los modelos matemáticos utilizados para describirlo. Con frecuencia, los contextos seleccionados perturban a los alumnos más de lo que los ayudan, y esos modelos están tan simplificados, que no aportan verdadera plusvalía respecto de las materias de las que son separados (economía, ciencias físicas, etc.).

Asimismo, las tareas complejas no siempre tienen un objetivo de aprendizaje matemático claro. Su concepción se revela como una gran devoradora de tiempo para los profesores, y su resolución también lo es para los alumnos, sin por eso ser siempre una portadora de aprendizaje, sobre todo entre quienes tienen rendimiento más bajo en matemáticas.

³³ Paul Lockhart, *Mathematician's Lament: How School Cheats Us Out of Our Most Fascinating and Imaginative Art Form*. 2009 Bellevue Literary Press. Traducción francesa disponible en ebook (2017).

En líneas generales, estas actividades apuntan más a “hacer” que a “aprender”. Muy difíciles de llevar de manera eficaz, pueden resultar oportunas, pero de ningún modo deben reemplazar una verdadera fase de formalización, ni el trabajo regular de entrenamiento.

Para poder servirse de las matemáticas eficazmente, más que nada en situaciones complejas, deben haberse adquirido conocimientos y métodos, y haber tomado consciencia de las estrategias de resolución de problemas propios a la materia. Todas estas cosas también deben enseñarse. No se desarrollan competencias sólidas sino sobre conocimientos sólidos. En líneas generales, se debe apuntar hacia una mayor eficacia y preguntarse qué aprendió cada alumno al final de una clase.

3.1.1. El curso (la parte escrita)

El gusto de aprender y hacer matemáticas pasa, en todas las edades, por una buena comprensión de los conceptos. La parte escrita es una referencia que le permite al alumno estructurar su pensamiento, su saber y sus competencias, por ello no debe ser dejada de lado.

Su razón de ser

El escrito tiene por fin ayudar al alumno en su aprendizaje, pues le devuelve su lugar a la incorporación de conocimientos. Debe favorecer la “memorización”; eso facilita también el acceso a las competencias que no pueden construirse sobre saberes inestables. Todo alumno debe disponer de un escrito de calidad que le permita remitirse a él las veces que lo necesite, sobre todo durante la resolución de ejercicios y problemas, con la ayuda de su profesor. Las ciencias cognitivas nos enseñan que se debe volver al menos cinco veces sobre los contenidos de las clases (lectura de un enunciado o de una propiedad) para fijarlos definitivamente en la memoria, pero que es infinitamente más efectivo consultarlos explícitamente mediante ejercicios o problemas (por ejemplo, abrir el cuaderno de clases al momento de resolver los ejercicios) antes que releerlos fuera de todo contexto.

El contenido

Los escritos en que los conocimientos y los métodos son recapitulados sin articulación lógica alguna, sin coherencia y, por lo tanto, sin esencia matemática, son fuente de confusión. No le permiten avanzar en la comprensión a los alumnos.

El escrito debe funcionar como referencia, y no limitarse a un “catálogo” de resultados o recetas. Las definiciones y propiedades deben estar claramente identificadas. A su vez, el escrito debe respetar los enlaces lógicos, ser riguroso, preciso y comprensible. El profesor podrá explicitar ventajosamente ciertos enunciados matemáticos, sobre todo en el nivel escolar obligatorio, mediante una reformulación en un francés común y comprensible por la extensa mayoría (incluyendo a las familias y al acompañamiento extracurricular). Una vez más, la claridad de los enunciados propuestos es esencial.

El papel del profesor

El profesor debe recobrar su lugar en los momentos de “presentación y comentarios de los conocimientos” (la clase). ¿Quién mejor que el profesor para exponer paso a paso la definición

de un texto, teorema o propiedad, explicando cada detalle, el porqué de tal elemento de cuantificación, su importancia y la necesidad de la precisión de tal término? El profesor, pues, debe recuperar el orgullo del saber y su aptitud para exponerlo y explicarlo; lo cual no puede sino reforzar su legitimidad y el respeto que sus alumnos le demuestran.

No es pertinente proyectar un simple video de un texto de clase prehecho dado que relega demasiado al profesor y todo lo enriquecedor de su aporte.

¿En qué momento implementarla?

No se llega a la parte escrita sino luego de etapas importantes como en las que los alumnos manipulan y son dueños de las nociones, sus progresos y sus palabras. Este paso de la manipulación y el descubrimiento hacia la abstracción, realmente debe apoyarse en una fase intermedia, a menudo olvidada o demasiado implícita: la fase de verbalización, de “expresarse por palabras” de los alumnos. Tal práctica se extiende desde el preescolar hasta el liceo. Las tres fases de aprendizaje pueden resumirse en el tridente manipular, verbalizar, abstraer.

Las ciencias cognitivas nos recuerdan que la atención de los alumnos tiene un papel crucial dentro de un aprendizaje eficaz, y que, además, su capacidad de concentración se reduce en el tiempo (35 minutos por 55 minutos de clase). Por eso conviene que el escrito finalice en ese momento, y dar paso a otras actividades. Dejar el escrito para otra clase es simplemente ineficaz.

Observaciones

Claramente, no se trata de preconizar clases enteras de “cursos magistrales”, en las que los alumnos se limitan a copiar un texto que para ellos no tiene ningún sentido. Se trata más bien de restablecer una reflexión sobre las diferentes fases de aprendizaje, que son:

- las fases de investigación autónoma, aunque dentro de un marco;
- las fases de clases muy comentadas, donde se interroga la redacción de los enunciados matemáticos, donde se presentan ciertas pruebas (cf. §3.1.2 más abajo);
- la presentación de numerosos ejemplos, materia de debate, para asegurarse de que
- todos hayan entendido, prestando especial atención a los alumnos;
- la aplicación autónoma de los alumnos, a casos muy simples primero, y luego cada vez más sustanciales;
- los rituales, indispensables para el funcionamiento y estabilización de los conocimientos, métodos y estrategias;
- el estudio de problemas propios a las matemáticas, y no solamente de situaciones aplicadas.

3.1.2. La prueba

Según los docentes y científicos consultados, gran cantidad de los estudiantes que ingresan a la universidad experimenta dificultades para entender qué es una prueba y por qué es esencial para las matemáticas. A menudo, la verdad se considera prestablecida, más que demostrada. En cierto modo, la enseñanza de las matemáticas se volvió axiomática, y muchos alumnos de secundaria no se imaginan que el teorema de Pitágoras pueda ser probado.

Ahora bien, la noción de prueba es el alma de las matemáticas, independientemente del nivel (con sus adaptaciones, esta aserción es válida desde el preescolar hasta la universidad). Y, más allá de la teoría matemática, entender qué es un proceso de justificación argumentado fundado en la lógica, es un eje importante de la formación del ciudadano (cf. §3.3.1). Las semillas de este proceso fundamentalmente matemático, son sembradas desde las primeras clases.

La incorporación de modos de argumentación propios a las matemáticas, que complementan los desarrollados en las otras materias, es esencial. Es lamentable que las verdades matemáticas (demostrables) se vean reducidas a un estatuto de verdades contestables.

Puede constatarse una cuasi desaparición de la “demostración” de los resultados propuestos en los manuales del secundario, por ejemplo, y en ciertas prácticas de clase. Sería bueno reequilibrar tales prácticas, dándole otra vez un lugar significativo a la demostración de resultados dentro del curso. Confiamos en los docentes para determinar cuáles y bajo qué modalidades (según el caso: investigación, presentaciones, comentarios, videos, etc.).

RECOMENDACIONES

6. **Las etapas de aprendizaje [M5]** Implementar, desde la más temprana edad, un aprendizaje de las matemáticas basado en:
 - la manipulación;
 - la verbalización;
 - la abstracción.
7. **El curso [M6]** Reequilibrar las sesiones de enseñanza de las matemáticas: devolverle su lugar
 - al curso estructurado y su parte escrita;
 - a la noción de prueba;
 - a los aprendizajes explícitos.
8. Proponer escritos enriquecedores, pertinentes y tan comprensibles como sea posible (incluso para las familias). El curso debe ser aprovechado por todos los alumnos.

3.2.El cálculo y los automatismos

3.2.1. Cálculo: un lugar central — un cálculo inteligente

Desde hace unos años, parece haber un malentendido entre las recomendaciones de los documentos oficiales y la práctica observada en las clases de matemáticas sobre el lugar del cálculo. El cálculo fue seriamente desacreditado en un pasado remoto, y finalmente rehabilitado parcialmente en los recientes programas de la escuela, ya que la estrategia matemática en 2014 anunciaba: *“El conocimiento y la comprensión de los números, así como el cálculo, particularmente el cálculo mental, ocuparán un lugar central en los nuevos programas de matemáticas.”*

El programa retoma las conclusiones de la conferencia consensual organizada por la CNESCO en 2015,³⁴ sobre todo acerca de la incorporación y memorización indispensables de las tablas (suma y multiplicación).

La opinión de la Academia de Ciencias de 2007³⁵ y la interpretación que hace Thierry Dias,³⁶ son interesantes y exponen ampliamente el tema, tanto en la escuela primaria como en la secundaria.

El cálculo debe ser visto como un juego numérico, debe, pues, ser presentado como tal desde las clases de los más pequeños a través de tareas variadas que le den vida a esta dimensión lúdica. Debe fomentarse concomitantemente una práctica simultánea de la numeración y las cuatro operaciones desde el primer grado, tal cual nos lo enseñan los estudios de los sistemas con mejor rendimiento internacional (cf. §2.1). El cálculo numérico construye las bases necesarias a todos los conocimientos matemáticos, y requiere tiempo de aprendizaje en clase. La eficacia de tal aprendizaje descansa, a su vez, sobre la incorporación necesaria de automatismos.

Claramente, no se trata de apurarse a presentar las operaciones sin comprensión ni contexto, sino más bien, de explorar situaciones que le den sentido a las acciones ligadas a las cuatro operaciones, ponerlas en acción, y luego avanzar gradualmente hacia las escrituras matemáticas.

Las modalidades de desarrollo de las capacidades de cálculo son variadas y complementarias (cálculo mental, en línea, posicional, escrito, aproximado e instrumentado). Sin embargo, el cálculo mental sigue siendo una modalidad poco desarrollada en la escuela primaria (sobre todo en los países asiáticos) y secundaria. Igual suerte sigue el cálculo aproximado, que permanece reservado a unas pocas actividades más que esporádicas. En cambio, el tiempo dedicado a las repeticiones de algoritmos del denominado cálculo “posicional”, a menudo es desproporcionado, sobre todo respecto de la multiplicación. En sentido contrario, un algoritmo tan interesante matemáticamente como lo es la división, a menudo es experimentado como un sufrimiento para los alumnos. La diversidad de los algoritmos que permiten realizar una misma operación, también debería ser objeto de prácticas más recurrentes.³⁷

Por otro lado, la voluntad de no reducir el acto matemático a simples técnicas repetitivas, con el fin de otorgarle toda su importancia respecto de los procesos, ha llevado a incomprendiones totales, sin duda por un acompañamiento insuficiente. Se ha llegado así a la total desaparición de las actividades de anclaje y “gamas o precalentamientos” sin embargo indispensables. No obstante, hay rituales de cálculo que permiten el funcionamiento y estabilización de los conocimientos, métodos y estrategias. Las actividades de cálculo rutinarias permiten adquirir comodidad, fluidez, flexibilidad, incorporar automatismos (destinados a la liberación de la carga cognitiva y la memoria de trabajo). Con un poco de entrenamiento, los alumnos dominan este tipo de actividades, lo cual desarrolla el gusto por las matemáticas, y los ayuda a progresar. El éxito de los alumnos es un factor de satisfacción de sus profesores.

Debe absolutamente encontrarse un equilibrio esencial al éxito de los alumnos, para toda la formación hasta la etapa final de la educación secundaria. Si bien no se puede limitar la formación de los alumnos a los cálculos, una práctica demasiado esporádica hace inaccesible

34 <http://www.cnesco.fr/wp-content/uploads/2015/11/Recommandations-du-jury.pdf>

35 <http://www.academie-sciences.fr/pdf/rapport/avis230107.pdf>

36 [Mesa dinámica 11bis]

37 Ver el anexo 5 para la presentación de una técnica anglosajona de la división.

para muchos la resolución de problemas, en cuanto a que el mínimo cálculo constituye un obstáculo.

3.2.2. Etapas de aprendizaje; indicadores de los logros de los alumnos

En la escuela, las capacidades de cálculo de los alumnos son a menudo un factor de discriminación³⁸ (cf. §6.4), y hasta selectivo. Sin embargo, es a la institución escolar a quien le incumbe confiar en el potencial que tiene cada alumno para desarrollarse. Ante la ausencia de un diagnóstico médico, el uso abusivo del término discalculia, para designar una gran variedad de dificultades de aprendizaje, es un síntoma notable. En cambio, se tiene que apostar a la capacidad que todos los alumnos tienen de jugar con los números, incluso a veces de manera intuitiva, para que construyan el sentido útil a la conceptualización de los objetos de los saberes vinculados al cálculo. La repetición permite medir los avances.

Hoy en día, el dato en Francia es preocupante; los estudios nacionales e internacionales indican muy bajos resultados en materia de cálculo respecto de los escolares y, más generalmente, de los jóvenes franceses. En cada nivel, los docentes se quejan de la poca capacidad de sus alumnos para entender los números o resolver cálculos, a causa de dificultades que se remontan a niveles anteriores. Es por eso, que se debe actuar con urgencia para revertir la situación, y que los franceses se vuelvan a amigar con la agilidad y el cálculo.

En este sentido, las auditorías de la secretaría de trabajo³⁹ y de responsables de RRHH de grandes empresas, destacaron el calvario que viven los adultos enfrentados con los números y los cálculos “básicos” como una simple multiplicación por 10. Fomentar la evolución de nuestras representaciones es esencial; la escuela debe garantizar el conocimiento mínimo de las bases del cálculo a todos los ciudadanos. Respecto de este desafío, debemos, colectivamente, pasar de la obligación de los medios a la de los resultados.

Es por eso que el programa recomienda, a lo largo de toda la educación obligatoria, medir **tres veces al año** los logros y progresos de los alumnos sobre la construcción de los números y las bases del cálculo, sirviéndose de una serie de ítems estandarizados, muy simples, definidos año a año. Debemos trabajar para que el 100% de los alumnos alcance ese par de ítems al 95%.

La obligación de resultado emana de la responsabilidad compartida entre el docente y la circunscripción, o el colegio. Particularmente, al disponer entonces de indicadores para el éxito, la alternativa del recuperatorio se dispondrá para los alumnos que no alcancen el umbral del 95% en ocasión del primer examen del año. Para facilitar la labor del docente, los exámenes individuales se desarrollarán en una plataforma digital, eventualmente mejorada por la inteligencia artificial [IA]. Los exámenes serán diseñados por la DEPP, con la colaboración de las respectivas inspecciones generales, la CNEC y el Consejo Científico de la Educación Nacional. Es importante seleccionar capacidades simples y de base, pero a la vez necesarias para todos, y evaluar de manera escalonada, nivel por nivel. En la secundaria, se podrá plantear la cuestión acerca de qué tan pertinente sería agregar los contenidos básicos del cálculo algebraico.

38 Según O. Hunault, el 42 % de los alumnos no alcanza el 80% de los ítems de cálculo, lo que indica que el 58% supera el 80%.

39 [Audiencia 8].

Se les comunicará, en un lenguaje claro, los resultados de sus hijos a las familias; esto obedece a una necesidad que las asociaciones de padres auditadas manifestaron.⁴⁰

3.2.3. Automatismos

A menudo, es cuestión de “darle sentido” al cálculo, pero no debe olvidarse que el cálculo en sí ya tiene sentido. Es hasta “dador de sentido”, ya que la construcción del número en las clases de los más pequeños pasa por actividades lúdicas variadas y esos juegos numéricos son la esencia misma del cálculo. Es ante esta coyuntura que debe implementarse la preconización de la Academia de Ciencias de 2007 (cf. 3.2.1), que recomienda el aprendizaje simultáneo de la numeración y las cuatro operaciones, desde el inicio de la primaria. Tan solo esta práctica ofrece una alternativa al riesgo a menudo denunciado por Remi Brissiaud,⁴¹ de que se reduzca la noción de número a la del conteo mediante la recitación de la canción numérica.⁴² Los juegos de agrupación y partición practicados desde el preescolar, abren el camino hacia las descomposiciones multiplicativas de los números, además de las descomposiciones aditivas. La representación de los números por “constelaciones”, el conteo por grupos (de 2 en 2, de 3 en 3, de 5 en 5), y otras prácticas adaptadas, constituyen un acercamiento intuitivo hacia la construcción del número por adición y multiplicación.

Esta implementación es fundamental, y debe tomarse el tiempo necesario para instalar las cuatro operaciones, alternando el trabajo sobre el sentido (entender por qué se hace, expresarlo en actos, luego en palabras) y aquél sobre la adquisición necesaria de los automatismos. Consecuentemente, demorar este aprendizaje es tan nefasto para la comprensión como para la automatización del cálculo. Esta automatización no debe interpretarse como algo mecánico; permite liberar la mente de las cargas cognitivas para su emancipación, al mismo tiempo que facilita representaciones mentales propicias a la resolución de problemas.

Claramente, la instauración de automatismos de cálculo concierne tanto a los alumnos de la secundaria como a los del liceo, en sus respectivos niveles (cálculo algebraico, análisis, etc.), y nuestra recomendación se aplica todos los niveles.⁴³

40 [Audiencia 4].

41 [Audiencia 1].

42 Según R. Brissiaud, la caída de los resultados es de orden pedagógico, y podría vincularse directamente con la recomendación del conteo/enumeración en los programas, hasta su reciente abandono en los de 2015.

43 El juego Mathador es un ejemplo de juego adaptado al cálculo mental. <https://www.mathador.fr>

RECOMENDACIONES

9. **Automatismos [M12]** Desarrollar automatismos de cálculo a todas las edades mediante prácticas rituales (repetición, cálculo mental e inteligente, etc.) para favorecer la memorización y liberar la mente de los alumnos, en vistas de la resolución de problemas motivadores.
10. **Sentido de los números y de las operaciones [M11]** Cultivar el sentido de las cuatro operaciones desde el preescolar. La enseñanza eficaz de las dimensiones y medidas en la escuela primaria proveen al sentido de los números y las operaciones.
11. **Etapas [M13]** Establecer etapas sobre las bases de los números y el cálculo. Cerciorarse del dominio obligatorio de todos sobre estas nociones fundamentales, midiendo tres veces al año los logros de los alumnos sobre un número limitado de ítems simples y estandarizados.
12. **Apreciar en su justa medida las opiniones de la Academia de Ciencias y de la CNESCO sobre el cálculo.**

3.3. Matemáticas para todos

Todos son conscientes de que las matemáticas son un desafío estratégico para la economía actual, y algunos estudios hasta anuncian que las matemáticas aportan un 15% al PBI de Francia.⁴⁴ Nos encontramos en una época de extraordinarios y acelerados cambios, donde surgen nuevos conocimientos, nuevas herramientas, y nuevas vías de comunicación, siempre vinculadas directamente con las matemáticas. La información cuantitativa, antes reservada a los especialistas, hoy en día es ampliamente difundida por los medios. La necesidad de comprender y servirse de las matemáticas, tanto en la vida cotidiana como en el trabajo, nunca fue tan grande, y no deja de crecer. En un mundo que se transforma, los alumnos necesitan una base matemática sólida.

En nuestra sociedad abunda la información cifrada. Las matemáticas brindan herramientas esenciales para el ejercicio de una ciudadanía activa. La ausencia puntual de una mirada crítica y la falta de tiempo para analizar un dato numérico (porcentajes, sondeos, lecturas gráficas, estadísticas, etc., que los medios codician) nos vuelven particularmente vulnerables frente a las tentativas de manipulación.⁴⁵

Las matemáticas son necesarias para la democracia, ya que favorecen la autonomía y la capacidad de innovación. Por eso es indispensable brindarle a los niños todas las herramientas de lógica y cálculo, desarrollar en ellos la intuición y el proceso científico, el rigor y su necesidad, y, finalmente, permitirles sostener razonamientos y elaborar pruebas.⁴⁶

44 https://www.lesechos.fr/27/05/2015/lesechos.fr/02192785770_les-maths-contribuent-a-hauteur-de-15--au-pib-francais.htm

45 MMI, Audiencia 9.

46 SMF, Audiencia 1.

Como lenguaje científico, las matemáticas facilitan el acercamiento eficaz a numerosos campos sociales o profesionales, y la creación de descripciones cuantitativas precisas del mundo. El pensamiento matemático, la solución de problemas y la modelización son requeridos en gran cantidad de campos profesionales, como la salud, la economía y el diseño gráfico.

Hoy en día, una formación en matemáticas abre el camino a numerosos empleos, y es importante fomentarla.

Recordemos finalmente que las matemáticas son parte de nuestro patrimonio cultural. Constituyen una de las más antiguas y nobles tradiciones intelectuales de la humanidad. Por eso creemos que cada ciudadano debería apreciar y comprender este logro humano en todas sus dimensiones, incluyendo la estética y la recreativa.

La cantidad de alumnos que abandonan el sistema educativo sin calificación y sin haber dominado las nociones matemáticas básicas es hoy en día más preocupante que en la mayoría de los demás países europeos. No podemos conformarnos con esto. Así como es sabido que la calificación y el título previenen el desempleo,⁴⁷ las dificultades vinculadas a la capacidad aritmética (a menudo indisociables de los problemas de alfabetización) son un obstáculo mayor para el empleo (incluso en los puestos con baja exigencia matemática) y el retorno a la formación.

Las matemáticas son una disciplina de incremento gradual, donde se debe construir el piso N+1 sobre el piso N. Consecuentemente, es una disciplina completamente indicada para los sistemas de corte anglosajón o universitario, basados en materias que pueden ser recursadas, independientemente del nivel de cada uno en el ciclo. Tal sistema garantizaría el éxito de todos.

El sistema educativo francés debe garantizarle a cada alumno, al final de la escuela obligatoria, una formación matemática para “el ciudadano”. En el liceo, sin perjuicio de la formación escogida (general, tecnológica o profesional), esta formación debe prolongarse. Los alumnos que se dediquen a estudios científicos superiores profundizados, deben disponer de una formación matemática más “experta”.

3.3.1. Las matemáticas para el ciudadano

Es importante que un ciudadano sea capaz de tener una escucha activa y crítica frente a un discurso, ya sea en el marco profesional, político o de otro tipo. De este modo, familiarizarse con el proceso de la prueba matemática es una forma de aprender a descomponer un razonamiento en argumentos, descubrir eventuales fallas o errores, no confundir la hipótesis con sus consecuencias o el orden lógico allí referido; incluso descubrir la sustitución de una causalidad por una correlación para justificar un argumento poco desarrollado científicamente. La geometría⁴⁸ fue citada a menudo, en el marco de las audiciones, como uno de los campos donde la prueba se implementa de manera accesible a distintos niveles.

El cálculo, numérico y algebraico, debe ser igualmente consolidado. En las diversas situaciones de la vida corriente o profesional, no siempre es necesario un resultado exacto, ni siquiera uno posible. El ciudadano debe contar con las herramientas suficientes para alcanzar una

⁴⁷ Secretaría de Trabajo, Audiencia 8.

⁴⁸ Abraham Lincoln leía y releía los *Elementos* de Euclides para entrenarse en el razonamiento lógico, considerándolo un elemento fundamental para su formación intelectual.

estimación correcta del resultado o un valor aproximado. En este tratamiento del cálculo se impone el uso razonado de la calculadora u otros instrumentos.

La lectura y el análisis de gráficos, junto con la comprensión de estadísticas, a menudo se le presentaron al programa como esenciales en la formación del ciudadano; sobre todo mediante el uso que se hace de las proporciones, el sentido que se les da a los indicadores de posición (mediana, media) o de dispersión, para justificar una decisión social o política. Pero las matemáticas para el ciudadano también pueden ser consideradas a través de un acercamiento a la cultura científica, que habrá de valorarse en el curso. Diferentes entradas (históricas, filosóficas, sociológicas) pueden renovar la motivación, y ayudar a superar un utilitarismo de vista corta.

Contar con un bagaje mínimo en matemáticas es entonces indispensable. Es la base válida para la mayoría de los alumnos de la etapa previa al liceo. En el liceo general y tecnológico, el primer año es un momento crítico para la enseñanza de las matemáticas; un número considerable de alumnos abandona las clases “enojados con la materia”. Esto desemboca en una orientación predeterminada o en un abandono, sobre todo en las secciones literarias actuales. Hoy en día, nos parece útil ofrecerle a cada uno la posibilidad de disponer de una enseñanza de reconciliación, ambiciosa, y que rompa con el carácter acumulativo de la materia. Este tipo de enseñanza debe ser accesible en cualquier momento del ciclo terminal.

3.3.2. El recorrido profesional

El liceo profesional es, antes que nada, un liceo. De tal modo, su fin es integrar las evoluciones y aplicar las recomendaciones dirigidas a todos los liceos. No obstante, por su particular funcionamiento y sus objetivos de formación, por la diversidad de sus currículos, por la variedad de los títulos y de las especialidades propuestas a sus alumnos, el liceo profesional no es un liceo como los demás. En este sentido, ciertas adaptaciones o ajustes son deseables.

Antes que hablar de pedagogía o de una didáctica particular del recorrido profesional, podrían desplegarse las especificidades de esta formación y sus repercusiones en la enseñanza de las matemáticas.

Actualmente, la meta de la formación profesional es comprometer a los alumnos con un proyecto profesional sobre el conjunto de conocimientos, entre ellos, la enseñanza general y básica. Gran cantidad de estos alumnos se inscriben en carreras cortas de dos o tres años. Consecuentemente, es conveniente otorgarle una particular importancia a la educación ciudadana, y asegurar el dominio de las herramientas y conocimientos móviles dentro de una perspectiva de formación a lo largo de toda la vida.

Las matemáticas le brindan a los alumnos, aprendices y adultos en formación continua (en los centros de formación), nociones y herramientas que les permiten dominar y comprender los gestos, etapas y procesos inherentes al campo profesional. Son útiles a la preparación de los futuros graduados en las evoluciones posibles o probables de sus respectivos trabajos, y facilitan una futura reconversión profesional. Destaquemos aquí el recurso en común Irem-Dgeso-IGEN titulado *Mathématiques, Monde Économique et Professionnel et parcours Avenir*,⁴⁹ en la que contribuyó la comisión inter-Irem Lycée professionnel.

⁴⁹ http://cache.media.eduscol.education.fr/file/MEP/79/6/RA16_MULTI_Maths_Mathematiques_Monde_Economique_et_professionnel_759796.pdf

En fin, es esencial que los alumnos que lo deseen puedan acceder con una buena preparación a la educación superior con el fin de seguir un recorrido de profesionalización valorado por la obtención de un diploma de nivel III (un problema similar es el de los alumnos con certificación de aptitudes profesionales, si deben ser preparados en un plan de estudios con buenas condiciones de formación, durante el segundo año del liceo profesional).

Una organización de la enseñanza constituida por un tronco común y módulos de especialización debe ayudar a reforzar el nivel de todos los alumnos en las matemáticas. Un sistema de diferenciación que habilite entradas a diferentes niveles dentro del mismo tronco común y sus módulos (“reconciliación”, “certificación”, “especialización”) podría ser propuesto.

El bachillerato profesional se compone de una serie de pruebas y subpruebas, repartidas entre el campo profesional y la educación general. El peso de la subprueba de matemáticas respecto de las pruebas profesionales es particularmente ligero. Se observa una relación de 1 a 10 (14 en algunos casos) entre el coeficiente atribuido a las matemáticas y el del campo profesional. Esto desvaloriza a la materia y no estimula en absoluto a los alumnos; sería conveniente revisar esa relación.

3.3.3. Matemáticas “para expertos” para la preparación de la formación superior

La explosión de los usos de la inteligencia artificial, la modelización, la simulación digital, la optimización de los procesos y el manejo masivo de datos involucran a las matemáticas fundamentales y aplicadas, que requieren una pericia de alto nivel. Formar la cantidad suficiente de estos profesionales, incluidos los que enseñarán en cada nivel escolar, es una necesidad estratégica y un desafío económico y social del siglo XXI.

En el liceo, la meta es despertar, al mismo tiempo, el interés y el gusto, y hasta la pasión, de los alumnos por las matemáticas en sí y los campos que esencialmente acuden a ellas. Consecuentemente, es un gran desafío educativo en el último año de liceo el garantizar la orientación del número suficiente de alumnos hacia las filas de la educación superior que los forme en los trabajos del mañana, ligados a las matemáticas y la informática; esta es, a su vez, una demanda de las organizaciones profesionales. En los próximos años, las empresas líderes en materia de innovación se proponen triplicar la proporción de su personal especializado en matemáticas.

En este marco, es conveniente proponerle, a los alumnos del segundo y tercer año del liceo, un plan vinculado sinérgicamente con la educación superior. En este sentido, no hay ninguna necesidad de anticipar el estudio de aspectos que se ven luego del secundario; antes bien, conviene profundizar y perfeccionar una materia, permaneciendo en el nivel de educación secundaria.

Profundizar quiere decir aprender a:

- manejar de manera pertinente dispositivos útiles para la experimentación, conjeturación, crítica;
- calcular de manera inteligente y demostrar rigurosamente;
- ejercitarse en cuestiones que exijan reflexión y método.

Perfeccionarse, ser autónomo en el cálculo inteligente, alimentar sus facultades de abstracción es trabajar en el marco de los programas, adoptando progresivamente la mirada de

la educación superior para hacer de ella un verdadero primer paso. A estos efectos, son priorizados:

- la adquisición de una verdadera cultura matemática, basada en el razonamiento y el conocimiento, para construir y comprender modelos adaptados y eficaces en las interacciones con las demás disciplinas;
- la búsqueda de ejercicios y problemas complejos.

En el segundo y último año del liceo, los alumnos se verán frente a un curso que presenta a los grandes campos de las matemáticas (álgebra, análisis, geometría, manejo de datos, probabilidad y estadística), en un espacio de tiempo que el programa espera que sea lo suficientemente extenso cada semana (de siete a ocho horas en el segundo año, y de ocho a nueve en el último año). Este plan de estudios, vinculado al de la informática y la físico-química (o la economía, las ciencias de la ingeniería o las ciencias de la vida y de la Tierra), le permitirán al alumno consolidar su elección de estudios científicos en la educación superior, y crear las condiciones previas a su éxito.

Las matemáticas enseñadas a los alumnos del liceo, que hacen de ellas una de sus materias principales, pretenden mantener un nivel de exigencia elemental y razonable. No obstante, son intensivas en cuanto a conocimientos adquiridos y en inversión personal, suscitando así el gusto y la confianza en el futuro éxito de todos.

RECOMENDACIONES

13. **Reconciliación [M9].** Proponer a los alumnos del liceo un módulo anual de “reconciliación” con las matemáticas sobre temáticas y procesos nuevos.
14. En el liceo profesional, y dentro de su organización actual, el módulo de reconciliación puede proponerse en el marco de un acompañamiento personalizado o ayuda individualizada.
15. Aumentar el peso relativo de las matemáticas en el examen del bachillerato profesional.
16. Dejar en claro, en el programa de primer año del liceo, los niveles de dominio esperados, en función de los proyectos de orientación de los alumnos.

3.4. Repensar las ramas de las matemáticas en los programas

Contrariamente a una idea ampliamente difundida, los contenidos matemáticos enseñados evolucionan con el tiempo, es por eso que exigen la formación permanente de los docentes. ¡La enseñanza de las matemáticas no se resume en aprender a multiplicar en la escuela primaria o ver el teorema de Pitágoras en la secundaria! Tomemos como ejemplo a la mecánica, que hasta hace cuarenta años todavía era parte del curso de matemáticas, y que hoy integra los cursos de ingeniería, tras haber pasado por los de física.

Consecuentemente, es conveniente decir algunas palabras acerca de los grandes campos matemáticos y su deseable evolución, sobre todo en los programas del liceo.

Antes que nada, la epistemología y la historia de la construcción de las nociones matemáticas, cuyo aporte didáctico es realmente enriquecedor, se enseñan poco en la formación inicial. Por ejemplo, en 1620, Fermat propuso un método original para identificar el máximo de la superficie de un rectángulo a partir de su perímetro: son las primicias del cálculo infinitesimal. Debatir acerca del método de Fermat, que complicó a sus contemporáneos, puede ser un acercamiento interesante hacia el número derivado que hoy se enseña en las clases del liceo. Precisar el camino recorrido por la ciencia para comprender la técnica empleada por Fermat es interesante para los alumnos. Al sacarle provecho a la historia de las matemáticas, los profesores enrolan sus lecciones en la evolución del pensamiento. Además, a menudo los alumnos tienen debilidad por la “leyenda de las matemáticas”. La narración puede jugar un papel motivador aquí. Por otro lado, las lecciones epistemológicas que se desprenden de la historia (el rol de los problemas, la masa de conceptos y técnicas, la necesidad de la abstracción) evidentemente tienden a contribuir en la formación, sobre todo al permitir superar un utilitarismo de vista corta.

Tal como lo destacó la Union des Professeurs de Spéciales,⁵⁰ en ocasión de la audiencia del programa:

La historia sigue siendo una guía para definir con claridad los objetivos de los programas, sobre todo a través de los grandes problemas. El álgebra, por su capacidad de compactación de razonamientos, es mal comprendida en la enseñanza, y vinculada al cálculo inanimado. Ahora bien, el álgebra es la pura esencia de las matemáticas. Por lo tanto, se debe velar por una adquisición razonada de las herramientas algebraicas hasta llegar a los números complejos. El análisis y la invención en el siglo XVII del cálculo infinitesimal son un aporte típicamente occidental a la cultura universal, aporte que sacudió las matemáticas chinas. Estas nociones y los problemas que las motivaron, permanecen en el corazón de las matemáticas y sus aplicaciones. Deben entonces ubicarse en el centro de la enseñanza.

Por otro lado, el desarrollo de la intuición geométrica debe constituir un objetivo mayor en la enseñanza de las matemáticas, ya que se empieza a formar en las clases de los más pequeños. Es raro que tal intuición se pierda a medida que se avanza de nivel. Lo que estaba autorizado para los niños en términos de audacia es rechazado a los alumnos de secundaria, so pretexto de un rigor hablado o escrito, a veces estéril. La geometría, basada en el nivel secundario sobre las configuraciones y un primer acercamiento a las transformaciones, debe integrar progresivamente las herramientas que la complementan y que ulteriormente serán generalizadas (vínculo entre álgebra y geometría, cálculo vectorial, baricentro). La representación geométrica alcanza el sentido que le es propio dentro de una renovada enseñanza de la estadística, sobre todo en las secciones científicas. El estudio excesivo de las fluctuaciones y el muestreo, que al final, aportan poco en términos de formación matemática, aprovecharían bastante si cedieran su lugar al acercamiento entre estadísticas y geometría. A la larga, la enseñanza de probabilidades finitas, basada en la intuición del número y acompañada de los rudimentos de la combinatoria,⁵¹ evitaría un acercamiento a las probabilidades simples mediante el límite de frecuencia, que parece ser una inversión didáctica y científica muy poco intuitiva.

Las matemáticas discretas, por ejemplo, están demasiado marginadas en la enseñanza actual, aunque constituyen, por un lado, un lazo con la investigación contemporánea y la informática

⁵⁰ Audiencia 5.

⁵¹ Tim Gowers, Audiencia 16.

y, por el otro, un campo en el que está permitido razonar y divertirse con problemas motivantes solo con conocimientos matemáticos mínimos.

El lugar de la modelización, que no debe confundirse con la contextualización estéril que padeció la enseñanza matemática, es un gran desafío respecto de la formación de docentes y alumnos, para nutrir las filas universitarias creadoras de empleos altamente calificados. La modelización es el motor de la experimentación y un carburante para el funcionamiento de los laboratorios matemáticos dentro de los establecimientos (cf. §4.3.2). En cambio, otro estudio, como el de la aritmética superior, puede ser materia de un módulo más especializado.⁵²

Así, estos estudios (modelización, estadística, matemáticas discretas, geometría) se adaptan perfectamente a una concepción modular del liceo, y pueden servir como preparación de base, junto con entradas de diferentes niveles y permitiendo una verdadera versatilidad en términos de logros. En efecto, en un corte por años (módulo I, módulo II) bien pensado, se debería poder separar a esos módulos de los niveles del segundo o tercer año de liceo, e incluso del primero. Como la concepción acumulativa de las matemáticas provoca, muy a menudo, un fracaso reiterado, sería interesante que a los alumnos de tercer año se les permitiera seguir un módulo de tipo I. Esta propuesta está claramente articulada con la medida **M9 [Reconciliación]**.

Además, estos estudios son una fuente infinita para llevar a cabo proyectos interdisciplinarios ligados a la informática, en los espacios dedicados como los TPE (trabajos personales enmarcados), el *Grand Oral* o el PPCP (proyecto pluridisciplinario de carácter profesional) en el liceo profesional. Es tarea de los docentes y sus alumnos el estar interesados.

RECOMENDACIONES

17. **Proyectos [M10]**. Garantizar, en los proyectos disciplinarios o interdisciplinarios (EPI, TPE, PPCP, Grand oral, etc.), un lugar importante a las matemáticas y la informática.
18. Velar, en los futuros programas de liceo, por el respeto al equilibrio entre las ramas de las matemáticas. Velar por la construcción de programas coherentes y concisos.

3.5. Renovar el diálogo entre las materias

Las matemáticas, por su universalidad y antigüedad, son ricas en ejemplos útiles a suscitar el gusto e interés entre los alumnos; la cuestión es desarrollar un nuevo ida y vuelta fructífero junto a las demás materias, desde la escuela primaria.

Todas las materias están involucradas. A pesar de los lazos naturales con la físico-química, la informática, las ciencias de la vida y de la Tierra, la tecnología, la administración, las ciencias económicas y sociales, la lengua francesa (particularmente la gramática) también está incluida.

.....
⁵² <http://smai.emath.fr/IMG/pdf/2016-10-maths-info-lycee.pdf>

La escuela primaria es la cuna del vínculo entre materias. El descubrimiento de los números y sus relaciones se enriquecen mediante su aplicación a los campos de medición temporal y espacial. El estudio completo del sistema métrico brinda ejercicios que dan una representación concreta de los números decimales. La familiarización con las fracciones puede darse mediante aplicaciones usuales sobre la duración o la dosificación de contenidos (media hora, un cuarto de litro, etc.). Pero la familiarización con las matemáticas también se establece a través de numerosas actividades como el deporte, las artes, las artes decorativas, etc., que pueden desarrollarse ampliamente en las actividades extraescolares. Como lo sugería la CNESCO en 2015, corresponde a la escuela tomar la iniciativa para “compartir situaciones de aprendizaje con los padres”.⁵³

Las matemáticas se nutren de problemas que se presentan en otras materias. Esto exige un trabajo de sinergia y coherencia que debe trasladarse a los programas, con el fin de no desarrollar una concepción errónea de las ciencias, la cual genera numerosos fracasos en el primer año universitario. Se cuidará de no aislar a las matemáticas del contexto aportado por las demás materias, en donde pueden contribuir al desarrollo del rigor y la claridad exigidas.

Es lícito plantearse qué tan eficaz es la interdisciplinariedad cuando las matemáticas no son vistas más que como una herramienta “al servicio” de otras materias. El programa preconiza el reequilibrio a través de una interdisciplinariedad que permite reforzar directamente ciertas competencias matemáticas.

Es evidente que las matemáticas se usan en las demás materias. En cierto modo, podría decirse que están naturalmente contextualizadas. Si realmente se quiere aumentar la eficacia de la enseñanza de las matemáticas, las demás materias deben participar en la consolidación de los conocimientos matemáticos adquiridos, y deben hacerlo desde la escuela primaria. Esto exige, entonces, que la coherencia de los programas, respecto del apoyo de los demás campos científicos a las matemáticas, se refuerce. Es cuestión de ver a las matemáticas como tales y no solo como una disciplina servicial (las “matemáticas útiles”). No existe ningún subproducto para el aprendizaje de la proporcionalidad, mientras que esa noción fundamental está presente en todas las materias que se enseñan en la secundaria, y que los alumnos franceses siempre tienen dificultades con ella al final de la escuela obligatoria.

Por ejemplo, ¿se puede avanzar en el aprendizaje de probabilidad en el curso de biología? Asimismo, ¿el trabajo con derivadas en mecánica le permite al alumno progresar en el dominio de la derivación en el curso de matemáticas? ¿La cuestión de la precisión de datos numéricos en física acaso permite comprender mejor la precisión matemática adecuada cuando se quiere escribir la ecuación de una recta de regresión de datos logarítmicos, por ejemplo? ¿Acaso la presentación de leyes físicas permite dominar mejor la noción de variable? ¿La conservación de la masa en química permite que uno se reconcilie con la proporción? Lamentablemente, las respuestas a todas estas preguntas son a menudo negativas. El diálogo entre materias supone también un abordaje de cuestiones disciplinarias o didácticas, y no solo de orden pedagógico. Debe plantearse la existencia de un lugar de debate, tanto en los programas como *in situ*; los laboratorios matemáticos de los liceos (cf. §4.3.2) son lugares claramente adaptados a este tipo de debate.

53 <https://www.cnesco.fr/fr/numeration/recommandations>

Tecnología

En tecnología, sobre todo en la secundaria, la contextualización es una obligación. La enseñanza de la tecnología se centra en los conceptos de materia, información y energía, en relación con los desafíos sociales. Es por eso que tal enseñanza debería ocupar el lugar de activador frente a materias como las matemáticas, permitiendo, por ejemplo, desbloquear la situación de alumnos en dificultad con las cuestiones de proporcionalidad. La función de activador puede aumentar el compromiso de los alumnos. Actualmente, prevalece la situación contraria. Dificultades matemáticas crean situaciones que bloquean los progresos en tecnología: “cuando digo que se trata de matemáticas, los alumnos apoyan la birome y no hacen más nada”, dice un docente de tecnología.⁵⁴

Físico-química

Mientras que la enseñanza de la física estaba relativamente matematizada hasta la reforma de 2010, la inmensa mayoría de los actores de esta materia deplora la desmatematización exagerada resultante, sobre todo en el liceo.⁵⁵ El empleo de números complejos, vectores, funciones y ecuaciones diferenciales, le cedió el lugar a la contextualización, en vez de a una modelización dominada por la matemática o la informática. Si el objetivo inicial era volver más atractiva a la física, la contextualización generalizada suscitó nuevas dificultades ligadas a la capacidad de traducción de enunciados. Esto complica mucho a los alumnos, incluidos los profesionales. La matematización de antes le permitía a los alumnos darle un sentido a los conceptos matemáticos también. El retorno al formalismo y a la matematización de la física se revela urgente para crear la sinergia necesaria, como lo indicaron numerosas personas en ocasión de las audiciones.

Liceo profesional

El caso de los profesores del liceo profesional es interesante e ilustra la necesidad de renovar el diálogo didáctico, ¡incluso cuando el docente de matemáticas y el de físico-química son la misma persona! Muy a menudo, la relación instalada entre ambas materias se limita a la demanda de herramientas matemáticas aplicadas a un contexto científico. Esta lógica de instrumentalización se manifiesta también en las diferentes orientaciones posibles de proyectos multidisciplinarios implementados ordinariamente en un plan de formación profesional: taller-escuela, PPCP,⁵⁶ EGLS...⁵⁷

La libertad pedagógica que facilita la bivalencia debe incitar al docente a experimentar secuencias de matemáticas-ciencias en las que se focalicen objetivos inherentes a la formación matemática, claramente definidos, a través de un contenido científico. La progresión del aprendizaje puede entonces organizarse en un plazo más extenso, cubriendo los horarios de matemáticas, y parcialmente los de las ciencias. No se trata de sacrificar un horario destinado a la enseñanza de las ciencias en pos de las matemáticas, antes bien, se trata de entender

⁵⁴ <https://www.cnesco.fr/fr/numeration/recommandations>

⁵⁵ Nota de la Academia de Ciencias sobre la reestructuración de la enseñanza de la física, de la química y de las matemáticas en la serie S (2017): <http://www.academie-sciences.fr/fr/Rapports-ouvrages-avis-et-recommandations-de-l-Academie/restructurer-enseignement-physique-chimie-mathematiques.html>

⁵⁶ Proyecto Pluridisciplinario de Carácter Profesional.

⁵⁷ Educación General Ligada a la Especialización.

que el desarrollo de competencias científicas contribuye al descubrimiento, práctica, consolidación y dominio de los conceptos matemáticos esenciales.

Informática

La introducción del pensamiento informático en nuestro día a día sorprende a todo el mundo. Cada ciudadano debe contar con las llaves del mundo digital, en un ambiente guiado por las pantallas y las redes. La necesidad de una educación disciplinaria informática está claramente establecida, y es, pues, una oportunidad para articular didácticamente la informática con las matemáticas.

Las matemáticas están ampliamente presentes en la enseñanza de la informática. Es cuestión, entre otras cosas, de incorporar las bases conceptuales necesarias para poder evolucionar a lo largo de una carrera profesional informática. El estudio de la algorítmica comienza, muy a menudo, por actividades separadas, propicias al razonamiento puro. Además, la informática permite desarrollar un proceso completo de modelización. Se parte de un problema, se hace el modelo, se propone un algoritmo, se lo programa, se lo ejecuta y se analizan los resultados; se parte de lo concreto, se pasa por la abstracción y se vuelve a lo concreto.⁵⁸

Del punto de vista de las matemáticas, el estudio de la informática desarrolla cualidades indispensables respecto de actividades concretas, variadas, e incluso lúdicas; donde intervienen el razonamiento lógico (escribir la secuencia de las instrucciones en un orden determinado, disyunción de casos, uso de operadores lógicos, etc.), el rigor (todas las instrucciones deben estar perfectamente explicitadas) y la precisión. Además, la informática brinda comodidad a la combinatoria y al campo de las matemáticas discretas.

El programa recomienda el desarrollo de una oferta especializada, eficaz y estructurada de una enseñanza informática que comienza muy temprano, y que se va especializando cada vez más, junto con sus docentes y sus programas, de manera coordinada con los cursos de ciencias y, particularmente, con el de matemáticas. El alcance preciso de esta nueva oferta debe ser objeto de estudios profundos. El sitio de la Fundación *La main à la pâte*, destinado a la iniciación de alumnos y docentes en las ciencias informáticas, y la obra *1, 2, 3... CODEZ!*⁵⁹ son buenos ejemplos de recursos adaptados a la iniciación mediante actividades sin conexión (es decir, sin computadoras) o con conexión.

Cabe destacar que los estudios informáticos no deben reemplazar a los matemáticos.

Debe contemplarse la existencia de una dificultad adicional, que es la ausencia de patrocinadores institucionales dentro de la educación nacional para la implementación equilibrada de esta sinergia entre matemáticas e informática, y la dificultad de construir un verdadero itinerario desde el preescolar hasta la formación superior.⁶⁰

Proyecto

Es importante que las matemáticas sigan relacionándose con las demás materias. Grandes temáticas multidisciplinares pueden identificarse y tratarse en el marco de un “proyecto”, tanto en el secundario como en el liceo. La interdisciplinariedad descansa sobre la colaboración,

58 SIF, Audiencia 2.

59 <https://www.fondation-lamap.org/fr/123codez>.

60 Proyecto Pluridisciplinario de Carácter Profesional.

y supone el trabajo conjunto entre el profesor de matemáticas y los de las demás materias. Ahí está la dificultad. Es necesario cambiar los hábitos para poder colaborar de manera eficaz.

La estadística, la informática, las matemáticas discretas, la modelización y hasta la geometría son fuentes interesantes para llevar a cabo proyectos. El dato es claramente un vector de interdisciplinariedad actualmente poco utilizado. Es cierto que el acceso a datos reales (la meteorología, por ejemplo) no siempre es sencillo, y a veces costoso. La ley “República digital” fue curiosamente interpretada, y el programa recomienda facilitar el uso de datos, *a minima* de los establecimientos públicos, para fines pedagógicos.

Implementar miniproyectos interdisciplinarios en clase, o competencias, con una unidad informática (R o Python), a los fines de producir un algoritmo, es un verdadero desafío. Justamente, la dinámica de los laboratorios matemáticos *in situ* (cf. §4.3.2) permitirá crear la formación entre pares necesaria para la realización de estos proyectos, en un entorno de confianza y desarrollo profesional.

RECOMENDACIONES

19. **Aportes de otras materias [M8].** Desarrollar y reforzar el intercambio entre las matemáticas y las demás materias; explicitar los vínculos entre la lengua francesa y las matemáticas desde edad temprana.
20. La creación de una oferta de cursos de informática eficaz y estructurada debe ser tarea de los estudios profundizados.
21. Facilitar el acceso a datos sectoriales (establecimientos públicos) con fines pedagógicos.

3.6. Libertad pedagógica e implementación de escuelas piloto

Si la palabra clave es reequilibrar, no es cuestión de caer en otro exceso, y el equilibrio anhelado no se alcanzará sino con la colaboración de todos los actores. Al reflexionar sobre los programas, Souâd Ayada, presidente del Consejo Superior de Programas, destacó: “Es necesario que los profesores sepan lo que tienen que enseñar”. Un docente debe saber cuál es la meta que los alumnos deben alcanzar. Consecuentemente, hacen falta programas claros, inteligibles para docentes y alumnos, lo suficientemente explícitos como para limitar los riesgos de vaguedad en la interpretación.

Pero los programas no son ni cadenas ni itinerarios. Al mismo tiempo que fijan la meta a alcanzar, establecen un espacio de libertad: el camino a seguir queda en manos del docente. Como ya lo decía Compayré a fines del siglo XIX: “con tal de que [el docente] alcance su objetivo en el plazo deseado, es libre en sus movimientos”. No existe entonces ninguna contradicción entre programas y libertad pedagógica. En efecto, esta libertad no consiste en abandonar al profesor a sí mismo, sin la más mínima idea de qué se espera de él; es por eso que se requiere un pacto claro. Asimismo, es indispensable para su trabajo contar, ante todo, con un buen conocimiento de la materia a enseñar, sin lo cual se vería nuevamente desprovisto y desafortunado. Y, además, en el nivel secundario, la libertad pedagógica termina cuando el trabajo en equipo (disciplinario o interdisciplinario) ya no es posible. Es inconcebible que, en pos de la

libertad pedagógica, el alumno esté completamente desorientado y desamparado al pasar de una clase o de un grado al otro.

Desde este punto de vista, es lícito pensar que los profesores no se sirven demasiado de su libertad pedagógica. El programa, por ejemplo, es un piso, y no un techo. No se debe hacer de menos, pero nada impide llegar a más, siempre que los objetivos hayan sido alcanzados por todos. Los profesores deben confiar más en su capacidad y en cuántos conocimientos pueden desarrollar en sus alumnos.

Dicho esto, ningún método ni ningún camino vale más que otro. Está permitido aconsejar y compartir experiencias adquiridas. Es la primera responsabilidad del inspector, que concierne antes que nada al acompañamiento. El programa precisa las metas a alcanzar, los métodos proponen itinerarios que indican atajos y obstáculos, pero las condiciones del viaje nunca serán las mismas; el docente es el único responsable de la elección del recorrido. Por último, aun si le corresponde a la inspección verificar que los objetivos se hayan alcanzado realmente, le atañe, sobre todo, intervenir previamente para evitar los atascos y desvíos.

Por ende, es así como deben ser vistas las medidas preconizadas en este informe; pretenden aligerar el paso y no entorpecerlo. Lo dicho en §2.1, por ejemplo, de ningún modo apunta a imponer un método o a trasladarlo de manera mecánica, ya que queda claro que su contexto sociocultural difiere del nuestro.

Está comprobado que un método vale lo mismo que el que lo enseña. Por eso es que no alcanza con tener un buen método, hace falta también adueñárselo y creer en él.⁶¹

61 Jan de Lange, Audiencia 16.

4. LA FORMACIÓN Y EL DESARROLLO PROFESIONAL DE LOS DOCENTES, LOS ESTABLECIMIENTOS DE APRENDIZAJE

4.1. Una constatación alarmante

Todas las personas consultadas afirman que las formaciones inicial y continua en matemáticas son muy insuficientes en Francia. Nuestra sociedad no aceptaría que la formación del personal de salud o jurídico se descuide a ese extremo. Las diferentes reformas del sistema de formación de docentes, desde la creación de los institutos universitarios de formación de maestros (IUFM), desembocó más bien en una degradación progresiva de esta herramienta indispensable para el sistema educativo. La delegación de la formación en la universidad no aportó valor agregado a la dimensión profesional de la formación, y todos los actores se ponen de acuerdo para corregir una degradación considerable en comparación a la que existe y es segura, para el primer grado, a través de las antiguas escuelas normales. La abrupta implementación de la reforma denominada de “masterización”, agravó la confusión y debilitó más la formación de nuestros docentes.

Puede apreciarse, siempre en el primer grado, una falta crucial de formación inicial en matemáticas, no obstante bastante necesaria, si se observa el recorrido previo de los futuros docentes (80% de los aspirantes provienen de las filas de la orientación en humanidades). Ahora bien, la carga de estudio disciplinario en matemáticas, en los dos años de la maestría Meef,⁶² es muy baja como para asegurar los conocimientos de base útiles al futuro docente. Hoy en día, la formación de las ESPE, en el primer año, apunta esencialmente a la preparación de los diferentes concursos, lo cual, claramente, no puede asemejarse a una formación profesional. Cabe destacar aquí que el lugar que ocupan actualmente los concursos perjudican a la profesionalización de los futuros docentes. Poner un filtro de selección en el ingreso a la maestría sería mucho más coherente, y permitiría concentrarse en el aprendizaje del trabajo, la construcción de competencias pedagógicas y didácticas dentro de una dialéctica de observación y práctica en clase, y una dialéctica teórica que brinde herramientas a los futuros docentes. Actualmente, los ganadores del concurso, y ya titulares de una maestría, cualquiera sea su naturaleza, en el segundo año de algunas ESPE, ¡pueden no tener más de una veintena de horas de formación específica para enseñar las matemáticas desde el preescolar hasta el cuarto grado!

Así, el tiempo global de formación inicial es muy inferior comparado al de nuestros vecinos cercanos y lejanos.⁶³ Sin embargo, como lo indica un informe de la CNESCO de noviembre de 2016,⁶⁴ ¡aproximadamente la mitad de los estudiantes que se dedican a la docencia en las escuelas tomaron la decisión antes del bachillerato!

Respecto de la formación continua, el balance es igual de insatisfactorio. Un informe de la OCDE anuncia que “los docentes franceses, con alrededor de dos días y medio al año, disponen de muchos menos días de formación que sus colegas extranjeros”. Cada vez menor, se

62 Trabajos de la docencia, de la educación y de la formación.

63 400 hs en Singapur y en Quebec; 350 hs + 100 hs en Portugal.

64 <http://www.cnesco.fr/wp-content/uploads/2016/11/161107-Rapport-attractivite-metier-enseignant.pdf> (p. 73).

reduce a 18 horas de animación pedagógica en el primer grado, con contenidos que, muy a menudo, no responden a los objetivos de la profesión.⁶⁵

Tampoco los profesores del segundo grado se forman lo suficiente, en parte porque no encuentran las respuestas a lo que reconocen como necesidades suyas en la oferta de formación, a pesar de una oferta escrita, a veces, pertinentemente. Muchos de ellos inician procesos personales de formación. Es lamentable que esos esfuerzos individuales no se reconozcan sistemáticamente, ni se valoricen en los equipos dentro de los establecimientos.

Además, quedó confirmado, en ocasión de una contribución a una mesa redonda, “que uno de los obstáculos para el buen funcionamiento de la formación continua es que las estructuras que deberían trabajar juntas, a veces compiten entre ellas. Problemas aparentemente irrelevantes pueden crear grandes dificultades”.⁶⁶ Se han identificado particularmente frecuentes disfunciones entre rectorados, universidades y ESPE durante las audiciones realizadas. Ante esta coyuntura, creemos que es esencial trabajar para eliminar estas disfunciones, con el fin de lograr que estos patrocinadores privilegiados de la formación inicial y continua trabajen en el mismo sentido, por el bien de la enseñanza de las matemáticas.

En fin, si se compara esta clara falta de formación profesional con el sistema de gestión de recursos humanos de la función pública francesa, que prioriza la antigüedad en detrimento de las competencias, puede observarse que los sectores considerados como los más difíciles para enseñar están, en cierto modo, reservados a los debutantes, y, consecuentemente, no formados. Actualmente, esto conlleva a una considerable renovación en establecimientos que, en cambio, requieren de equipos estables. Docentes poco o mal formados, que padecen el ejercicio de su profesión, claramente no pueden superar el desafío de hacer triunfar a sus alumnos en el aprendizaje de las matemáticas.

Para revertir la situación, pues, se debe actuar enérgicamente sobre la formación inicial y continua de los docentes.

4.2. La formación en el primer grado

4.2.1. La necesidad de una licenciatura adaptada o de un currículo pluridisciplinario

Todos los actores consultados reclaman de manera unánime una licenciatura adaptada y pluridisciplinaria, o, por lo menos, un currículo pluridisciplinario postbachillerato, exigente y de calidad, para los estudiantes que se dediquen preferencialmente a la educación primaria.

Esta licenciatura debería tener eventuales juegos mayores y menores, que permitan desplegar opciones de especialización para los aspirantes a la docencia. Particularmente, así se podría identificar a los profesores de escuela con un entrenamiento más profundizado en matemáticas, y los equipos pedagógicos podrían tenerlo en cuenta.

En los currículos sin predominio científico, es importante que la oferta modular de matemáticas permita alcanzar, en una atmósfera distendida y a lo largo de los tres años de la licenciatura,

65 Destaquemos satisfactoriamente, sin embargo, el lanzamiento de este año, del plan de formación de profesores de escuela de 3º ciclo (nueve horas), vinculado a los programas 2016; no obstante, seguimos lejos de los estándares internacionales, que se centran en el desarrollo profesional continuo.

66 Mesa redonda 3b.

el nivel requerido. Esto exige un volumen lo suficientemente importante para corresponderse con un objetivo cercano a las prácticas internacionales.⁶⁷

Parece necesario proponer una enseñanza didáctica en matemáticas que permita asumir los desafíos del aprendizaje de conocimientos, su reconocimiento en las actividades escolares propuestas a los alumnos, la consideración de las dificultades recurrentes, todo en las diferentes facetas del ejercicio de un futuro trabajo.

Esta licenciatura debe, además, ir acompañada de una pasantía de observación de cursos, en Francia o en el extranjero, para que los estudiantes tomen consciencia de la complejidad de las situaciones de la enseñanza matemática y de la variedad cultural e institucional de las modalidades escolares.

La construcción de una formación semejante, establecida por los resultados de la investigación, requerirá tiempo y podrá experimentarse en 2018.

4.2.2. La necesidad de una formación continua con una mayor orientación a las matemáticas dentro de los distritos de aprendizaje

Los docentes de primer grado no tienen armas para enseñar matemáticas, en el estado de una formación inicial cuyas falencias fueron señaladas, y a veces recurren a saberes profesionales empíricos. Raras veces se establece el vínculo entre el trabajo, los saberes teóricos generales y aquellos resultantes de la investigación; a la práctica no se la cuestiona lo suficiente.

Para aumentar la eficacia de la enseñanza, hay que fundir los saberes científicos con los prácticos, y focalizar los esfuerzos en el día a día. La enseñanza es una práctica al igual que, por ejemplo, la medicina, el diseño industrial, la arquitectura, la carpintería; es justo eso lo que legitima la necesidad de una formación anclada en la práctica en clase. Eso implica el poder crear situaciones de cooperación profesional entre pares.

Lo importante es que cada docente, frente a cada alumno, en cada situación, aprenda a:

- aprender de su propia experiencia;
- buscar el origen de las dificultades que observe;
- cuestionar sus evaluaciones, observaciones, representaciones;
- recurrir a teorías, a trabajos de investigación;
- debatir sobre situaciones ordinarias a las que se enfrenta, en un clima de confianza entre profesionales.

Pero, ¿qué profesional aprende solo de su propia experiencia?

Es cuestión, pues, de innovar, en el sentido de introducir algo nuevo dentro de lo establecido, siendo consciente de que esta idea de “lo establecido” es propia de cada uno, y, entonces, que se trata de acompañar las evoluciones en función de cada docente, integrando sobre todo las necesidades de formación que manifiesta.

Es necesario definir un nuevo horizonte para la enseñanza y el docente del siglo XXI, que podría ser útil a un ingeniero pedagógico, consciente de que es tarea suya investigar a partir de

⁶⁷ En los currículos con predominio científico, se puede asimilar esta demanda para el francés, pero sobre todo valorizar las salidas laborales que conciernen la educación primaria, con el fin de incrementar el número de estudiantes de los currículos científicos en los concursos de profesores de escuela.

sus resultados y prácticas, con una visión decididamente científica y colegiada, acompañado por colegas en un trabajo de equipo entre profesionales.^{68, 69}

En un contexto nacional y académico de implementación de la prioridad “triunfar en matemáticas”, el papel de la dirección administrativa y de formación es primordial.

Si la institución mantiene a los distritos como estructuras piloto pertinentes en el primer grado, entonces hace falta enriquecer su fuerza de trabajo y asignarles misiones modernizadas que favorezcan la reflexión, el intercambio entre profesionales responsables y autónomos, las visitas cruzadas entre docentes, y las experimentaciones en el campo matemático, para responder a los desafíos mencionados más arriba.

Debe aspirarse a la colaboración y a trabajar dentro de una red. En efecto:

Hay una relación de causa y efecto entre las comunidades profesionales y la mejora en el éxito de los alumnos que produce efectos en la calidad del trabajo del docente, su moral y el desarrollo de sus competencias, como también de sus prácticas profesionales. En fin, permiten modificar profundamente las culturas profesionales en las escuelas.⁷⁰

El proyecto propone, pues, la modernización de los vínculos de trabajo entre los equipos distritales y los equipos docentes, basada en la búsqueda de cooperación,⁷¹ otorgándole un amplio espacio a la reflexión de los docentes y a la implementación de las condiciones de cooperación arriba enunciadas, a partir de la reapertura en 2018, **sobre un número adaptado de “distritos de aprendizaje”**.

4.2.3. Adaptación y planes piloto: una guía pedagógica para las matemáticas en cada distrito

El proyecto propone, además, nombrar un **guía pedagógico suplementario en cada distrito**, seleccionado sobre la base de su perfil, para desarrollar la enseñanza reflexiva de las matemáticas, comenzando por los docentes de los niveles primarios más elementales. Este esfuerzo facilitará el apoyo a la labor de los inspectores de la educación nacional (IEN) y densificará el acompañamiento de los profesores en las clases, en el marco de una prueba piloto concertada entre el director académico de los servicios de la educación nacional (DASEN) y el referente académico. Este nuevo guía trabajará dentro de un marco definido con los actores (DASEN, IEN de 1º grado, IEN de distrito, etc.) y patrocinadores (IREM, universidades, ESPE). Dispondrá de una formación sólida⁷² para acompañar a los equipos pedagógicos en las matemáticas.

Por otro lado, de acuerdo con la propuesta **M2 (CP-CE1 en REP+)**, el proyecto recomienda hacer un particular esfuerzo, a partir de septiembre de 2018, en el acompañamiento matemático de los profesores del nivel inicial en REP+.

68 François Muller, *Des enseignants qui apprennent, ce sont des élèves qui réussissent*, ESF éditeur, 2017.

69 <http://chaire-unesco-formation.ens-lyon.fr>

70 Hairon S., Dimmock C., *Singapore schools and professional learning communities: Teacher Professional Development and school leadership in an Asian hierarchical system*, Educational Review, 2012, 64(4), pp 405-424.

71 Professional Learning Communities (PLCs) desde hace más de 25 años en EEUU y Lesson Studies en Japón.

72 Según estadísticas internacionales, es necesaria una formación continua durante dos años, de 9 a 12 días al año, eventualmente durante el receso escolar (3-4 días a fines de agosto/Toussaint/febrero).

RECOMENDACIONES

22. **Formación inicial [M1].** Construir, a partir de 2018, la formación inicial de los profesores de escuela al inicio del Bac+1, de manera de asegurar una licenciatura adaptada o un currículo pluridisciplinario, y un volumen suficiente de enseñanza dedicado a las materias fundamentales.
23. Desarrollar sistemas de máximos y mínimos en las licenciaturas clásicas, con mínimos de matemática y ciencias para los no científicos, que les faciliten las competencias mínimas e indispensables para su educación.
24. Crear, en las maestrías Meef de 1º grado (trabajos de docencia, educación y formación) currículos diferenciados que permitan reforzar sustancialmente a los futuros docentes sus conocimientos en las materias donde su rendimiento es menor.
25. **Referente matemático [M14].** Desarrollar la formación matemática continua de los profesores de escuela. Favorecer el desarrollo profesional entre colegas y en equipo dentro de cada distrito, y nombrar un tercer guía pedagógico, el “referente matemático”.
26. Experimentar y evaluar, en cada academia, sobre un número adaptado de distritos, la implementación del concepto de “distrito de aprendizaje”.

4.3. El segundo grado: una formación continua descentralizada y colaborativa, en torno al laboratorio de matemáticas

4.3.1. Desarrollo profesional en equipo

Una acción de formación eficaz debe reposar sobre los trabajos de investigación acerca de la enseñanza de las matemáticas y favorecer el ida y vuelta entre tal investigación y la práctica en clase. Una cooperación duradera entre científicos y practicantes es capaz de hacer evolucionar las prácticas de los docentes matemáticos, con el fin de reforzar la eficacia.

Actualmente, los profesores de matemáticas que participan de acciones de formación continua, generalmente lo hacen a título individual. Para un progreso escalonado, hay que formar a los equipos docentes y desarrollar así un modelo de formación continua de mayor envergadura.

Hoy en día existen modelos de formación colaborativa, en Francia y en el extranjero. Entre ellos, las “Comunidades de aprendizaje profesional”⁷³ y las “*lesson studies*”.⁷⁴ Estas experiencias de formación colaborativa muestran el impacto del trabajo en equipo sobre la eficacia de la formación continua de los docentes, bajo la condición de que estos confíen en ellos

73 <https://fr.linkedin.com/pulse/les-communautés-dapprentissage-professionnel-à-romuald-normand> (source Hairon S., Dimmock C., “Singapore schools and professional learning communities: Teacher Professional Development and school leadership in an Asian hierarchical system”, *Educational Review*, 2012, 64(4), pp 405-424); <http://www.sedl.org/pubs/change34/9.html>

74 <https://www.hepl.ch/cms/accueil/formation/unites-enseignement-et-recherche/enseignement-apprentissage-eval/laboratoire-lausannois-lesson-st/les-lesson-et-learning-study.html>

recíprocamente. Una de los primeros pasos para construir tal confianza es abrir las puertas de las clases; el programa recomienda que **cada profesor visite a sus colegas tres veces al año**.

En Francia, un modelo de formación continua funcionó de manera ejemplar estos últimos años en nuestros liceos: en ocasión de su creación, en el tercer año de la ISN (especialización en informática y ciencias digitales), algunos establecimientos experimentales designaron (sobre una base de voluntarios) uno o más docentes que siguieron una formación disciplinaria (a veces 80 horas repartidas en dos años), a menudo dictada por universitarios (egresados de INRIA, por ejemplo). Estos docentes, habiendo obtenido luego una certificación al final de la formación, se volvieron referentes informáticos en sus establecimientos, y ahora pueden formar a sus pares en la enseñanza de la informática en el liceo.

No es necesario que todos los profesores de un equipo adquieran todas las competencias profesionales (informática, modelización, dominio exhaustivo de la materia, etc.), pero debe hacerse lo propio para que sean repartidas escalonadamente dentro de un establecimiento, con referentes identificados y valorados por sus competencias.

Señalamos que estos modelos de formación colaborativa se desarrollan en los establecimientos denominados “**de aprendizaje**”. El fin es inscribir a esta formación en un nuevo plan de desarrollo profesional, de ser posible, junto con un registro de cargas, con la aprobación del **responsable del establecimiento**; cada año se hará un reporte de las actividades y del equipo pedagógico. Acá, la política del establecimiento adquiere todo su sentido al inclinarse por un proyecto donde se inscriben formalmente los objetivos a alcanzar, las acciones previstas y las formaciones específicas seguidas por cada miembro del equipo.

Ejemplo de acción: un tema de investigación es escogido (la modelización, las matemáticas discretas, etc.). Profesores del equipo se comprometen con el tema, o sea (lista no exhaustiva):

- a participar con un grupo IREM, a entrar en contacto con investigadores o universitarios;
- a asistir a una conferencia organizada por la Asociación de Profesores de Matemáticas de la Educación Pública (APMEP), por ejemplo;
- a leer obras acerca del tema^{75,76} o a seguir una formación de tipo Mooc;
- a hacer que un equipo de alumnos participe de una competencia de modelización.

Entonces, la reflexión colectiva es enriquecida por el aporte de todos. También es oportuno seguir formaciones inscriptas en los planes académicos de formación, ya sea individual o colectivamente. De este modo, la formación continua se articula en torno al equipo, y ya no en torno a los individuos, para ganar estabilidad y acompañar a los docentes que podrían, en cierto momento, atravesar dificultades. Es un cambio de paradigma profundo.

La implementación de un plan así supone, sin embargo, la creación (¡finalmente!) de un **laboratorio de matemáticas** por cada **establecimiento de aprendizaje**.

4.3.2. Creación de laboratorios de matemáticas

Fue durante una conferencia en el museo pedagógico de París, en 1904, que Émile Borel lanzó la idea de la creación de laboratorios de matemáticas. Esta idea, recogida por Jean-Pierre

⁷⁵ Sitio de formación continua de la DGESCO: <http://culturemath.ens.fr/>

⁷⁶ Sitio de la CNRS: <http://images.math.cnrs.fr/>

Kahane y defendida por su comisión de reflexión sobre la enseñanza de las matemáticas, no se concretó hasta 2002, aunque el entonces ministro de educación le hubiese escrito a todos los rectores apoyando la iniciativa.

La proposición presente en este informe define un perímetro centrado prioritariamente en los equipos.

En el marco de una política pública basada en las pruebas,⁷⁷ el proyecto propone experimentar, por una parte, la creación de tales laboratorios en cada establecimiento y, por la otra, su evaluación al cabo de tres años,⁷⁸ antes de decidir sobre la eficacia a la que aspira la medida.

Estos laboratorios deben contar con un equipo específico (equipamiento informático sobre todo) y, consecuentemente, deben ser financiados. Cada región podrá encargarse de esta cuestión.

Este espacio, núcleo renovado de la formación continua y del desarrollo profesional de los docentes, le permitirá a los equipos reunirse, encontrarse con los participantes externos (colegas que implementen prácticas innovadoras, docentes de otras materias o establecimientos, docentes-científicos, etc.), buscar problemas de forma colaborativa, formarse (en la modelización, la didáctica, la experimentación digital, etc.), ayudarse mutuamente durante la preparación a la agregación interna, etc. Si las dimensiones lo permiten, el laboratorio podrá acoger alumnos en la elaboración de proyectos.

En el marco del recorrido profesional, el laboratorio matemático puede adquirir diferentes formas según la naturaleza del establecimiento (campus de empleos, liceo o sección de enseñanza profesional), sus dimensiones, los sectores presentes y la implantación de la estructura en su contexto local (red u otras). La creación del laboratorio de matemáticas será facilitada por la existencia, en estos establecimientos, de un laboratorio de ciencias.

Para el caso de los liceos polivalentes o de una ciudad escolar que integre un liceo profesional, la construcción del equipo disciplinario junto con los docentes de matemáticas, entre ellos los profesores de matemáticas y ciencias, es esencial.

En este contexto, los campus de empleo, por excelencia espacios de formación inicial y continua, y de sinergia entre el nivel secundario y superior, constituyen un lugar propicio para la implementación experimental del laboratorio matemático.

4.3.3. Para que esto funcione

El proyecto identificó dos elementos determinantes: por un lado, el papel del responsable del establecimiento; por el otro, el enriquecimiento externo continuo.

Es responsabilidad del responsable del establecimiento instalar oficialmente el laboratorio matemático mediante una deliberación del consejo de administración, y proveerle un espacio, los medios materiales y los horarios, así como presupuestos para cada proyecto en particular. El responsable juega un rol preponderante al facilitar la organización del trabajo en equipo. Es su deber codirigir, junto con la inspección académica, la acción a mediano plazo, identificando las necesidades en común y recurrentes de los equipos, relacionándolos con los diferentes actores de la investigación y de la formación continua: IREM, universidades, APMEP, ESPE, IFE, centros científicos, CNRS, INRIA, formadores académicos, etc.

⁷⁷ Evidence based - policy: http://www.academie-sciences.fr/pdf/conf/colloque_110915.pdf

⁷⁸ Por ejemplo: Depp, Cnesco, Hcéres.

Un docente del equipo o una persona externa, como un docente-científico o un miembro del IREM, debe integrar el laboratorio como coordinador o referente.

Los equipos de la dirección deben organizar el empleo del tiempo observando la obligación de reservar un espacio para que el equipo de matemáticas se reúna fácilmente (36 horas por año, por ejemplo, que pueden repartirse de a una hora por semana, dos por quincena, etc.). Para que una organización semejante funcione anualmente, deben contemplarse las horas de servicio de los docentes. De este modo, puede planificarse que a cada profesor del equipo se le atribuyan 18 horas anuales de su tiempo de servicio para una formación de 36 horas dentro del establecimiento de aprendizaje. Esta formación permanente forma parte del PPCR (“Recorrido profesional, carrera y remuneración”).

4.3.4. El particular papel de los IREM

Queremos destacar particularmente el papel crucial de los IREM, patrocinadores históricos e institucionales de los equipos docentes de matemáticas, lo cual ha sido recordado por numerosas personas de las consultadas en las audiencias. Los IREM, entonces, cuya red cubre prácticamente la totalidad del territorio, deben implicarse de lleno en la formación continua dentro de los establecimientos de aprendizaje, y comprometerse con el patrocinio de los laboratorios de matemáticas. Claramente pregonamos **un verdadero y poderoso ascenso** de los IREM en este nuevo modelo de formación continua, tanto en matemáticas como en informática. Es por eso que ahora ya creemos necesaria la integración plena de una unidad de investigación sobre la **enseñanza de la informática** en los IREM.

Para terminar, vale la pena agregar que las estructuras tutelares (rektorados, universidades) deben comprometerse de modo contractual, como lo hicieron para la continuidad de los currículos de los estudiantes de liceo con el Bac-3/Bac+3, con el fin de precisar los lineamientos de un patrocinio eficaz entre las diferentes unidades universitarias afectadas y los establecimientos de aprendizaje.

4.3.5. La dimensión internacional

Como señal de su importancia, la formación continua de los docentes figura en la agenda de la Unión Europea, y ofrece una oportunidad que debe aprovecharse. En el marco del “**Programa Erasmus+**”,⁷⁹ el personal de los establecimientos escolares (particularmente los docentes) puede realizar proyectos de enseñanza en un establecimiento escolar europeo asociado, o bien, seguir una formación (periodo de observación, participación en un curso estructurado) en un establecimiento escolar u otro organismo activo en la educación escolar europea.

Este tipo de proyecto, que puede o no permitir descubrir prácticas innovadoras y eficaces en los demás sistemas educativos europeos,⁸⁰ está emparentado con un plan de formación continua que permite mejorar la calidad del establecimiento y desarrollar su marco internacional.⁸²

79 <http://www.agence-erasmus.fr/page/mobilite-scolaire>

80 <https://www.researchgate.net/project/DrIVE-MATH-Development-of-Innovative-Mathematical-Teaching-Strategies-in-European-Engineering-Degrees>

81 <https://www.researchgate.net/project/DrIVE-MATH-Development-of-Innovative-Mathematical-Teaching-Strategies-in-European-Engineering-Degrees>

RECOMENDACIONES

27. **Desarrollo profesional en equipo [M15].** Desarrollar la formación continua de los profesores de matemáticas a nivel local, dentro de una lógica de confianza, entre pares y en equipo; promover la observación conjunta; separar un tiempo en común en los empleos del tiempo; identificar el capital humano.
28. **Laboratorio de matemáticas [M16].** Experimentar, financiar y evaluar, durante tres años y a partir de septiembre de 2018, en al menos cinco establecimientos y un campus de empleo por academia, la implementación de laboratorios de matemáticas, ligados con la educación superior, y concebidos como espacios de formación y reflexión (disciplinaria, didáctica y pedagógica) de los equipos.
29. Permitirle a cada docente de matemáticas visitar, tres veces por año, las clases de sus colegas, con el fin de compartir y fomentar la confianza.
30. El responsable del establecimiento debe dinamizar el desarrollo de los equipos disciplinarios (identificación de las necesidades, acciones de formación).
31. Prever el trabajo colaborativo en el empleo del tiempo.
32. Garantizar el acompañamiento (científico, didáctico, pedagógico) de los equipos en los establecimientos y su evaluación.
33. Incentivar a los profesores de matemáticas a participar de proyectos en otros países europeos a través del programa Erasmus+.

4.4. Los aportes de la investigación

Considerando su importancia, el vínculo actual entre el sistema educativo y la investigación es notablemente insuficiente. Parece ser necesario intensificar la transmisión de los aportes de la investigación y la difusión de los saberes prácticos, pero, sobre todo, asegurar una publicidad más amplia. A pesar de las apariencias, lejos está de ser asimétrica la relación entre docentes y científicos. Claro está que la docencia se nutre de los resultados, más o menos recientes, de la investigación, pero no debe olvidarse que el trabajo de los docentes también alimenta el de los científicos. Por eso es importante entablar un contacto más estrecho y sencillo. El papel reforzado que el programa quisiera ver en manos de los IREM, sobre todo como animadores del campo, debería facilitar la fortificación de este eje.

En el curso de su formación inicial, el docente se encuentra indirectamente en contacto con los resultados de la investigación, ya que muy a menudo sus formadores son docentes-científicos (ESPE, universidades). Debe garantizarse, desde esta etapa, una iniciación en la práctica directa de la investigación, sobre todo en los cursos de las maestrías. Este comienzo precoz es indispensable para posibilitar luego el diálogo fluido con los científicos.

Sin embargo, para un docente, el aporte de la investigación se ubica, principalmente, mucho después de su formación inicial. Es a lo largo de toda su carrera que debe actualizar y renovar sus conocimientos. Aunque no sea pertinente distinguir aquí, como en las secciones precedentes, entre primario y secundario, queda claro que la necesidad, en este campo, se

encuentra extremadamente diversificada. No es la misma para un profesor de primaria que para uno universitario u otro del liceo profesional. Algunos se interesarán principalmente en la investigación pedagógica, otros en los nuevos resultados de tal o cual rama de la materia, y otros en la historia de las matemáticas, sin que esto pueda ser exclusivo, desde ya. De este modo, los aportes de la investigación se reparten en dos grandes ejes; uno centrado en la pedagogía, y el otro en lo disciplinario e histórico.

Respecto del primer eje, está claro que los conocimientos psicológicos infantiles y adolescentes son absolutamente indispensables para todo docente, y las ciencias cognitivas nos recuerdan, por ejemplo, que existen cuatro factores principales para un aprendizaje exitoso: la atención, el compromiso activo, la respuesta informativa, y, finalmente, la consolidación.⁸² En este campo, también se sacará provecho de los informes establecidos por instituciones internacionales como la OCDE.⁸³ Es importante abordar estos puntos, tanto en la formación inicial como en la continua.

Respecto del segundo eje, las matemáticas tienen la suerte de contar con un instituto de investigación especialmente consagrado a su enseñanza. En cuanto a las demás materias, no disponen de un ente similar a los IREM, que constituyen un lugar privilegiado para el encuentro entre docentes y científicos. Es de destacar la diversidad de las temáticas abordadas, que cubren casi todos los campos de las matemáticas y su enseñanza. En ellos se realizan numerosas investigaciones sobre la historia de las matemáticas, cuyas virtudes pedagógicas fueron comprobadas. De tal modo, para entender mejor la función lineal, un regreso a los orígenes cartesianos de la geometría analítica puede ser muy útil. Así pues, en los laboratorios matemáticos no se puede sino incentivar el ascenso de los IREM, que de tal manera podrían adquirir un rol mayor en el acercamiento entre docentes y científicos, o docentes-científicos de la universidad. La cuestión, compleja del punto de vista administrativo, de la consideración horaria o financiera de tales intervenciones, no podrá evitarse.

Asimismo, las matemáticas disponen de un instituto de investigación dentro del CNRS que se ocupa de la dirección a nivel nacional de la investigación matemática: el INSMI (Instituto Nacional de las Ciencias Matemáticas y sus Interacciones). La totalidad de los científicos del INSMI están afectados a laboratorios universitarios distribuidos en todo el territorio.

El CNRS puede entonces devenir un actor importante en el desafío de la formación matemática.⁸⁴ Esto podría darse, por ejemplo, mediante delegaciones dedicadas a los docentes-científicos.

Por su parte, en el marco de la extensión del campo y de las condiciones de enseñanza del premio a la excelencia científica (PES), los científicos del CNRS y del INRIA están cada vez más ansiosos de dirigirse a un público más variado, no solo a los especialistas, y, sobre todo, de estar más comprometidos con la formación de los docentes o el desarrollo de actividades para públicos extrauniversitarios.⁸⁵ El plan propuesto en el presente informe para la formación continua *in situ* debe poder hacer de ello una realidad.

82 Bases cognitivas del aprendizaje de las matemáticas, de Stanislas Dehaene <http://www.college-de-france.fr/site/stanislas-dehaene/course-2015-03-03-09h30.htm>

83 *Critical Maths for Innovative Societies, the role of metacognitive pedagogies* http://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oecd/education/critical-maths-for-innovative-societies_9789264223561-en#page1

84 Sobre el aporte de la investigación, también sería conveniente darle un lugar a la informática y extender el compromiso, no solo a los IREM, sino también al CNRS junto al INS2I y el INRIA, cuya pericia en el campo está reconocida internacionalmente, e incentiva enérgicamente a sus científicos a intervenir en el liceo, tanto en la informática como en las matemáticas aplicadas.

85 <http://audimath.math.cnrs.fr>

En suma, vale recordar que existe un buen y un mal uso de la investigación en la docencia. Por eso es indispensable que el uso que de ella se haga sea pertinente. Tal cual lo demuestran las matemáticas modernas, la intención de actualizar la enseñanza a través de los aportes de la investigación puede ser contraproducente. Las matemáticas enseñadas en el primer grado no han cambiado mucho desde la época en que Condorcet escribía sus *Medios para aprender a contar con seguridad y facilidad*, y tampoco se observa que las capacidades cognitivas de un niño de seis años hayan cambiado demasiado.

RECOMENDACIONES

34. Crear un eje en la formación inicial y continua sobre las cuestiones que versan sobre la memorización, la comprensión, la atención, la implicación activa y la evaluación formativa.
35. Crear y difundir una obra accesible que precise los aportes de las ciencias cognitivas y de la psicología cognitiva, para una enseñanza acorde a las realidades de la clase.

5. HERRAMIENTAS EFICACES PARA LOS DOCENTES

La comisión se centró en el uso del libro de texto y de los recursos por parte de los docentes. La bibliografía y las encuestas son abundantes al respecto. La articulación entre el soporte papel (más eficaz por la adhesión) y el digital (más ligero e interactivo) forma parte de la reflexión.

5.1. El libro de texto

Las publicaciones oficiales abordan poco los libros de texto escolares y sus usos en el aula. Mientras que en los programas de francés del Ciclo 2⁸⁶ puede leerse: “el uso de libros de texto o de herramientas elaboradas por la clase, especialmente como apoyo a la escritura”; en cambio, en los programas de matemáticas no se hace mención de ellos. Sin embargo, como señaló Jean-Louis Durpaire:⁸⁷ “aunque lo digital cumple un papel cada vez más importante para la preparación de clases, los libros de texto escolares continúan siendo el principal recurso pedagógico para los docentes”.

5.1.1. Su uso y utilidad

Durante la Conferencia de Consenso “Números y operaciones: primeros aprendizajes en la escuela primaria” de noviembre de 2015, el Cnesco se volcó hacia los libros de texto escolares de matemáticas en la escuela primaria, propuso un análisis descriptivo de la oferta editorial –sin duda, demasiado abundante (120 títulos en 2015, más de 140 títulos en la actualidad)– y su uso en el aula. En este estudio,⁸⁸ se considera como libro de texto escolar cualquier soporte pedagógico (libros o fichas). Las observaciones hechas revelan que algunos docentes no utilizan el libro de texto en soporte papel, incluso si está presente en el aula, prefieren concebir su propia progresión, a partir de recursos diversos (libros de texto múltiples, recursos en línea). Lamentablemente, son muchos los que fotocopian o descargan recursos de acceso libre (o que consideran como tales). Causa o consecuencia, en algunos establecimientos el presupuesto destinado a las fotocopias (por alumno y por año escolar) ¡supera al destinado a la compra de libros de texto!

El mayor riesgo es el de una pérdida de coherencia en los aprendizajes: a veces se registran en la escuela primaria hasta cinco libros provenientes de colecciones diferentes, y de una falta de progresividad en la construcción de nociones. De hecho, como lo demuestra Jean Nemo⁸⁹ para el primer grado:

Un método eficaz de enseñanza de las matemáticas es, en primer lugar, una progresión, a menudo elaborada en varios años, en la presentación de nociones, en la representación de números, en la transición de lo concreto a lo abstracto, en la repetición de los aprendizajes, de los entrenamientos y prácticas. Por lo tanto, el libro de texto debe garantizar esta coherencia, sin, no obstante, perjudicar la libertad pedagógica del docente. En definitiva,

86 http://www.education.gouv.fr/pid285/bulletin_officiel.html?cid_bo=94753

87 Jean-Louis Durpaire, Mesa redonda 12.

88 <http://www.cnesco.fr/wp-content/uploads/2015/11/Manuels.pdf>

89 Jean Nemo, Mesa redonda 12.

si se piensa en algunas situaciones de suplencia de docentes, el libro de texto es el primer recurso (y, tal vez, el único) con el que cuenta el profesor suplente al momento de conocer su tarea, a veces, algunas horas antes de su primera clase.

Por otro lado, las decisiones editoriales, comunes a una gran mayoría de libros de texto de matemáticas, han llevado a **la escasez y casi desaparición** de pruebas y otras demostraciones a favor de actividades simples de descubrimiento y de gran cantidad de ejercicios de aplicación directa; pocas veces se ofrecen ejercicios con varios niveles de profundidad y razonamiento. Entonces, aunque en los programas constituye un elemento central en la enseñanza de las matemáticas, la demostración desapareció de los libros de texto escolares. Al respecto, se puede considerar que muchos de los libros de texto de matemáticas que están actualmente en el mercado no se corresponden con las ambiciones y expectativas de las instituciones y de sus programas. Como si fuera poco, esto lleva a una pérdida del rumbo didáctico, en particular, en las escuelas más vulnerables, ya que se incita a ciertos docentes a abandonar este aspecto crucial de la enseñanza de la disciplina, con el pretexto de que el libro de texto lo hace.

Como herramienta privilegiada de los docentes, el libro de texto de matemáticas debe conservar una ambición de rigor y de calidad en sus contenidos. Para que el libro de texto recupere la confianza de los docentes y retome sus funciones didácticas y pedagógicas, es fundamental:

- que sea elaborado en un tiempo suficientemente largo y que refleje la existencia de una cultura común compartida;
- que sea una herramienta indispensable, fácil de usar;
- que los equipos convengan en una continuidad y estabilidad respecto del uso del libro de texto de referencia dentro de la escuela o del secundario;
- que los encargados de seleccionar y comprar el material cuenten con un mayor criterio, incluso determinadas entidades territoriales;
- que los docentes sean capacitados en el uso de los libros de texto escolares en el marco de su formación inicial y profundicen su reflexión sobre este uso en una capacitación continua;
- que se reflexione⁹⁰ sobre la situación actual del libro de texto escolar y su evolución, ante el surgimiento de herramientas digitales (libros de texto digitales con uso de tablas y cuadros digitales interactivos). Los recursos digitales se desarrollarán más detenidamente en el §5.3.

En un informe del IGEN,⁹¹ Jean-Louis Durpaire nos recuerda que en la escuela primaria no todos los libros de texto son conformes a los programas, y que su uso no es por etapas; puede haber ¡dos o tres generaciones de diferencia!

En definitiva, es necesario permanecer alerta sobre el uso masivo de recursos como los “archivos”, en particular, para las clases del Ciclo 2, cuya costosa renovación es necesaria para cada inicio del ciclo lectivo. Este tipo de libros de texto puede encerrar al docente en una reflexión didáctica demasiado rígida y desarrollar en el alumno una sistematización poco capaz de construir sentidos, en particular, por la práctica de una escritura demasiado fragmentada.

⁹⁰ Recomendación formulada por el Cnesco en 2015.

⁹¹ Durpaire, J. L.; Cristofari, Y., Saint-Marc, C. y Villain, J. P.: *Le manuel scolaire à l'heure du numérique à l'école primaire*, abril de 2010, Informe no publicado.

5.1.2. Un poco de luz sobre su selección

El libro de texto es una obra paradójica, ya que no es elegido por el usuario al que está directamente destinado: el alumno. Por lo tanto, se plantea la importante cuestión referida a la selección de libros de texto por los docentes y a los motivos de su elección. Se debe acompañar a los equipos en su lectura reflexiva de la oferta editorial, pues no se perciben, a simple vista, las decisiones de los editores y autores, la calidad y los defectos de los libros de texto, su conformidad con los programas, su coherencia. Es preciso brindar a los docentes una herramienta que les permita una elección acertada, sobre la base de una serie de criterios pertinentes.

Recomendamos que un comité científico⁹² evalúe el contenido de cada libro de texto escolar. La guía de lectura publicada al término de este proceso no sería ni una validación, ni una sanción de los libros de texto examinados, sino una herramienta para que los docentes justifiquen su elección. Podría brindar a los diseñadores de libros de texto prioridades pedagógicas, didácticas, pero también económicas, permitiéndoles dar forma al contenido de los programas de manera adaptada.

RECOMENDACIONES

- 36. Libros de texto [M20].** Los libros de texto de matemáticas serán evaluados por un comité científico y ordenados en una escala de acuerdo con los criterios pautados por el propio comité.

5.2. Recursos materiales

Los objetos matemáticos son abstractos, por lo tanto contruidos teóricamente. Epistemológicamente, es importante respetar la progresión que permite pasar de un objeto familiar y sensible (la manipulación en un juego, por ejemplo) a la generalización de los hechos y fenómenos al entrar en contacto con el simbolismo. No es posible enseñar Matemáticas a los más pequeños si no experimentan situaciones. La experiencia vivida y manipulable de los alumnos favorece la adquisición de conocimientos y su memorización. Por esta razón, el material didáctico y pedagógico en el que se basan estas experimentaciones ocupa un lugar central.⁹³ La relación que los docentes establecen y mantienen con los diferentes materiales es crucial para la creación de situaciones de aprendizaje pertinentes, eficientes y para la creación de escenarios. Es importante entonces:

- desarrollar la manipulación de materiales pedagógicos para el aprendizaje del cálculo, operaciones, fórmulas geométricas en 2D o 3D, etc., como fichas, cubos encajables, Material Base 10, ábacos, regletas de colores, tablas con clavos o geoplanos, mosaicos con formas geométricas, Tangram, sólidos geométricos para rellenar con agua o arena, etc. (cf. §5.3);
- mantener y continuar, en la medida de lo posible, la manipulación en la construcción de objetos matemáticos (más allá del Ciclo 3);

⁹² El CSP o el Consejo Científico de la Educación Nacional determinará las modalidades prácticas.

⁹³ Como lo señala un reciente estudio llevado a cabo en Inglaterra en 2017. https://educationendowmentfoundation.org.uk/public/files/Publications/Campaigns/Maths/EEF_-_Maths_KS2_KS3_Guidance_A3_Recs_Poster.pdf y https://educationendowmentfoundation.org.uk/tools/guidance-reports/maths-ks-two-three?utm_content=buffer0a206&utm_medium=social&utm_source=twitter.com&utm_campaign=buffer

- disponer de equipos de medición: balanzas, metros y decímetros, vasos dosificadores, recipientes y cajas vacías, relojes y cronómetros mecánicos, etc.;
- prestar una atención particular a las características pedagógicas y didácticas de los materiales utilizados en el aula y al efecto inducido sobre los aprendizajes de los alumnos;
- brindar a los equipos ejemplos de aplicación de sesiones que incluyan recursos materiales reconocidos;
- conceder a cada escuela un presupuesto para la compra de material pedagógico destinado a las matemáticas.

Las situaciones experimentales vividas por los alumnos requieren de su creatividad, desarrollan su motivación, fomentan su espíritu de autonomía e iniciativa.

Juegos

Al trabajar los fundamentos mediante un enfoque diferente, el juego contribuye también a la formación matemática de los alumnos.^{94,95,96} Los juegos tradicionales (como el ajedrez), los juegos de reglas (juegos de cartas, juegos de tablero para los primeros grados, juego de la Oca, etc.) y los juegos de construcción estimulan el razonamiento lógico y contribuyen a crear o restaurar el placer por las Matemáticas (tanto para el alumno como para su profesor). Todos estos juegos son excelentes herramientas para descomponer-componer números y practicar razonamientos, pero no se los utiliza lo suficiente; en cierto modo, “la enseñanza es, a veces, demasiado conceptual”, como afirma Jean-Louis Durpaire. Los BCD, los CDI y los espacios de vida escolar (transformados en CCC, Centros de Conocimientos y de Cultura) deben ser lugares privilegiados para dar vida a la cultura matemática y valorarla, especialmente, en su dimensión lúdica. Estos centros de cultura y de “una manera distinta de aprender” deben, en la medida de lo posible:

- enriquecerse por medio de recursos de matemáticas adaptados para los alumnos y para los docentes (obras interesantes, juegos, etc.);
- acondicionar espacios de ludotecas y espacios para construir o manipular (*makerspaces*, *fablabs*) y, **sobre todo, estar abiertos en el recreo.**

RECOMENDACIONES

- 37. Infraestructura [M4].** Proponer a todas las escuelas una infraestructura de base, acompañada de tutoriales, que favorezca las manipulaciones de objetos reales o virtuales.

5.3. Entornos digitales

Lo digital es un elemento indispensable en la enseñanza, en un contexto en que el aumento de la oferta de herramientas de aprendizaje que permiten una enseñanza más personalizada

94 Julian Alvarez, *What is a serious game?* https://www.canal-u.tv/video/eduscol/journee_d_etude_ehess_menesr_intervention_de_julian_alvarez_les_jeux_a_l_ecole_what_is_a_serious_game.18150

95 https://www.lesechos.fr/04/07/2017/LesEchos/22479-117-ECH_navadra--le-jeu-video-qui-fait-progresser-tous-les-eleves-en-maths.htm

96 <http://eduscol.education.fr/math/actualites/actualites/article/navadra-1.html>

y mejor diferenciada es patente. Permite, sobre todo, facilitar el derecho a la experimentación, primera etapa de los aprendizajes.

5.3.1. Aprendizaje inteligente

En la enseñanza de las Matemáticas, las herramientas digitales (interactivas, multiplataforma, etc.) intervienen de muchas maneras, desde la geometría dinámica hasta los ejercitadores, pasando por la pizarra digital interactiva, el libro digital o la Tablet. Los recursos digitales y aplicaciones sumamente interactivas se potencian con la inteligencia artificial, según el enfoque digital (tratamiento de los datos de aprendizaje) o simbólico (sistemas expertos e ingeniería de conocimientos). Dan lugar a nuevas funcionalidades, brindan instrumentos pedagógicos, didácticos y de análisis para la adaptación y personalización.⁹⁷

- **La personalización de las trayectorias de aprendizaje** permite contextos diversos de aprendizaje, la gestión de la diversidad cognitiva de los alumnos y la aplicación de trayectos y actividades adaptados en función de la necesidad de cada alumno (dificultades, ritmo de aprendizaje y de memorización). De este modo, el alumno cuenta con un tutor personal.
- **La validación exigida por las interacciones alumno-conocimiento:** estas herramientas facilitan el desarrollo de los automatismos al trabajar la repetición con un diagnóstico no estigmatizante a lo largo de la práctica. Esto es particularmente pertinente en la enseñanza primaria para fijar los automatismos fundamentales de la memoria (tablas de multiplicar, cálculo, ortografía, reglas gramaticales elementales, etc.). El alumno puede vencer el miedo y recuperar la confianza en sí mismo.
- **La visualización de procesos matemáticos y algorítmicos** ayuda a la comprensión, por ejemplo, en el marco de la geometría dinámica y de los “duendes” de Scratch.
- **El fácil acceso al juego** (juegos epistémicos digitales, videojuegos, etc.), en particular en su dimensión de compromiso personal, se convierte en una experiencia de aprendizaje personalizado.
- **La posibilidad de acción directa por parte del alumno** en una situación matemática (por ejemplo, una vez más, en el marco de la geometría dinámica) le permite apropiarse de las nociones en juego.

Estas funcionalidades proporcionan al alumno y al docente un acompañamiento inteligente. Se “potencia”, de este modo, la dimensión pedagógica del docente (según la fórmula de Gérard Giraudon)⁹⁸ Se aligera su carga cognitiva mediante el uso de diferentes procesos automatizados de la información (análisis de trazas, mapeos del aprendizaje y de conocimientos, etc.), que le permiten comprender mejor los resultados de los alumnos, sus modos de aprender, y ver de qué modo brindar una respuesta adaptada.

5.3.2. Personalización, diferenciación, discapacidad

Las herramientas digitales cumplen un papel clave en la gestión de situaciones particulares (discapacidad, precocidad, etc.), para la personalización de trayectos y la diferenciación pedagógica.

⁹⁷ R. Luckin, W. Holmes, M. Griffiths & L. B. Forcier Intelligence Unleashed – an Argument for AI in Education, 201, <https://www.pearson.com/content/dam/one-dot-com/one-dot-com/global/Files/about-pearson/innovation/Intelligence-Unleashed-Publication.pdf> (agradecemos a Vanda Luengo por su comunicación).

⁹⁸ INRIA, Audiencia 2.

Uno de los desafíos es la lucha contra la deserción, el fracaso y el aislamiento escolar. Un segundo desafío crucial es el acompañamiento de los alumnos con discapacidad, en los que es fundamental explorar y desarrollar enfoques digitales, como la creación de prótesis memorísticas o cognitivas, la detección y corrección de los trastornos DIS, la traducción francés/LSF (lengua de señas francesa) y francés/FALC, el enriquecimiento del entorno de los alumnos con dificultades cognitivas en relación con la realidad aumentada.⁹⁹ Las herramientas digitales brindan respuestas personalizadas y eficaces a los alumnos que presentan necesidades educativas particulares, como lo demuestran los documentos del ministerio.^{100,101}

5.3.3. Producción y suministro de recursos

Aunque lo digital se inscribe de manera progresiva en el marco educativo, cabe señalar el papel importante del docente y de la institución (*cf.* §6.3). El docente necesita crear sus propios trayectos y contenidos. Para él, es importante contar con páginas modificables y adaptables. Esto supone la formación de los docentes para que sean capaces de analizar las herramientas, de aprehenderlas mejor y de seleccionarlás en función del contexto.

De igual modo, es necesario producir y compartir los recursos sobre la base de una coconcepción que incluya a todos los participantes. Citemos el proyecto Calcul@Tice, impulsado por la academia de Lille. Un equipo departamental compuesto por docentes de primero y segundo grado, dirigidos por IEN y IA-IPR, elaboró recursos, actualmente desplegados a nivel nacional.¹⁰² Asimismo, deben desarrollarse redes sociales destinadas a la animación comunitaria, junto con asesores virtuales. Un acceso a estos recursos ocupará un lugar importante en un portal único para la enseñanza de las Matemáticas. Ante el aumento de recursos en línea, la cuestión de su evaluación según protocolos científicamente válidos es también un desafío crucial; el caso de Australia puede servir de ejemplo.¹⁰³ Consideramos que los recursos humanos destinados al portal nacional de recursos¹⁰⁴ son insuficientes para garantizar el rol pautado en el presente informe.

RECOMENDACIONES

38. **Auge de un portal de recursos [M21].** Suministrar a este portal recursos referidos a las matemáticas, medios logísticos y de funcionamiento suficientes para cumplir completamente con sus objetivos.
39. Priorizar los recursos IA, incluidos los diseñados por empresas, que sirven para gestionar la diferenciación pedagógica, para considerar la personalización de los trayectos, en particular los que fueron especialmente concebidos para la discapacidad.
40. Proponer recursos de Matemáticas para el Ciclo 2 en el banco de recursos digitales para la escuela,¹⁰⁵ con la colaboración de los editores.

99 DNE, Audiencia 12.

100 <https://pedagogie.ac-reims.fr/images/stories/actus-carrousel/id4391/numerique-handicap.pdf>

101 <http://www.education.gouv.fr/cid207/la-scolarisation-des-eleves-en-situation-de-handicap.html>

102 <http://calculatice.ac-lille.fr/calculatice/spip.php?article388>

103 <http://www.scootle.edu.au/ec/p/home>

104 <http://eduscol.education.fr/math>

105 <http://ecolenumerique.education.gouv.fr/brne>

6. MATEMÁTICAS Y SOCIEDAD

6.1. Padres

A menudo, la relación de los padres con la enseñanza de las matemáticas resulta dolorosa. Considerada a veces como elitista, se percibe la disciplina como un factor clave de selección en los procesos de orientación hacia las carreras consideradas más prestigiosas. La ansiedad y el sentimiento de impotencia de determinados padres frente a las dificultades precoces que presenta su hijo en la materia, menoscaban la confianza en su éxito y afectan su aprendizaje. Estas dificultades repercuten en la experiencia escolar de los padres en cuestión y contribuyen a alimentar una imagen “traumatizante” de las matemáticas.

Por este motivo, es fundamental reanudar el vínculo entre los padres y la enseñanza de las matemáticas, “reconciliarlos”, para que se sientan partícipes de la educación de sus hijos en matemáticas. Ciertamente, para instaurar la confianza necesaria y promover una imagen positiva de las matemáticas, conviene abrir la escuela y el aula a los padres. No se trata aquí de una reunión de carácter meramente administrativo, sino de invitar a los padres a los talleres para que conozcan los contenidos, actividades e investigaciones en matemáticas que llevan a cabo sus hijos.¹⁰⁶

Por ello, no se debe temer por la participación de los padres en el auge de las matemáticas dentro del establecimiento (semana de las matemáticas, jornada de puertas abiertas, entrega de premios, invitaciones a personalidades, etc.) y de informarles sobre la oferta extracurricular: concursos, competencias,¹⁰⁷ talleres, clubes, visitas, colaboraciones, etc. De este modo, la experiencia educativa extracurricular puede reconectar a los padres con el aprendizaje de sus hijos, fomentar su participación, desarrollar su sentido de la competencia y su capacidad para actuar en el apoyo escolar.

Aunque primordial, el trabajo personal fuera del horario escolar puede provocar desigualdades. Se sanciona, particularmente, a los alumnos cuyos padres están más alejados de los conocimientos y códigos de la escuela. De hecho, estos padres se encuentran en mayor desventaja para acompañar a sus hijos en el aprendizaje de las matemáticas. Pese a sentirse a gusto con la disciplina, algunos de ellos pueden, no obstante, presentar dificultad ante una noción matemática, ya que no entienden la construcción. Para permitirles acompañar con mayor tranquilidad el aprendizaje en matemáticas de sus hijos, es necesario:

- que se les explique, de manera más sencilla,¹⁰⁸ los contenidos y métodos (cf. §3.1.1);
- que el docente explique en detalle sus expectativas sobre el trabajo personal del alumno, especialmente en la instancia evaluativa.
- que se pongan a disposición de las familias recursos (principalmente, en línea), como una extensión del trabajo áulico;¹⁰⁹
- que los padres sean alentados para proponer a su hijo situaciones lúdicas de aprendizaje en matemáticas.

¹⁰⁶ Según algunas experiencias: todos los padres asisten a diferentes talleres en el transcurso de una tarde.

¹⁰⁷ Las competencias en equipo fomentan el espíritu de iniciativa, la curiosidad y la creatividad. Su organización, por un grupo de alumnos que actúa solo o bajo la supervisión de los profesores o de los padres, fomenta el desarrollo de una cultura matemática e impulsa el deseo por la investigación en esta disciplina.

¹⁰⁸ [http://www2.assemblee-nationale.fr/static/15/commissions/CAffCult/Mission flash parents-école note de synthèse2.pdf](http://www2.assemblee-nationale.fr/static/15/commissions/CAffCult/Mission%20flash%20parents-%C3%A9cole%20note%20de%20synth%C3%A8se2.pdf)

¹⁰⁹ <http://calculatice.ac-lille.fr/calculatice/spip.php?article388>

6.2. Actividad extracurricular

Por definición, la actividad extracurricular¹¹⁰ refiere a las actividades que se llevan a cabo alrededor de la escuela, por lo tanto, alejadas de la dimensión escolar *stricto sensu*. Es normal, entonces, que estas actividades sean fundamentalmente diferentes, tanto en su organización como en sus objetivos. Se reconoce el enriquecimiento de los aprendizajes escolares, a través de algunas actividades extracurriculares como los juegos de ingenio (ajedrez, bridge, magia, payasos matemáticos,¹¹¹ algunos videojuegos, etc.). Empero, aunque se encuentran disponibles portales nacionales como la Fundación Blas Pascal¹¹² o Animath,¹¹³ la integración de este tipo de actividades en las escuelas y establecimientos no se la valora del todo.

En términos más generales, por mucho que las actividades extracurriculares parezcan funcionar bastante bien en algunos ámbitos (artísticos y deportivos, principalmente), cuando se recurre a ellas en matemáticas, suele hacerse de manera anecdótica y esporádica, a pesar de la riqueza de la oferta actual. Cabe señalar que la actividad extracurricular se desarrolla, desde luego, en la primaria por la estructura de la organización. Las problemáticas, por el contrario, son más patentes en la escuela secundaria. El objetivo de la siguiente reflexión es remediar esta situación.

Nos resulta alarmante constatar la fragilidad y tensión financiera de todo el sector, que debe hacer frente a las mayores dificultades para conseguir fondos privados, y recomendamos una mayor inversión pública en la actividad extracurricular.

A fin de cuentas, lo extracurricular refiere a la cultura científica, en este caso a la cultura matemática, dirigida a toda la sociedad. Este tema está menos desarrollado en Francia que en otros países, y un esfuerzo beneficioso de recuperación ya está en curso.

6.2.1. Su importancia y su razón de ser

La actividad extracurricular es un lugar de innovación y descubrimiento, pero no debe y no puede sustituir a la escuela. El contrato que vincula a los actores y participantes es diferente, el proyecto no es el mismo, no existe un programa nacional, no existe evaluación en el sentido escolar de la palabra, no se considera en la trayectoria del alumno. Además, las experiencias eficaces en un ámbito restringido no se expanden, necesariamente, a gran escala. La actividad extracurricular sigue siendo una propuesta complementaria y desigual en el terreno, que requiere de una mejor articulación en virtud de una flexibilidad de la organización escolar. Este dispositivo debe integrarse al proyecto institucional y valorar las acciones llevadas a cabo por los docentes. El director de la institución puede desempeñar plenamente su función, mediante la apertura de horarios y teniendo en cuenta las necesidades.

El tema de la motivación no se limita a la de los alumnos; la motivación de los docentes también cumple un papel crucial. Al encontrar otros métodos y otros objetos matemáticos, al practicar nuevas modalidades pedagógicas, cambian su mirada respecto de sus alumnos y de

110 Circular N° 2013-036 del 20 de marzo del 2013, Anexo 3: http://cache.media.education.gouv.fr/file/12/50/8/PEDT_an-nexes3_4_5_245508.pdf

111 Cédric Aubouy, <http://ilelogique.fr>

112 <http://fondationblaisepascal.strikingly.com>

113 <http://www.animath.fr>

su materia. A menudo, entre los docentes, descubrir el mundo de la actividad extracurricular es motivo de placer. Apoyándose en encuentros, en experiencias nuevas con los objetos de su disciplina, el docente puede continuar ejerciendo la actividad de matemático y participar en su desarrollo profesional. En particular, esto puede resultar importante en la dinámica de “reconciliación” de los profesores de escuela con las matemáticas cuando sienten necesidad.

Tampoco se trata de creer que la actividad extracurricular es la panacea. Existe el riesgo de una inversión menor por el alumno en clase: al recibir un apoyo externo (por ejemplo, gracias a la participación de asociaciones socias para el éxito escolar, como Coup de pousse,¹¹⁴ ZUPdeCO¹¹⁵), el alumno puede pensar, equivocadamente, que no necesita movilizarse durante la etapa de aprendizaje en el aula. También es motivo de preocupación “la doble sanción” que algunas formas de repetición, demasiado escolares, imponen a los alumnos con dificultades, fuera del aula. Estos alumnos tampoco están motivados por tales modalidades de apoyo.

La actividad extracurricular cumple una función importante en la lucha contra las desigualdades sociales y culturales. Esta función es crucial en la carrera profesional, en la que los determinismos de género son, particularmente, evidentes. De esta manera, el acceso a las actividades extracurriculares (clubes de matemáticas o científicos, talleres de investigación MATH.en.JEANS,¹¹⁶ salidas con carácter científico) permitiría a cualquier alumno —y, en particular, a nivel profesional— iniciarse en un ámbito crucial para su formación ciudadana: más allá de las matemáticas, la actividad extracurricular actúa en el fomento de la diversidad social y cultural (cf. §6.3). La participación activa de los alumnos y las competencias desarrolladas en ese marco, deberían ser valoradas, integrando, de un modo u otro, los “complementos” en el bachillerato o registrándolas en los expedientes de los estudiantes. Añadamos, por último, que la actividad extracurricular brinda ocasiones excepcionales a los alumnos más motivados para desarrollar su talento y profundizar sus conocimientos, en particular mediante concursos y proyectos (France IOI, Kangourou, Animath, TFJM, etc.).

6.2.2. Escolar y extracurricular: una estrecha colaboración, condiciones para el éxito

Algunos docentes del secundario vacilan al momento de participar con sus alumnos en las actividades extracurriculares por temor a no contar con suficiente tiempo para finalizar el programa o para preparar a los alumnos para los exámenes certificativos. Los docentes dejarían de preocuparse por “perder el tiempo” si se vincularan las actividades de mediación y los programas escolares con puentes explícitos para la explotación de actividades en el aula. Una futura reforma del bachillerato, que brinde un mayor espacio al seguimiento continuo y a la expresión oral, permitirá superar este bloqueo. Para generar la adhesión de los docentes en la oferta extracurricular, es importante que tomen conciencia del aporte real para el aprendizaje de las matemáticas de los alumnos. Variar los puntos de vista, multiplicar las percepciones, relativizar y desdramatizar el error, desarrollar la imaginación, tomarse un tiempo para la búsqueda son algunas de las tareas llevadas a cabo en la actividad extracurricular que permiten una mejor transmisión de las matemáticas.

114 <http://www.coupdepousseassociation.fr>

115 <http://www.zupdeco.org>

116 <https://www.mathenjeans.fr>

En la enseñanza secundaria, para lograr una colaboración exitosa se necesita a un socio que confíe y respete a los actores y sus respectivos papeles. Hay que prestar especial atención a la formalización del contrato que vincula las partes. Deben prohibirse las acciones extracurriculares que no cuenten con el marco de un convenio anual o que se desarrollen sin la supervisión del director de la institución o de los responsables de distrito. Esta comisión, que tiene por objeto la continuidad de estas acciones y su financiamiento, invita a las partes a establecer **relaciones estructurales**, más allá de las acciones humanas indispensables. Los directores, con la ayuda del gabinete pedagógico, desempeñan un papel crucial: establecen los **convenios necesarios** y gestionan horarios y recursos financieros: articulan el proyecto de la escuela con los proyectos de los docentes, por un lado, y de las asociaciones, organismos, partes interesadas, por otro, crean así una dinámica en torno de la actividad extracurricular, con el apoyo de los supervisores.

Los intercambios entre docentes y actores extracurriculares benefician a ambos, respetando las diferentes competencias. Debe establecerse un seguimiento y un diálogo sobre la duración entre las asociaciones e instituciones de manera recíproca, el trabajo de unos debe ser valorado por los otros. Por ejemplo, durante eventos puntuales (fiesta de la escuela, festival de juegos matemáticos, jornada de juegos para pensar, Semana de las Matemáticas, encuentros de grados), los alumnos pueden exponer sus producciones, valorizar sus descubrimientos, contribuyendo a la imagen positiva de las matemáticas y al auge de la institución, en particular entre padres, del sitio web de la escuela (o de la academia) y de los medios de comunicación.

Las actividades extracurriculares pueden llevarse a cabo en el aula o en otros lugares específicos: en particular, las casas para la ciencia establecidas estos últimos años en Francia.

Al igual que para la formación continua, esta comisión recomienda que un equipo académico específico, capacitado para identificar, enumerar, acompañar y dinamizar las actividades extracurriculares, evalúe junto con el director de escuela o los IEN de distrito, de forma no intrusiva, las colaboraciones locales en vistas a difundir la información importante, dar a conocer las iniciativas interesantes, como también los dispositivos y recursos humanos. Este equipo podrá, además, proponer intervenciones en escuelas en las que lo extracurricular presenta dificultades para desarrollarse. Para impartir una formación de estas características, es necesario dotarse de fondos (liquidación de activos competentes, jubilaciones, remuneración de expertos), tanto a nivel nacional como local. En términos generales, los diferentes actores de la formación (rectores, A-IPR, IEN, Espe, universidades) dan a conocer su interés por el trabajo en eventos científicos locales.

6.2.3. Los clubes de matemáticas, por placer y con esfuerzo

La actividad extracurricular es un espacio de libertad, que permite un enfoque no escolar de los conceptos, contando con tiempo para construir las cosas de otro modo. Sin embargo, no borra los esfuerzos necesarios para dominarla. El placer que procura el resultado vuelve al esfuerzo aceptable, como sucede en un club deportivo, de música o de teatro. “¡Matemáticas sin lágrimas es posible, pero no sin sudor!” podríamos decir, como lo refleja la participación de decenas de jóvenes, durante las vacaciones, en clubes muy exigentes de preparación para concursos internacionales, por el solo placer de buscar y encontrar.

La participación en estos clubes fomenta el trabajo en equipo y la participación en torneos de jóvenes matemáticas o matemáticos como el TFJM,¹¹⁷ particularmente motivadores. Para

117 <https://tfjm.org>

desarrollar y prolongar las iniciativas locales, se debe alentar y acompañar a los docentes y facilitadores en la creación y el mantenimiento de clubes, incluidos juegos, de matemáticas abiertos al mayor número posible de alumnos y no únicamente a los mejores: implementación de horarios adaptados y regulares, para alumnos y docentes, asignación de recursos (fotocopias, periódico escolar, reserva del lugar, publicación de información en el CDI) y un financiamiento anual estable. La remuneración —o considerar la labor realizada de alguna manera— es un factor clave para la consolidación buscada.

6.2.4. El director de escuela en el constante funcionamiento de la actividad extracurricular

La postura de los directores respecto de las asociaciones y de los individuos (profesores y alumnos) es un factor crucial de éxito o fracaso. La diversidad de actores es, evidentemente, una riqueza, pero puede resultar también fuente de confusión, en particular para los profesores y directivos que no siempre saben a qué organismo contactar. Este problema resulta patente cuando los establecimientos están alejados de las grandes ciudades (escuelas rurales), cuando los contactos con la red asociativa o de investigación son más tenues.

Cabe señalar que la mayoría de los directores no están formados en la integración eficaz de la actividad extracurricular en la organización escolar, ni en la gestión de relaciones con las asociaciones, oscilan entre la desconfianza y la falta de consideración. Es necesario remediar esta situación.

En los establecimientos, los instrumentos estructurales existentes están débilmente activados: el consejo de enseñanza depende mucho del compromiso del coordinador, de su postura, de la confianza concedida por el equipo y del margen de libertad concedido por el equipo de dirección; el gabinete pedagógico no siempre desempeña su papel en la reflexión pedagógica. El contrato de objetivos, el proyecto institucional, el proyecto educativo territorial son a veces ignorados (olvidados...) por el personal, incluso cuando prevaleció un enfoque participativo.

Por lo tanto, el director de escuela debe legitimar la acción extracurricular mediante su inscripción en el proyecto institucional. Todos los actores (equipo docente y socios) llevan a cabo este proyecto, en una sinergia cuyo propósito es el éxito de la enseñanza. A veces es necesario elegir entre las diferentes iniciativas para dar respuesta a las necesidades de los alumnos de la institución. Además, es fundamental brindar confianza a los padres sobre el papel positivo de estas asociaciones, dedicando un tiempo suficiente para presentarlas y explicar, por ejemplo, en el secundario, cómo estas actividades participan en la reflexión sobre la orientación y la preparación para la educación superior. Esto supone, indudablemente, una reflexión previa en la planificación de horarios,¹¹⁸ por ejemplo, para establecer franjas horarias suficientes, en vistas a llevar a cabo estas acciones.

La visión general de las acciones extracurriculares a nivel académico, y, por lo tanto, su evaluación, no será posible si no se la identifica claramente a nivel local. El ejemplo del ajedrez en Rusia es muy revelador al respecto: todas las instituciones tienen un encargado de club, bien identificado, que pertenece a una red estructurada, similar a una federación deportiva. Los rectores deben, por ejemplo, identificar el conjunto de clubes de matemáticas activos en el territorio, y trazar un mapa al alcance de las familias. Los directores de escuela, en la que

¹¹⁸ Véase en el anexo 4, un ejemplo de modificación del horario real de nivel 4, en base a los módulos de 45 m y se reserva un horario de clubes en el establecimiento, mediante la supresión de las interclases del turno mañana.

haya un club o taller de matemáticas, deben comunicarse con el Rectorado para inscribir los “clubes y talleres” con el nombre de los facilitadores.

6.2.5. Aspectos prácticos: financiamiento, certificación, evaluación

La actividad extracurricular debe ser el complemento que responda a las necesidades de los alumnos. Su correcto funcionamiento requiere de una comunicación clara de los contenidos de las acciones, de un comité de seguimiento, de una evaluación pautada, de una coordinación (en varios niveles) de todos los instrumentos. Para incrementar la confianza entre establecimientos, docentes, directivos y asociaciones, esta comisión propone:

- llevar a cabo un estudio, a nivel nacional, sobre el impacto de la actividad extracurricular en el compromiso y rendimiento de los alumnos;
- elaborar la solicitud de certificación de las asociaciones;
- valorizar ante el alumnado a los participantes externos (mediadores científicos, etc.);
- integrar, en el trayecto de formación docente de primero y segundo grado de las ESPE (Escuelas Superiores de Magisterio y de Educación), la dimensión extracurricular.

Se plantea otra cuestión: la que refiere a los fondos propios para el financiamiento. No existe programa extracurricular duradero sin replantearse seriamente la valorización financiera de los márgenes de funcionamiento de los establecimientos, para una mayor autonomía.

RECOMENDACIONES

41. **Actividad extracurricular y clubes [M7].** Fomentar la cooperación institucional con la actividad extracurricular y favorecer el desarrollo de este sector. Inventariar y procurar la duración de los clubes relativos a las matemáticas (modelización, informática, juegos para pensar, etc.) Remunerar a quienes intervengan en ellos y adaptar el empleo del tiempo de los docentes.
42. Fomentar la inscripción de los alumnos y de las clases en talleres de investigación o en concursos de matemáticas e informática, nacionales e internacionales, cuya difusión esté garantizada entre los directores de escuela, docentes, alumnos y padres de alumnos.
43. Organizar una jornada escolar “Festival de juegos” en relación con las matemáticas.
44. Desde la ESENE SR (Escuela Superior de Educación Nacional de Enseñanza Superior e Investigación), capacitar a los directores e inspectores sobre la importancia de lo extracurricular y sobre la gestión de las relaciones con las asociaciones.
45. Integrar de forma sistemática, en los proyectos institucionales y en los contratos específicos, un listado de asociaciones y actividades extracurriculares.

6.3. Nueva economía

Las herramientas y recursos digitales, en particular en términos de apoyo a la enseñanza de las matemáticas, son actualmente un poderoso medio de innovación. La interacción de la educación nacional con las empresas del sector presenta varios desafíos, de carácter económico, pedagógico y de protección de datos.

6.3.1. Desafíos económicos

Como señaló el INRIA,¹¹⁹ es notable la importancia de los actores extranjeros en el mundo digital (por ejemplo, Gafam y China). Las culturas y las leyes no son las mismas en Francia, Estados Unidos o China. Esto plantea una serie de problemas referidos a la confidencialidad de los datos recopilados durante el uso de estas herramientas, por los alumnos y sus familias inclusive. De este modo, se debe procurar que el desarrollo económico del sector no caiga en manos de las grandes empresas digitales y pensar en términos de empresas europeas diversificadas.

Francia posee una red de empresas innovadoras y abiertas al mercado internacional que producen recursos y enfoques pedagógicos. Esta red se encuentra en proceso de estructuración (citamos, por ejemplo, Afinef, EdTech France y EducAzur). Aunque existen varias etapas a considerar en los proyectos de innovación pública (investigación y desarrollo, aumento a gran escala, despliegue, etc.), urge experimentar para el ecosistema francés, con una evaluación de las diversas experimentaciones: se debe desarrollar, evaluar, iterar, con normas relativas a los datos, en un marco ético. Para ello, la escuela debe abrirse a los socios y, en particular, a las empresas francesas, y a los productos innovadores. Se deben fomentar y organizar las relaciones entre las empresas educativas y la enseñanza (por ejemplo, mediante visitas a los establecimientos). Deberá crearse un portal de experimentaciones.

6.3.2. Recursos de acceso libre, abiertos y protegidos

Se perfila un modelo económico interesante con la creación de bienes comunes libres y abiertos en términos de las licencias denominadas *creative-commons*, lo que permite compartirlos con una gran mayoría. Es un instrumento para poner al alcance de toda la población nuevos métodos de enseñanza limitando los fondos públicos, incluso en tratativas para una ampliación a gran escala. Por lo tanto, se necesitan plataformas que permitan compartir los recursos abiertos y brindar una verdadera oportunidad a los actores que juegan al juego de recursos libres y reutilizables (como *OpenClassrooms* o *Class'Code*). Esto implica también acompañar a los docentes mediante el desarrollo de competencias correspondientes (véase, por ejemplo, el proyecto francófono de la OIF y de la Unesco).¹²⁰

El modelo de desarrollo debe ser compatible con la gestión de datos personales. Es inaceptable que la recolección de datos personales de los usuarios se realice con un fin comercial con la ilusión de un servicio gratuito. El almacenamiento de datos anónimos (visibles, compartibles y reutilizables) de forma transparente debería ser cuestionado por la educación nacional.

119 Audiencia 2.

120 https://ifadem.org/sites/default/files/divers/guide_rel_web.pdf <https://ifadem.org/sites/default/files/divers/livret-rel-v1-1-web.pdf>

Deben desarrollarse instrumentos responsables, transparentes, confidenciales y accesibles (véase a nivel internacional).¹²¹

6.3.3. Licitaciones de proyectos y convocatorias

Con el propósito de ganar las licitaciones de proyectos y convocatorias de la educación nacional empleando una política de bajo costo, las empresas incipientes, como las editoriales, tienden a deformar sus modelos económicos y tecnológicos y, en lugar de invertir en una innovación real, producen réplicas de lo que ya existe. La interoperabilidad con los ENT (Espacios Digitales de Trabajo) requerida sistemáticamente por las licitaciones de proyectos es un ejemplo contundente, con herramientas poco eficaces y de uso complicado.¹²² No se debe confundir innovación e interoperabilidad con lo existente. Además, son contraproducentes¹²³ las licitaciones de proyectos centralizadas, en las que 40 empresas consumen energía para que 39 lo hagan sin éxito.

Las empresas que intervienen en la educación pueden ayudar a los docentes en su eficacia pedagógica, pero con la condición de preservar la libertad pedagógica respecto de la elección del recurso a utilizar. La elección de compra por parte de los docentes debe ser una elección libre, apropiada y experimental. Para la adquisición y gestión de los recursos, se debe contar con un presupuesto importante y con canales administrativos simplificados. Por ejemplo, recomendamos para todos los establecimientos escolares un método de pago como las “tarjetas de crédito” para gestionar los pedidos correspondientes.

6.3.4. Desafíos pedagógicos

Otro gran desafío se basa en la destreza en el ámbito de la pedagogía y de la didáctica. Se corre el riesgo de que esta destreza no se cree, a fin de cuentas, en la educación nacional, sino mediante la ingeniería determinada por las empresas educativas (como en el caso de los cuadernillos de Matemáticas en la escuela primaria, por dar un ejemplo). Se debe formar a todos los docentes sobre las tecnologías educativas para que entiendan su funcionamiento, su potencial y sus limitaciones, haciéndolos partícipes de las etapas de concepción y desarrollo, y de igual modo, se debe impartir a los desarrolladores de herramientas una verdadera formación en didáctica y pedagogía de las matemáticas, incluyendo los aportes de la investigación (ciencias cognitivas, etc.).

RECOMENDACIONES

46. Experimentar y abrir la escuela a asociaciones y productos digitales innovadores de manera organizada.

¹²¹ <https://pslcdatashop.web.cmu.edu>

¹²² myBlee Mat, Audiencia 9.

¹²³ EvidenceB, Audiencia 9.

6.4. Matemáticas y desigualdades

Desde hace varias décadas se ha señalado el fuerte aumento de las desigualdades sociales en los países desarrollados. Si bien es cierto que la educación no es su principal causa, también es cierto que no está completamente ajena. En lugar de contrarrestar las desigualdades, cabe preguntarse si la escuela no acentúa aún más la brecha, como lo indican los informes del Cnesco¹²⁴ (véanse, también, los estudios sobre las comunidades flamencas o francófonas de Bélgica).¹²⁵ Detrás de los pobres resultados de Francia en las evaluaciones internacionales se esconden, en realidad, resultados aún peores para la población de por sí desfavorecida e indican una fuerte correlación; pero, según la OCDE,¹²⁶ esto tendría solución, ya que un buen sistema educativo, puede reducir estas fatalidades, incluso en el caso de los alumnos procedentes de migraciones recientes.

Para las matemáticas, el problema se plantea con mayor magnitud, en la medida en que desempeñan un papel de selección al interior del sistema escolar (cf. §1), con desigualdades diversas: desigualdades entre hombres y mujeres, territoriales y sociales.

Una representante de la Oficina de Empleo nos comentó que la incompetencia en el cálculo elemental (cf. §3.2.2) significaba una gran frustración para algunos empleados. La incompetencia en el cálculo es un factor de mayor exclusión, en todas las áreas de la actividad humana, tanto si se trata de la vida familiar y privada como de las actividades públicas y profesionales. Además, el uso de reglas básicas de cálculo y el razonamiento matemático forman parte de las áreas básicas de la certificación interprofesional CIÉA.¹²⁷ En el otro extremo de la escala social, los representantes de las grandes escuelas también están preocupados. No les preocupa tanto el nivel de sus alumnos, sino la falta de diversidad en su origen social, señala Yves Poilane.¹²⁸ Esta desigualdad posee también una dimensión territorial. De este modo, cerca de la mitad de los alumnos que entran en el Politécnico provienen de dos establecimientos de la región parisina, de manera inversa, los alumnos de grandes secundarios de provincia presentan mayores dificultades para aprobar el examen de ingreso al Politécnico.

A estas desigualdades relacionadas con los orígenes sociales se suman desigualdades de género,¹²⁹ particularmente patentes en el ingreso a la ENS-Paris (Escuela Normal Superior) o al Politécnico. En los cursos de matemáticas, el profesor tiende a dirigirse más a los varones que a las mujeres y no tiene las mismas expectativas. Persiste el estereotipo del alumno brillante y de la alumna trabajadora. Cuanto más arraigada está la creencia del talento innato en un área, el número de mujeres disminuye: las profesiones relacionadas con las matemáticas continúan siendo mayoritariamente masculinas. Como señala Elyès Jouini:

124 <http://www.cnesco.fr/wp-content/uploads/2015/11/Enseignement-en-education-prioritaire.pdf> y http://www.cnesco.fr/wp-content/uploads/2016/09/270916_synthese_inegalites.pdf

125 www.academia.edu/168459/Performances_des_eleves_issus_de_limmigration_en_Belgique_selon_l_etude_PISA_une_comparaison_entre_la_Communaute_francaise_et_la_Communaute_flamande

126 <http://www.oecd.org/fr/education/Les-eleves-immigres-et-lecole-avancer-sur-le-chemin-de-lintegration.pdf>

127 <https://www.certificat-clea.fr/socle.html>

128 Audiencia 10.

129 Elyès Jouini. Filles et mathématiques. Déconstruire les mythes sur le genre. Opinions & Débats. Número 18. 2018.

Es interesante, asimismo, dar cuenta de la analogía, alarmante, entre las desigualdades de género y las desigualdades sociales. Las diferencias de rendimiento, de confianza en sí mismo¹³⁰ y de orientación que se encuentran entre mujeres y varones, también existen entre las clases socioprofesionales más favorecidas y menos favorecidas.

La situación es simplemente inaceptable y debe redefinirse el sentido de la expresión “igualdad de oportunidades”.

¿Con qué medios?

Todas las acciones detalladas en el presente informe (en particular, en lo que respecta a la formación y a la actividad extracurricular), están motivadas por la temática de las desigualdades. Involucran a todos los establecimientos de todo el territorio: es necesario terminar con la correlación entre dificultades sociales y escolares en matemáticas.

Las actividades extracurriculares optativas no solo permiten ayudar a los alumnos con dificultades, sino que brindan además motivación y estimulación por medio de encuentros con investigadores o con otros jóvenes. Todo lo anterior contribuye igualmente a hacer evolucionar la imagen de las matemáticas. Las herramientas para la implementación son diversas: clubes de matemáticas, tutoriales, recursos en línea, etc. Luchar contra la exclusión sociocultural puede hacerse también sacando las matemáticas de los espacios tradicionales de enseñanza. Al respecto, los centros de ciencias pueden contribuir a “limar” las desigualdades sociales: estos centros ofrecen una relación con el conocimiento científico basada en el placer de descubrir, y no en el éxito escolar o profesional.¹³¹

Los profesores suelen exigir menos a los alumnos provenientes de sectores menos favorecidos; sin embargo, cada alumno está en condiciones de desarrollar todo su potencial. El motor de la enseñanza de las matemáticas debe ser un alto nivel de exigencia y una real ambición para todos. Para ello, la formación inicial y la formación continua deben estar movilizadas y participar en la lucha contra las representaciones sociales y los estereotipos. Las familias y los equipos educativos estables deben hacer intercambios y conocerse mejor. La orientación también entra en juego: se debe alentar a todos los alumnos a acceder a las áreas científicas del instituto de enseñanza general y tecnológica, y acompañarlos en su trayecto.

La ayuda con las tareas, la situación social y el entorno no son los únicos factores de desigualdad en matemáticas. El dominio del lenguaje es fundamental para la comprensión de los enunciados y la formulación del razonamiento lógico. El vocabulario matemático, a veces cercano al lenguaje cotidiano, pero otras veces alejado, puede incluso causar incomprensión, estrés y fracaso.¹³² Como ya se señaló en §2.1, la verbalización y la reformulación son necesarias en matemáticas para superar lo que puede significar un obstáculo importante para el éxito de algunos alumnos.

A propósito de las desigualdades entre varones y mujeres, la formación es un desafío mayor. Se trata de la formación de docentes, pero, en términos generales, de adultos en contacto con niños (padres, directores, Atsem,¹³³ psicólogos de la educación nacional, asesores principales de educación, etc.). Deben activarse otros instrumentos:

130 La OCDE señala: “Con iguales rendimientos, las niñas son más proclives que los niños a sufrir de ansiedad cuando se enfrentan a las Matemáticas, y tienen menos confianza en sus propias aptitudes para resolver problemas de matemáticas”.

131 Universcience, Audiencia 9.

132 Fermat Science, Audiencia 9.

133 Funcionario especializado en educación preescolar.

- la organización de tutorías;¹³⁴
- la difusión de modelos matemáticos femeninos positivos;
- el incentivo hacia las mujeres para presentarse en concursos;
- la lucha contra los estereotipos sobre las matemáticas en las herramientas y documentos elaborados por la educación nacional, en los libros de texto, pero también en la orientación profesional.

RECOMENDACIONES

- 47. Igualdad entre varones y mujeres [M19].** Formar a los docentes y orientar las problemáticas relacionadas con la igualdad entre varones y mujeres en matemáticas (estereotipos de género, orientación profesional, éxito, etc.).

¹³⁴ Femmes & Mathématiques, Audiencia 6.

7. CONCLUSIÓN: IMPLEMENTAR ESTAS POLÍTICAS

Las recomendaciones formuladas por esta comisión se desglosan en protocolos operativos acompañados de vencimientos plurianuales. Esto implica una movilización rápida, coordinada, duradera y ciertamente ferviente de todos los actores del sistema educativo.

Para llevar a cabo durante varios años, y sin aplazo, una nueva política de enseñanza de las matemáticas, eficaz y útil para todos los alumnos, se necesita una cadena de dirección que garantice la implementación de manera sólida y duradera dentro del panorama educativo. Esto abarca las iniciativas y los dispositivos de formación, de acompañamiento y experimentación, como también la consulta y evaluación que deben servir de orientación.

7.1. Una tarea y dos instrumentos

El alcance de la tarea es inmenso y se ajusta a los objetivos pautados por nuestra declaración. Por lo tanto, es necesario entender que se convoca a toda la cadena educativa para movilizarse con el propósito de que, en las aulas, se vean los cambios propuestos. Al respecto, dos instrumentos nos parecen indispensables. El primero consiste en tener en cuenta las estructuras, los distritos para las escuelas primarias, establecimientos y distritos para las escuelas secundarias. En este contexto, los IEN (Inspectores de la Educación Nacional) y los directores deben transmitir las resoluciones nacionales y académicas, suscitar las iniciativas locales, para luego tomar las decisiones oportunas para su organización. Los invitamos a invertir aún más en las relaciones humanas, como así también en la pedagogía.

A continuación, debemos confiar en que los profesores adoptarán de manera espontánea una postura positiva. Por tanto, deben ser tratados como auténticos directivos, que trabajan en conjunto con los otros eslabones de la cadena educativa. El personal de inspección (IEN, IA-IPR), representantes designados y directores de establecimiento, encargados de la dirección, son responsables de su implementación cotidiana.

Promover la confianza, incluso entre pares, la capacidad para llevar a cabo un trabajo en colaboración, la aptitud para innovar, la definición de necesidades individuales o colectivas, en términos de formación, son medios que favorecen la plena apropiación por parte de los docentes de los programas, objetivos, medios y recursos que contribuyen a su difusión en el aula y al éxito de los alumnos.

Lo anterior conduce a un cambio sistemático que es necesario fomentar, ya que garantiza la eficiencia y preserva la libertad pedagógica de los docentes.

7.2. Continuidad y cadena de dirección

En Francia y en el extranjero, mucho se ha hecho para comprender y mejorar las estrategias de enseñanza de los profesores y los resultados de los alumnos. En Francia, las Espe, el Cnesco, la Depp, el Ifé y otras instituciones y asociaciones llevaron a cabo análisis y propuestas reconocidos por la investigación y los especialistas. Algunas se desarrollaron a nivel local, con resultados reconocidos, lo que demuestra la validez de algunas recomendaciones. Sin embargo, aunque los mejores alumnos se siguen formando en las mejores escuelas donde

estudian investigadores e ingenieros de alto nivel que Francia necesita, la degradación de los resultados generales se confirma año tras año: No hemos conseguido, colectivamente —políticos, directivos y docentes— revertir esta tendencia.

Por lo tanto, hoy en día se deben tomar fuertes medidas para acompañar el progreso en matemáticas, como cuando fue necesario tomar fuertes medidas para hacer frente a los resultados en la lectura y en la escritura.

Por este motivo, las reflexiones de este informe solo podrán producir los efectos deseados a largo plazo, por el bien de los alumnos, **con fuertes medidas y un acompañamiento dedicado y voluntarista.**

7.3. Articular tres niveles estratégicos

Estas fuertes medidas tienen por objetivo articular de manera flexible tres niveles estratégicos de implementación:

- **El primer y principal nivel** es el del aula, en la medida en que allí entra en juego lo esencial, por el contacto diario con los alumnos. En este nivel, es indispensable que la implementación de las recomendaciones permita a los profesores ejercer mejor su labor, en un clima de confianza y de diálogo entre profesionales que comparten los mismos valores. De hecho, no se puede contemplar la posibilidad de movilizar a los profesores si no se sienten plenamente reconocidos como responsables y capaces. La formación es solo un aspecto de la respuesta. Para desarrollar formas de dirección y de cooperación que conjuguen libertad, responsabilidad y autonomía,¹³⁵ en un marco explícito, esta ambición necesita además continuar con la renovación de las relaciones de trabajo entre profesores y el personal de supervisión (inspección y dirección).
- **El segundo nivel es el de las escuelas,**¹³⁶ en la medida en que la mejora de las prácticas de enseñanza en cada clase se beneficia también del desarrollo de las prácticas colectivas, por lo tanto, de prácticas en equipo en las escuelas. Esta dimensión, importante y reconocida por la investigación internacional, lleva a considerar la evaluación de las escuelas como una oportunidad para el futuro.¹³⁷ Es posible conjugar:
 - la autoevaluación de las escuelas, incluso la evaluación entre pares;
 - una mirada externa de los inspectores territoriales con un enfoque sistémico;
 - los diálogos estratégicos y de gestión entre las academias y los departamentos con los distritos y establecimientos.
- **Por último, la dirección constituye el tercer nivel.** En vistas a obtener resultados duraderos, se necesita movilizar al personal directivo, en particular, para crear las condiciones de confianza y acompañamiento de los docentes. De hecho, ya que las estrategias de equipo indispensables para el éxito de los alumnos tienen lugar en la escuela, se debe conjugar la evaluación, el desarrollo profesional y la organización escolar¹³⁸ —entre directivos y docentes, pero también entre la dirección superior y sus dependencias— con el objetivo de acompañar los progresos esperados.

135 Timperley, H. y Parr, J., “The chain of influence from policy to practice in the New Zealand literacy strategy”. *Research Papers in Education*, vol. 24, n° 2, 2009, pp. 135-154.

136 Desde 2016, se llevó a cabo una evaluación similar en la academia de Nantes.

137 MacBeath J., *School inspection and self-evaluation. Working with the new relationship*, Routledge, 2006.

138 Derouet, J. L. y Normand, R., “Évaluation, développement professionnel et organisation scolaire”, *Revue française de pédagogie*, 2011.

La movilización de la dirección supone, una vez más, un discurso enérgico sobre los valores y el sentido de los progresos esperados en vistas a definir los objetivos, compartirlos y lograr la adhesión de los actores del sistema. Debe ser capaz de apoyarse en decisiones operativas que favorezcan la implementación de una nueva política para la enseñanza de las matemáticas.

7.4. Una red de delegados académicos

Es fundamental que la dirección tome conciencia acerca de la realidad del problema y de los instrumentos de acción disponibles. Los rectores, los IA-Dasen, los inspectores pedagógicos (IA-IPR, IEN-ET, IEN-CCPD) y los directores de escuela deben informarse mejor. Deben estar asociados a una reflexión profunda sobre la enseñanza de las matemáticas.

Uno de sus objetivos consistirá en otorgar coherencia a los distintos planes de formación (planes de establecimiento o distrito, departamentales, académicos y nacionales), pero, de igual modo, en compartir los resultados y en proporcionar ejes temáticos de reflexión para los diálogos de gestión en todos los niveles. Remediar el progreso de los alumnos en matemáticas debe considerarse una prioridad nacional y, como tal, ser incluida, con antelación, en los instrumentos de dirección.

Ciertamente, en términos de formación, no se tuvo en cuenta el marco pedagógico en el pasado. Es importante acompañar mejor a los IEN y a los IA-IPR sobre la problemática de la enseñanza de las matemáticas. Su uso desmedido como vectores locales de inflexiones nacionales sucesivas, tanto pedagógicas como estructurales, generó en muchos una sensación de dispersión y, sin duda, perjudicó la acción de acompañamiento de la enseñanza de la disciplina. El estado actual de la enseñanza de las matemáticas debe enfocar nuevamente la acción del personal de inspección en la labor de acompañamiento de los docentes.

De forma paralela, merece la pena llevar a cabo un trabajo importante de reflexión, en colaboración con los actores del programa, en varias jornadas durante los progresos (y no simplemente una conferencia seguida de talleres autogestionados). Podrían ponerse a disposición de los IEN y de los IA-IPR, que así lo deseen, seminarios para profundizar sus conocimientos sobre matemáticas, sobre la base de temas pautados de manera conjunta. Se desarrollarán trabajos de reflexión colectiva con investigadores de ciencias cognitivas. Todas estas acciones representan verdaderas inversiones.

Por otro lado, teniendo en cuenta las transformaciones deseadas por este informe respecto de la formación continua de los docentes de matemáticas hacia una mayor consideración de la formación entre pares e intervenciones más “horizontales” y menos “verticales”, los propios inspectores y formadores serán acompañados (desde los prescriptores de planes de formación, hasta asesores pedagógicos y profesores formadores de docentes, incluyendo también a los inspectores y a los directores de establecimiento).

Como primera experimentación, esta comisión recomienda:

- implementar un seguimiento continuo, no intrusivo, de las prácticas de enseñanza de las matemáticas en todos los CP y CE1 en REP+, alentando las iniciativas de los distritos y de los departamentos;
- continuar con la implementación operacional de los laboratorios de matemáticas en relación con los referentes y actores de la enseñanza superior;
- recopilar información sobre la observación de las prácticas, la formación, el acompañamiento, los resultados intermedios;

- estudiar los datos obtenidos en colaboración con investigadores especializados en estas cuestiones (liderazgo, desarrollo profesional, acompañamiento, evaluación de los alumnos) y ponerlos al alcance de todos;
- realizar un seminario nacional anual durante, al menos, tres años;
- publicar actas anuales.

Este conjunto de recomendaciones constituiría una forma de evaluar, a gran escala, la capacidad de esta comisión nacional para estimular la red considerada, en relación con los actores de terreno, valorando la autonomía y la responsabilidad.

Por otro lado, esta comisión recomienda la implantación de **una red de delegados académicos, coordinados por un responsable nacional, especialista de alto nivel vinculado a la Dgesco**. Esta red debe implantarse en cada academia, a más tardar a finales de 2018. El objetivo es otorgar más coherencia a todas las acciones referidas a la enseñanza de las matemáticas, desde el preescolar hasta el último año de la secundaria.

Es importante que las universidades y la investigación se impliquen en esa red a través de los laboratorios de matemáticas. De este modo, en cada academia, se podría contar con un representante de la “Comisión de Matemáticas” en uno de los laboratorios en los que interviene el CNRS; se podría pensar en un delegado dedicado al seguimiento, representante del responsable nacional vinculado a la Dgesco.

7.5. Evaluación del procedimiento

En varios países, principalmente anglosajones, ya se han implementado protocolos de evaluación de los métodos.¹³⁹ En determinados países, los propios organismos de formación son evaluados y sometidos a acreditaciones de duración limitada. Pueden considerarse iniciativas similares, pero para ello sería necesario disponer de organismos idóneos que no participen en las acciones sometidas a evaluación.

En tres años, tras este informe, deberá realizarse una primera evaluación general de los procedimientos y de su eficacia por laboratorios independientes, nacionales o internacionales.

RECOMENDACIONES

48. **Prioridad nacional [M17]**. Asumir las matemáticas como una prioridad nacional movilizándolo a todos los actores de la cadena institucional (rectores, directivos, formadores, docentes).
49. **Especialista de alto nivel en matemáticas [M18]**. Crear un puesto para un especialista de alto nivel en matemáticas: responsable del seguimiento y de la implementación de las recomendaciones de este informe a nivel nacional, apoyándose en una red de delegados académicos. Se hará una evaluación de la implementación de las medidas al cabo de tres años.
50. **CP y CE1 en Rep+ [M2]**. Establecer, a partir de septiembre de 2018, las matemáticas como una prioridad nacional decretada en Rep+ para los CP y CE1 a 12; extender esta política al conjunto de Rep en 2020.

¹³⁹ Por ejemplo: *New Jersey Assessment of Skills and Knowledge* (NJ ASK), primavera 2009 y 2010, dirigido por el Educational Research Institute of America.

51. Designar, en cada academia, un delegado responsable de la implementación de las recomendaciones del presente informe.
52. Promover la evaluación de las escuelas según un enfoque sistémico, que conjugue autoevaluación, evaluación externa (basada en el intercambio de todos los actores de la comunidad educativa) y diálogo estratégico.
53. Constituir una agencia de formación, encargada de evaluar la calidad de la formación inicial, de la formación continua y de la organización territorial, y de publicar, cada año, un informe acompañado de recomendaciones.

ANEXO 1. MIEMBROS DE LA COMISIÓN

Cédric VILLANI, diputado



Matemático francés, ex alumno de la ENS (Escuela Normal Superior) y doctor en Matemáticas, titular, en 2010, de la Medalla Fields y ganador, en 2014, del premio Doob. Profesor de la Universidad de Lyon, fue profesor-invitado de universidades extranjeras y director del Instituto Henri Poincaré de 2009 a 2017. Es diputado del departamento Essonne. Es miembro de la Comisión Legislativa y ejerce la presidencia de la Oficina Parlamentaria de Evaluación de las Opciones Científicas y Tecnológicas. Miembro de la Academia de Ciencias, publicó varias obras, entre ellas, *Théorème Vivant* traducida en 12 idiomas.

Charles TOROSSIAN, inspector general de la Educación Nacional



Tras finalizar sus estudios en la ENS, Charles Torossian defendió, en 1991, su tesis sobre la Teoría de Grupos. En 2001 obtuvo una habilitación para dirigir investigaciones. Investigador del CNRS (Centro Nacional para la Investigación Científica) entre 1991 y 2009, sus trabajos abordan los espacios simétricos generales y la cuantificación formal (Alekseev-Torossian). Designado inspector general en el 2009, presidente del Jurado de la Agregación Externa (2012-2015), encargado de la elaboración de programas de licenciatura en China (IFC), del bac-3+3 (licenciatura) y de la acción extracurricular (Cap'Maths, programa MathC2+, Olimpiadas).

Dorothee BADINIER, directora de escuela



Dorothee Badinier recibió una formación bilingüe. Tras obtener una maestría en inglés, continuó sus estudios en Estados Unidos. Manifiesta un gran interés por los sistemas educativos anglosajones. Profesora de escuela, luego directora, fue miembro y facilitadora en la Asociación para la Pedagogía Explícita (APPEX) hasta 2014. Es autora de obras de matemáticas para el primer grado (editorial La Librairie des Écoles).

Marie-Ange BALLEREAU, profesora de secundario



Profesora de Matemáticas en el secundario. Formadora académica, participa en la formación inicial de profesores adjuntos en la Espe, como así también en formación continua. Fue delegada de la Inspección y en la actualidad es miembro del Tribunal de concursos docentes.

Valérie BERTHÉ, directora de investigación



Directora de investigación en el CNRS del IRIF (Instituto de Investigación en Informática Fundamental de la Universidad Paris-Diderot). Ex alumna de la ENS, catedrática de Matemáticas, titular de una tesis doctoral y de una habilitación para dirigir investigaciones, fue delegada del CNRS para las relaciones entre matemáticas e informática. Vicepresidenta a cargo de las publicaciones de la Sociedad Matemática de Francia.

Michel BOUCHAUD, director honorario



Luego de haber enseñado matemáticas durante 14 años, en liceo y en institutos universitarios de tecnología, en 1990 ocupó un puesto directivo. Director desde 1993, ha dirigido de manera sucesiva los liceos Blanqui en Saint-Ouen, Parc de Vilgénis en Massy, Faidherbe en Lille, Montaigne en Bordeaux y Louis-le-Grand. Ha sido miembro, entre otros, en el CA de la Conférence des Grandes Écoles (CGE), del Comité de dirección del programa de Admisión-postbac y del Alto Comité para la Educación, el Empleo y la Economía.

Michèle DRECHSLER, inspectora de la Educación Nacional



Delegada académica en Tecnología Digital, adjunta encargada de la innovación y de la experimentación (academia de Nancy-Metz). Doctora en Ciencias "info-com" y titular de la maestría "Communautés virtuelles et management de l'intelligence collective via les réseaux numériques", actualmente elabora nuevos sistemas de gestión de la formación que incluyen a las organizaciones de aprendizajes, en vistas al desarrollo profesional de docentes y directivos.

Pascal DUPRÉ, profesor honorario de escuelas



Maestro y luego profesor de escuelas en Loiret hasta 2015. Miembro del Consejo de Administración del Grupo de reflexión interdisciplinaria de los programas (Grip) desde el 2005, fue coordinador de la red SLECC (Saber Leer Escribir Contar Calcular) de 2007 a 2010. Es autor de libros de texto de matemáticas y gramática para la primaria.

Alice ERNOULT, profesora de liceo



Profesora de Matemáticas en clase preparatoria económica y comercial del liceo François Ier en Le Havre. Fue miembro del Jurado de la Agregación Externa de Ciencias Económicas y Sociales de 2014 a 2017. Desde junio de 2017 es presidenta de la Asociación de Profesores de Matemáticas y de la Enseñanza Pública (APMEP).

Anne KELLER, profesora de liceo



Anne Keller enseña Matemáticas en el liceo Louis Pasteur de Lille, tras 14 años en educación prioritaria. Formadora académica, participa en la Espe Lille Nord de France y en la formación continua de docentes. De 2014 a 2017, fue miembro del Jurado del "Capes interne de mathématiques". Autora de libros de texto escolares para la editorial Nathan, participa, igualmente, en diferentes proyectos editoriales para la red Canopé.

Patrice LEMOINE, director académico adjunto de los servicios de la Educación Nacional



Patrice Lemoine es director académico adjunto de los servicios de la Educación Nacional en Nantes tras haber sido maestro y, luego, coordinador Zep en Marsella, delegado académico sobre la educación prioritaria (Aix-Marsella), IEN primer grado en Toulon y IA-IPR de establecimientos y vida escolar en Alsace. Fue miembro del Consejo Nacional de la Innovación para el Éxito Escolar.

Christian MERCAT, profesor universitario



Profesor de Didáctica de las Matemáticas en la Universidad Claude Bernard Lyon 1, director del Irem de Lyon, docente en la Espe. Se interesa en el uso pedagógicamente apropiado de la tecnología en la enseñanza de las matemáticas, en particular como herramienta para abrir los ojos científicos al mundo que nos rodea, con aplicaciones en el arte, la creatividad, la modelización y las ciencias de la ingeniería.

Sami MUSTAPHA, profesor universitario



Sami Mustapha defendió una tesis de matemáticas en 1994. Más tarde, en 1999, fue habilitado para dirigir investigaciones. Catedrático en la Universidad Paris VI - Pierre et Marie Curie de 1994 a 2000. Ese mismo año fue designado profesor en el Instituto de Matemáticas de Jussieu. Director del departamento del ciclo de integración de la UPMC entre 2010 y 2016, en 2017 fue nombrado Decano de la Facultad de Matemáticas.

Monica NEAGOY, formadora



Monica Neagoy, franco-estadounidense, educada en el sistema francés en Asia y en Estados Unidos, posee un máster en Matemáticas puras y un doctorado en Didáctica de las Matemáticas. Asesora internacional, formadora y conferencista multilingüe, creadora de videos y espectáculos, es la autora, en inglés, de *Planting the Seeds of Algebra et Unpacking Fractions*. En francés, dirige la colección Maths-Méthode de Singapour (adaptación basada en los programas 2016).

Benoît PATEY, inspector de la Educación Nacional



Enseñó durante 15 años Matemáticas y Físicoquímica en liceo profesional. Es inspector de la Educación Nacional, enseñanza general, Matemáticas-Ciencias desde 2004, y ejerce en la academia de Lille. Garantiza diversas misiones académicas de promoción científica, incluida la coordinación de la semana de las Matemáticas.

Olivier PINSON, profesor de liceo



Profesor adjunto de Matemáticas en un liceo público, en Angers. Es coordinador de un grupo IREM de la academia de Pays de la Loire. Desde hace más de diez años reflexiona sobre la enseñanza de la disciplina en el liceo. Asimismo, es formador académico en formación continua para los docentes de liceo. Cuenta con la certificación que le permite enseñar Informática en su establecimiento.

Éric SERRA, inspector de academia e inspector pedagógico regional



Profesor adjunto de Matemáticas (1985), y IA-IPR de Matemáticas desde 1993 (academia de Niza). Se desempeña como vicepresidente del Capes de Matemáticas. Durante muchos años, fue responsable académico para la educación prioritaria de la academia de Niza. De 1989 a 2003, fue autor y luego director de una colección de libro de textos de Matemáticas (editorial Bordas).

Halim YAHIAOUI, profesor honorario de liceo



Halim Yahiaoui es profesor adjunto de Matemáticas. Más de la mitad de su carrera como profesor transcurrió en un establecimiento de Zona de Educación Prioritaria (ZEP), luego en un liceo de oficios de la industria (electrónica, electrotécnica y mantenimiento industrial). De manera simultánea, estaba a cargo de los cursos en la UFR de Ciencias Ecológicas de la Universidad Paris 13, y animaba talleres.

Especialista asociado: Thierry DIAS



Thierry Dias es profesor en la Haute École Pédagogique de Vaud (Suiza) y miembro del Comité de Cultura Matemáticas del Instituto Henri Poincaré (París). Titular de un doctorado sobre la dimensión experimental de las Matemáticas y de un máster de construcción de conocimientos científicos, especialidad didáctica de las Matemáticas, además cuenta con un certificado de aptitud para enseñar en escuelas de formación docente. Recibió el premio *Best Science Teacher 2015 European teacher award for creativity in science education*.

Secretario científico: Michel BOURDEAU

Michel Bourdeau es director emérito de investigación en el CNRS. Profesor adjunto de Filosofía (1967), enseñó durante mucho tiempo en liceo, en Francia y en el extranjero. En 1990 ingresó en el CNRS, fue adscrito al CAMS (Centro de Análisis y de Matemáticas Sociales; EHESS), más tarde, al IHPST (Instituto de Historia y de Filosofía de las Ciencias y de las Técnicas; Universidad Paris 1).

Secretario general: Bertrand CAVAYÉ

Bertrand Cavayé es subdirector de la Oficina de Contenidos de Enseñanza y de Recursos Pedagógicos (Maf1) dentro de la comisión de acompañamiento y de formación de la Dgesco.

ANEXO 2. AUDIENCIAS

Audiencia 1 (22/11 PM): sociedades matemáticas

- Sociedad Matemática de Francia (SMF)
- Sociedad de Matemáticas Aplicadas e Industriales (SMAI)
- Sociedad Francesa de Estadística (SFDS)

Audiencia 2 (23/11 AM): Matemáticas e Informática

- Sociedad Informática de Francia (SIF)
- Instituto Nacional de Investigación en Informática y en Automática (INRIA)
- *France international olympiad in informatics* (France IOI)

Audiencia 3 (23/11 PM): editores

- Sésamaths
- La Librairie des Écoles
- Editorial Hachette
- Editorial Nathan
- Editorial Retz

Audiencia 4 (24/11 AM): alumnos, estudiantes y padres

- Sindicato General de Estudiantes (SGL)
- Unión Nacional Interuniversitaria (UNI), graduados de liceo y estudiantes
- Federación de Asociaciones Generales Estudiantes (FAGE)
- Federación de Padres de Alumnos de la Enseñanza Pública (PEEP)
- Federación de Consejos de Padres (FCPE)
- Asociación de Padres de la Enseñanza Libre (APEL)

Audiencia 5 (24/11 PM): asociaciones de docentes

- Unión de Profesores de Clases Preparatorias Científicas (UPS)
- Unión de Profesores de Física y Química (UdPPC)
- Asociación de Profesores de Biología y Geología (APBG)
- Asociación Nacional para la Enseñanza de la Tecnología (ASSETEC)
- Asociación Nacional de Profesores de Economía y Gestión (APAG)
- Asociación de Profesores de Ciencias Económicas y Sociales (APSES)

Audiencia 6 (29/11 PM): extracurricular

- Fundación Blas Pascal
- Animath
- Science ouverte
- Maths en jeans
- Kangourou
- L'île logique

Audiencia 7 (30/11 AM): enseñanza superior e investigación

- Academia de Ciencias
- Centro Nacional de Investigación Científica (CNRS)
 - Instituto Nacional de Ciencias Matemáticas y de sus Interacciones (INSMI)
- Confederación de Grandes Escuelas (CGE)
- Consejo Nacional de Universidades (CNU)
 - Sección matemáticas
 - Sección matemáticas aplicadas y aplicación de las Matemáticas
 - Sección Ciencias de la Educación
- Sociedad de agregados

Audiencia 8 (30/11 PM): mundo empresarial

- Carrefour
- Pôle emploi

Audiencia 9 (01/12 AM): empresas emergentes y matemáticas de gran alcance

- Kwyk
- EvidenceB
- LearnEnjoy
- myBlee Math
- TOPLA
- Universcience
- Maison des mathématiques
- Fermat Science

Audiencia 10 (01/12 PM): asociaciones de profesores de matemáticas

- Asamblea de Directores de Institutos de Investigación sobre la Enseñanza de las Matemáticas (ADIREM)
- Comisión Francesa para la Enseñanza de las Matemáticas (CFEM)
- Mujeres y matemáticas
- Asociación General de Maestros de Escuelas y Educación Preescolar Públicas (AGEEM)
- Asociación de Profesores de Matemáticas y de la Enseñanza Pública (APMEP)

Audiencia 11 (06/12 PM)

- Inspección General de la Educación Nacional (IGEN)
 - Grupo de la enseñanza primaria
 - Grupo de matemáticas
- Consejo Superior de Programas (CSP)
- Canopé

Audiencia 12 (07/12 AM)

- Dirección de la Educación Digital (DNE)
- Dirección de Evaluación, Prospectiva y Rendimiento (DEPP)
- Consejo Nacional de Evaluación del Sistema Escolar (CNESCO)

Audiencia 13 (07/12 PM): directores de establecimiento y socios extracurriculares

- Sindicato Nacional del Personal de Dirección de la Educación Nacional (SNPDEN)
- Asociación de Directores de Establecimientos Católicos de Educación Secundaria contratados (SYNADIC)
- Coup de pouce
- Zup de Co

Audiencia 14 (08/12 AM): sindicatos de docentes, formación

- Sindicato de Docentes, Unión Nacional de Sindicatos Autónomos (SE-UNSA)
- Sindicato Nacional de Educación Secundaria (SNES)
- Sindicato Nacional de Liceos y Secundarios (SNALC)
- Escuela Superior del Profesorado y Educación (ESPE)
- Sindicato Nacional de Inspectores de Academia, Inspectores Pedagógicos Regionales (SNIAIPR-UNSA)
- Sindicato de la Inspección de la Educación Nacional (SIEN-UNSA)
- Sindicato Nacional de la Educación Nacional, Confederación Francesa Democrática del Trabajo
- (SGEN-CFDT)
- Sindicato Nacional Unitario de Maestros, Profesores de Escuelas y Profesores de Enseñanza General de los Secundarios (SNUIPP)

Audiencia 15 (08/12 PM): cultura matemática

- La main à la pâte
- Les maisons pour la science
- Grupo de reflexión interdisciplinario sobre los programas (Grip)

Audiencia 16 (12/01 AM): internacional

- Michèle ARTIGUE (profesora emérita de universidades)
- Jean CASSOU (profesor honorario de Matemáticas)
- Jan de LANGUE (profesor de la Universidad de Utrecht)
- Thierry DIAS (profesor de la Escuela Superior de Pedagogía de Lausanne)
- Tim GOWERS (profesor de la Universidad de Cambridge)
- Bernard MANUEL y Élisabeth ZÉBOULON (Escuela bilingüe Jeannine Manuel)

Audiencias complementarias

- 23 de noviembre de 2017: Aurélie JEAN, In Silico Veritas, Femmes, codage, entreprises
- 6 de diciembre de 2017: Guillaume DUHAMEL, Benoît ROGNIER, Présentation de Edukera
- 21 de diciembre de 2017: Patricia SPINELLI, Nadia HAMIDI, Diane VANDAELE, Escuelas Montessori
- 4 de enero de 2018: Michel VIGIER, Dominique GAY-SYLVESTRE, Rufin KOUBI, Le Boulier Didactique
- 11 de enero de 2018: Nicolas PELAY, Plaisir Maths
- 11 de enero de 2018: Martine KERNEVES, Pascale MICOLEAU-MARCEL, La Finance pour Tous
- 17 de enero de 2018: Gérard SIEGEL, Le NUMY-CODE
- 5 de febrero de 2018: Gilles ROUSSEL, presidente de la CPU

ANEXO 3. MESAS REDONDAS

Mesa redonda 1 (13/12 PM): Pedagogía y eficacia: ¿cuáles son los obstáculos y dificultades que enfrenta la enseñanza de las matemáticas? (primaria y secundaria)

- Rémi BRISSIAUD, investigador en Psicología Cognitiva
- Jean-François CHESNÉ, director científico del CNESCO
- Hervé le MADEC, profesor de escuelas especializado (trastornos psicológicos)
- Isabelle MALET, profesora de escuelas especializada (neurociencias, Cogni'junior)
- Nicolas PINEL, IEN primaria, método heurístico de matemáticas

Mesa redonda 2 (14/12 AM): Pedagogía y eficacia: las razones que impidieron alcanzar los resultados esperados en materia de rendimiento pedagógico o de resultados internacionales

- Jean-Paul BELTRAMONE, IA-IPR de Matemáticas
- Michel DELORD, profesor honorario de Matemáticas, GRIP
- Karine DEVANLAY, directora contratada de una escuela privada
- Edwige GODLEWSKI, profesora universitaria, Smai
- Yves MATHERON, profesor universitario, IFé
- Éric TROUILLOT, profesor de Matemáticas, creador de Mathador

Mesa redonda 3 (14/12 PM): Pedagogía y eficacia: obstáculos y dificultades de la enseñanza en Matemáticas provenientes de la organización estructural (secundaria y liceo)

- Roland CHARNEY, profesor honorario de Matemáticas, CSP
- Christian JEANBRAU, IA-IPR honorario de Matemáticas
- Yannick LOISEAU, director de un Complejo escolar
- Yves MATHERON, profesor universitario, IFé

Mesa redonda 3b (14/12 PM): ¿Qué resultados arroja la formación continua de los docentes en la actualidad?

- Marion DESMAREST, IEN educación primaria
- Christian JEANBRAU, IA-IPR honorario de Matemáticas
- Louise NYSEN, catedrática, directora adjunta de la ESPE de la región Languedoc-Roussillon
- Gaëlle PAPINEAU, profesora de Matemáticas, liceo de Oficios de Hotelería
- Nelly RIZZO, secretaria nacional del SNUipp

Mesa redonda 4 (20/12 PM): El papel de lo digital en el progreso del aprendizaje de los alumnos (en particular la discapacidad)

- Sandrine BOISSEL, profesora especializada, diseñadora del maletín scratch (discapacidad visual)
- Laurent FOUCHER, profesor formador en didáctica de las Matemáticas, Isfec Bretagne
- Laetitia GRAIL, exprofesora de Matemáticas, fundadora de myBlee Math
- Véronique IZARD, encargada de investigación, laboratorio de psicología de la percepción
- Anne LEFÈVRE, profesora de Matemáticas
- Delphine SEMAIL, asesora pedagógica departamental sobre la tecnología digital aplicada a la educación

Mesa redonda 4b (20/12 PM): Cálculo: neurociencias, fundamentos y automatismos. Aportes de las neurociencias en la adquisición de los fundamentos y la memorización

- Laetitia GRAIL, exprofesora de Matemáticas, fundadora de myBlee Math
- Véronique IZARD, encargada de investigación, laboratorio de psicología de la percepción
- Vanessa KAPLAN, directora asociada de Kiupe, juegos Math Mathews
- Pascal ROMON, catedrático, laboratorio de análisis y de matemáticas aplicadas

Mesa redonda 5 (21/12 AM): Neurociencias y adquisición de los principios: niveles anuales de aprendizaje, en particular del cálculo (primaria y secundaria)

- Danielle BLAU, IA-IPR de Matemáticas
- Géraud CHAUMEIL, profesor de Matemáticas, autor de *Bulles de maths*
- Marie-Line GARDES, catedrática, laboratorio sobre el lenguaje, el cerebro y la cognición
- Franck RAMUS, profesor vinculado a la ENS, codirector del máster en Ciencias cognitivas
- Catherine THÉVENOT, profesor adjunto de la Universidad de Lausanne, DecoPsy
- Stanislas DEHAENE, profesor del Collège de France

Mesa redonda 6 (21/12 PM): Singapur y los otros métodos: a propósito de los otros países y experiencias, ¿cuáles son las prácticas más concluyentes (primaria, en particular)?

- Djelika DARBO, profesora de escuelas
- Marthe-Aline JUTAND, profesora de la Universidad Bordeaux 2, SFdS
- Chantal KRITTER, formadora en la ESPE de Créteil
- Marie MÉGARD IGEN, grupo de la educación primaria
- Marie-Lise PELTIER, catedrática en didáctica de las Matemáticas, Ldar
- Reem YASSAWI, profesora en el departamento de Matemáticas, *Trent University*, Canadá

Mesa redonda 7 (04/01 AM): Actividad extracurricular: ¿dónde están los obstáculos? La actividad extracurricular y los proyectos institucionales con respecto a las prácticas de los profesores. Obstáculos y herramientas

- Arthur CHASSANIOL, profesor de Matemáticas, fundador de Insignis
- Yann COGAN, profesor de Matemáticas, enseñanza escolar mediante el videojuego
- Thierry DIAS, profesor de la Escuela Superior de Pedagogía de Lausanne
- Jean-Roger RIBAUD, IA-Daasen de l'Oise

Mesa redonda 8 (04/01 PM): Extracurricular: acompañamiento. Lo extracurricular como acompañamiento personalizado de los alumnos y motor de innovaciones pedagógicas.

- Martin ANDLER, profesor emérito, presidente de Animath
- Alex BERASATEGUI, subdirector en Rep
- Thierry DIAS, profesor de la Escuela Superior de Pedagogía de Lausanne
- Bernard DUBREUIL, rector honorario
- Agnès RIGNY, exprofesora de Matemáticas, entrenadora, Matemáticas sin estrés.
- Dominique SOUDER, profesor de Matemáticas

Mesa redonda 9 (05/01 AM): Didáctica: curso, actividades, profesores felices. ¿Qué lugar ocupa el cálculo, en general, en la didáctica/pedagogía de las matemáticas?

- Anne BURBAN, IGEN, grupo de Matemáticas
- Jean-François CLAIR, profesor de Matemáticas en REP+
- Jean-Pierre DEMAILLY, profesor universitario, Instituto Fourier
- Thierry DIAS, profesor de la Escuela Superior de Pedagogía de Lausanne
- Vincent PANTALONI, profesor de Matemáticas, coautor de *Geometry Snacks*
- Thibault STEIGELMANN, profesor de Matemáticas

Mesa redonda 10 (05/01 PM): Cálculo: despolitizar el cálculo, herramienta para resolver problemas. ¿Enseñar mediante problemas o problemas para enseñar?

- Adam BAÏZ, profesor en Sciences Po
- Anne BURBAN, IGEN, grupo de Matemáticas
- Thierry DIAS, profesor de la Escuela Superior de Pedagogía de Lausanne
- Brigitte GRUGEON, profesora de universidades en didáctica de las Matemáticas, ESPE de Créteil
- Yves POILANE, director de Télécom Paristech
- Monique TALEB, profesora de Matemáticas

Mesa redonda 10b (05/01 PM): Herramientas: neurociencias y adquisición de principios. ¿Cuáles son las herramientas anuales de adquisición, en particular, del cálculo en el liceo, para la enseñanza superior?

- Paul DARTHOS, profesor de Matemáticas en el liceo
- Alexandre FIEBIG, profesor de Fisicoquímica
- Bernard JULIA, investigador, laboratorio de Física teórica de la ENS Paris, QSF
- Nicolas TOSEL, profesor de Matemáticas en CPGE

Mesa redonda 11 (11/01 PM): Singapur y los otros métodos. Evaluaciones internacionales y estudios de las prácticas más concluyentes. ¿Es posible importar métodos?

- Laurence COHEN, profesora de escuelas, jefa de redacción adjunta en Cahiers pédagogiques
- Thierry DIAS, profesor de la Escuela Superior de Pedagogía de Lausanne
- Ollivier HUNAULT, IGEN, grupo de la enseñanza primaria
- Nathalie NAKATANI, coautora de libros de texto sobre el método de Singapur, formadora en ILFM
- Emmanuel SANDER, profesor en UFR de Psicología, Universidad Paris 8
- Évelyne TOUCHARD, coautora de libros de texto sobre el método Singapur
- Stéphanie de VANSSAY, profesora, asesora técnica en Se-Unsa

Mesa redonda 12 (22/12 AM): ¿Qué papel/usos se debe asignar al libro y a los recursos para prácticas más concluyentes (primaria, secundario y liceo)?

- Gilles ALDON, profesor de Matemáticas, director del equipo EducTice, IFé
- Jean-Louis DURPAIRE, IGEN honorario
- Gilles LEPELTIER, presidente de alcaldes rurales del Loiret
- Lydia MISSET-ROCHEROLLE, exprofesora de Matemáticas, directora de colección
- Jean NEMO, director general de La Librairie des Écoles
- André TRICOT, profesor en Psicología en la ESPE Midi-Pyrénées

ANEXO 4. HORARIOS DEL SECUNDARIO (4°)

Bloques de una hora (semana A):

Horario	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
8 h 00 - 8 h 55	Física	Tecnología	Inglés	Matemáticas	
9 h 00 - 9 h 50	Latín	Francés	Ciencias de la Vida y de la Tierra	Artes Plásticas - Música	Inglés
	Recreo (15 min)	Recreo (15 min)	Recreo (15 min)	Recreo (15 min)	Recreo (15 min)
10 h 10 - 11 h 05	Historia y Geografía	Ciencias de la Vida y de la Tierra	Educación Física	Francés	Historia y Geografía
11 h 10 - 12 h 05	Alemán	Matemáticas	Educación Física	Inglés	Francés
	Almuerzo	Almuerzo		Almuerzo	Almuerzo
13 h 45 - 14 h 40	Educación Física	Alemán		Matemáticas	Alemán
14 h 45 - 15 h 35	Educación Física	Historia y Geografía			Francés
	Recreo (15 min)	Recreo (15 min)		Recreo (15 min)	Recreo (15 min)
15 h 55 - 16 h 50	Francés	Matemáticas			Latín

Bloques de 45 min / 1 h 30:

Horario	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
8 h 00 - 9 h 30	Francés	Educación Física	Francés	Matemáticas	Física
	Recreo (30 min)	Recreo (30 min)	Recreo (30 min)	Recreo (30 min)	Recreo (30 min)
10 h 00	Alemán	Matemáticas- Informática	Lenguas (bloques divisibles)	Inglés	Francés
11 h 30 / 12 h 00	Almuerzo			Almuerzo	Almuerzo
13 h 00					
13 h 00 - 14 h 25	Historia y Geografía	2 Clubes (2×45 min)		Historia y Geografía	Educación Física
	Recreo (20 min)	Recreo (20 min)		Recreo (20 min)	Recreo (20 min)
14 h 45 - 16 h 10	Artes Plásticas - Música	Ciencias de la Vida y de la Tierra		Tecnología	Latín
16 h 15 - 17 h 00	Inglés	Alemán		Club	Club

ANEXO 5. UN EJEMPLO ANGLOSAJÓN DE DIVISIÓN

Una técnica operativa de división, clara y explícita, que respeta el valor posicional de las cifras del cociente:

4	3	2	1	1	7
-	3	4	0	2	0
		9	2		5
-		8	5		4
		7	1		
-		6	8		
			3		

200, 50 y 4 son los “cocientes parciales”.

Para obtener el cociente, se añade entonces:

$$200 + 50 + 4$$

$$= 254$$

Quedan 3.

Si se quiere ir más lejos, el cociente parcial que sigue sería “0,1”.

Nota: esta técnica operativa es transparente para los niños: ellos entienden lo que hacen en cada etapa. En la primera, multiplican 17 por 200 y obtienen 3 400, luego restan por primera vez. No hace falta:

- escribir una “c” sobre el “2” en el cociente para indicar que 2 significa 200;
- reducir de forma misteriosa el “2” (de 4321), y luego el “1” del mismo número, en las siguientes etapas. Ya se evidencia la parte restante del dividendo, 921 luego, 71.

Por otro lado, da a conocer el tamaño del cociente desde la primera etapa. Esta técnica funciona, sea cual fuere la cantidad al comienzo (pudo haber sido 1.700 en lugar de 4.300).

ANEXO 6. BIBLIOGRAFÍA Y PÁGINAS WEB DE INTERÉS

Las referencias que se detallan a continuación completan las ya mencionadas en las notas al pie de página del presente informe.

Formación inicial

Reunión de la Sociedad Matemática de Francia sobre la formación en Matemáticas impartida en los másters Meef educación primaria (2017): http://smai.emath.fr/IMG/pdf/cr_reunion_premier_degre_vf.pdf

Reunión de la Sociedad de Matemática de Francia sobre las trayectorias matemáticas de los másters Meef educación secundaria (2017): http://smai.emath.fr/spip/IMG/pdf/2017-02-03.reunion_meef.pdf

Educación prioritaria

Informe Ifé sobre las Matemáticas en educación prioritaria (2018): <http://centre-alain-savary.ens-lyon.fr/CAS/education-prioritaire/ressources/theme-1-perspectives-pedagogiques-et-educatives/travailler-sur-ce-qui-donnent-lieu-a-de-fortes-inegalites/mathematiques-en-education-prioritaire/reportage-argenteuil/apprendre-les-mathematiques-en-resolvant-des-problemes-en-education-prioritaire>

Infraestructura

Dias, Thierry (2017): *Manipuler et expérimenter en mathématiques*, Éditions Magnard.

Programas

“Quatre sociétés savantes de mathématiques et d’informatique font des propositions pour le futur programme de mathématiques du lycée” (2016): <http://smai.emath.fr/IMG/pdf/2016-10-maths-info-lycee.pdf>

Números y cálculos

Mathador: <https://www.mathador.fr/territoirecalculant.html>

Juegos

Pelay, Nicolas (2011): *Jeu et apprentissages mathématiques: élaboration du concept de contrat didactique et ludique en contexte d’animation scientifique*. Tesis de Educación, Université Claude Bernard - Lyon I. <https://halshs.archives-ouvertes.fr/tel-00665076/document>

Gouy, Michel (dir.) (2013): *Les mathématiques du bridge*, Nord -Pas de Calais, Editions Pole, CRDP.

Pasquinelli, Elena (2012): “Les jeux vidéo: du gâteau pour le cerveau”, *Argos. La Revue des BCD et CDI*, N° 50. <http://www.educ-revues.fr/ARGOS/AffichageDocument.aspx?iddoc=44855>

Tecnología digital

Hui Yong Tay y Shuyan Wang (2016): “Longitudinal study on impact of iPad use on teaching and learning”, *Cogent Education*, 3:1. DOI: 10.1080/2331186X.2015.1127308 (Sobre el impacto del uso de la tablet en la enseñanza).

“SAMR, un modèle à suivre pour développer le numérique éducatif”, *Academie-Paris*, 2017: https://www.ac-paris.fr/portail/jcms/p2_1501626/samr-un-modele-a-suivre-pour-developper-le-numerique-educatif

Internacional y otros métodos

Ferlazzo, Larry (2017): “Student Engagement: Key to Personalized Learning”, *Educational Leadership*, vol. 74, N.º 6. <http://www.ascd.org/publications/educational-leadership/mar17/vol74/num06/Student-Engagement@-Key-to-Personalized-Learning.aspx> (Sobre participación de los alumnos en Estados Unidos).

Universal design learning (Nueva Zelanda). <http://inclusive.tki.org.nz/guides/universal-design-for-learning>

La enseñanza de las Matemáticas en Finlandia (2018): <https://www.linkedin.com/pulse/lenseignement-des-mathematiques-en-finlande-romuald-normand/?trk=v-feed>

AA.VV. (2017): *Improving mathematics. In key stages two and three. Guidance report*, Endowment Foundation, Reino Unido. https://educationendowmentfoundation.org.uk/public/files/Publications/Campaigns/Maths/KS2_KS3_Maths_Guidance_2017.pdf

Lee Pen Yee y Lee Nghun Hoe (2016): *Méthode de Singapour. Enseigner les mathématiques au primaire*,

La Librairie des Écoles. Edición original: 2009, McGraw-Hill Education.

Montessori, María (2011): *Psycho géométrie*, Desclée de Brouwer. Edición original: 1934.

Resultados y recomendaciones, estrategias

Dehaene, Stanislas (2013): “Les quatre piliers de l'apprentissage, ou ce que nous disent les neurosciences” en *Paris Innovation Review*. <http://parisinnovationreview.com/article/les-quatre-piliers-de-lapprentissage-stanislas-dehaene>

Vincent Lancrin, S. (2014): “Maths education for innovative societies” en *Education and skills today*. http://oecdeducationtoday.blogspot.com/2014/10/maths-education-for-innovative-societies.html?utm_content=bufferbc380&utm_medium=social&utm_source=twitter.com&utm_campaign=buffer (Comentario de la OCDE sobre la enseñanza de las Matemáticas para empresas innovadoras).

“Mathématiques clefs de lecture des résultats Timss 2015”, *Education & Formation*, N° 94, sept. 2017 http://cache.media.education.gouv.fr/file/revue_94/44/2/depp-EF94-2017-mathematiques-resultats-TIMSS-2015_819442.pdf

Stratégie nationale de culture scientifique technique et industrielle (2017), Ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation <http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid113974/la-strategie-nationale-de-culture-scientifique-technique-et-industrielle.html>

Les défis de l'enseignement des mathématiques dans l'éducation de base (2011): UNESCO <http://unesdoc.unesco.org/images/0019/001917/191776f.pdf>

Nota técnica N° 06 para la Comisión Torossian/ Villani (Mission Maths). Tribuna individual: <http://michel-delord.info/nt-06.pdf>

Auguste Sejan (2017): *Trois jours de réflexion*, The BookEdition.com

Pedagogía

“Comment fournir la RÉTROACTION aux élèves. Guide avancé”. Org. Pinnacle Education http://www.formapex.com/telechargementpublic/appyf2014a.pdf?utm_campaign=coschedule&utm_source=twitter&utm_medium=carnetsdeprof (Sobre la retroalimentación).

Carte mentale sur la rétroaction: <https://www.mindmeister.com/fr/765675479?t=W2JzVlaCm7>

Mathser Review. *Interactive Maths*: <http://www.interactive-maths.com/blog/mathster-review> (Sobre Aula invertida).

Astolfi, Jean-Pierre “Le statut de l’erreur dans l’enseignement” <https://fr.calameo.com/read/000302261601a643fdad4>

Mevarech Z. y Kramarski B. (2014): *Critical Maths for Innovative Societies: the role of metacognitive pedagogies*, OECD. http://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oecd/education/critical-maths-for-innovative-societies_9789264223561-en#.WnmLf2fz_wQ#page1

Rosenshine, Barak (2012): “Principles of instruction. Research-based strategies that all teachers should know”. *American Educator*. <https://headguruteacher.files.wordpress.com/2017/06/rosenshine-2.pdf>

Desigualdades

“Pour une école riche de tous ses élèves S’adapter à la diversité des élèves, de la maternelle à la 5e année du secondaire” (2017): Édité par le Conseil supérieur de l’éducation Québec. <http://cse.gouv.qc.ca/fichiers/documents/publications/Avis/50-0500.pdf> (Asesoramiento al Ministro de Educación, Recreación y Deporte).

ANEXO 7. DECLARACIÓN DE OBJETIVOS

Ministère de l'Éducation nationale

El ministro

París, 23 de octubre de 2017

Sr. Diputado:

Sr. Inspector general:

La enseñanza de las Matemáticas en Francia refleja aún una sorprendente paradoja. Mientras que la calidad de nuestra investigación es reconocida a nivel mundial, los estudios nacionales e internacionales dan cuenta de un resultado relativamente bajo de los alumnos y de una excesiva representación de alumnos con dificultad. A esto se añade, una fuerte correlación entre el éxito en Matemáticas y el origen social y geográfico de los alumnos.

Estas constataciones condujeron a la elaboración de una «estrategia matemática» en diciembre de 2014. Las principales medidas propuestas tenían por objetivo promover las carreras científicas, fomentar los concursos, reforzar los conocimientos y competencias en Matemáticas en la formación inicial de los maestros.

Actualmente, ya es tiempo de evaluar la eficiencia pedagógica y didáctica de esta estrategia desde una mirada menos teórica y más operativa que la de los estudios precedentes. Este es el sentido de la comisión que deseo encomendarles.

De hecho, su experiencia en investigación y en la enseñanza de las Matemáticas, como así también su conocimiento de los mecanismos institucionales les permitirán identificar las herramientas más propicias para mejorar de manera significativa los resultados de los alumnos en Matemáticas, con la intención de evaluar los obstáculos y dificultades actuales, como también de identificar las razones que impidieron a otras estrategias matemáticas alcanzar los resultados esperados.

Un primer eje de su reflexión consistirá en determinar las prácticas más concluyentes, inspirándose en los estudios internacionales y en métodos comprobados en el extranjero. En este contexto, será particularmente valiosa su mirada sobre el papel y el lugar que ocupa lo digital en la mejora de los resultados de los alumnos en Matemáticas.

Sr. Cédric VILLANI, *diputado de Essonne*

Sr. Charles TOROSSIAN, *inspector general de la Educación Nacional*

110 rue de Grenelle - 75357 Paris SP 07 - Téléphone : 01 55 55 10 10

Un segundo eje de su trabajo abordará el lugar real que ocupa el cálculo en la didáctica de las Matemáticas. Desde este punto de vista, el aporte de las neurociencias, principalmente, en términos de memorización, podrá esclarecer su reflexión, en particular, al respecto de la adquisición operativa de la multiplicación, de las fracciones o de la noción de proporción que, para los jóvenes franceses, parecen ser fuente de dificultades permanentes. Brindará, particularmente, un esclarecimiento sobre el lugar que ocupa el cálculo en la pedagogía, para avanzar hacia:

- un dominio de las operaciones y algoritmos de los cálculos por los niños de primer grado, para de esta manera, actuar en favor de la igualdad de oportunidades y luchar contra el anumerismo;
- una práctica natural en las clases del secundario que libere la mente de los alumnos para resolver problemas motivadores;
- una fluidez en las clases de liceo (general y profesional), que permita alcanzar los objetivos de la formación profesional o de preparación para la enseñanza superior.

También, se los invita a formular recomendaciones sobre los diferentes niveles de aprendizaje anuales, tanto en la escuela primaria como en el secundario o liceo. ¡Este constituirá el tercer eje de su trabajo!

Por último, cabe destacar que el éxito de algunas actividades extracurriculares en Matemáticas representa una maravillosa fuente de inspiración. El cuarto eje de la comisión consistirá en formular propuestas concretas en vistas a articular mejor estas acciones con las del Ministerio, los proyectos institucionales y la práctica de los profesores en particular, como parte del acompañamiento personalizado de los alumnos y de la innovación pedagógica.

Sobre el total de ejes, deberán ponerse en contacto con los directivos del Ministerio y entrevistar al cuerpo de inspección académico. Serán de gran ayuda las opiniones de la Academia de Ciencias, del CNESCO, del CSP y, del ámbito académico en general. Por supuesto, se los invita además a reunirse con las asociaciones de profesores y los representantes sindicales con el propósito de esclarecer su reflexión. Por último, consultar con profesores, como también con sus alumnos y estudiantes, le permitirá centrarse en los aspectos concretos y operativos que deben guiar su comisión.

Para garantizar una correcta evolución de su comisión, contarán, de ser necesario, con el apoyo de la Dirección General de la Enseñanza Escolar.

Quedo a la espera de sus conclusiones, a más tardar, para fines de enero de 2018.

Agradeciendo de antemano la decisión de aceptar esta comisión importante para nuestro país, me despido reiterándoles mi más cordial y respetuoso saludo.



Jean-Michel BLANQUER



MINISTÈRE
DE L'ÉDUCATION
NATIONALE



Ministerio de Educación,
Cultura, Ciencia y Tecnología
Presidencia de la Nación