

ANEXO III: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SOBRE ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EN LAS ESCUELAS

A continuación se presentan algunos nudos problemáticos en torno a la enseñanza de las ciencias en las escuelas, que si bien son de larga data y exceden a nuestro país, nos sirven de guía para conocer los principales enfoques pedagógicos y metodológicos que en la actualidad se despliegan y, a partir de ellos, encontrar elementos para el diseño de los Clubes de Ciencia e Innovación.

A grandes rasgos, y como **primer nudo problemático**, se identifica que tradicionalmente la educación formal ha estado ligada al modelo de déficit cognitivo según el cual la alfabetización científica queda reducida en gran medida a transmitir los conocimientos científicos (hechos, leyes, teorías) de los libros de texto.

Siguiendo a Gellon et al. (2005, p.17): "(...) la educación ha consistido en la transmisión de un cuerpo de conocimientos, suponiendo que el profesor es el custodio del saber y los alumnos son tabulas rasas que, como un disco a grabar o un cesto vacío, deben llenarse de contenido. La educación en ciencias en el nivel medio ha girado tradicionalmente en torno a un programa de contenidos "canónicos" impartidos en clases teóricas magistrales, clases de laboratorio (en las que el alumno se familiariza con aparatos, drogas y procedimientos y comprueba las ideas formuladas en la clase teórica) y clases de resolución de problemas (para practicar los razonamientos y aplicaciones del tema)". Tal como afirman estos autores, aunque este enfoque ha sido ampliamente cuestionado, actualmente en la práctica sigue vigente.

A partir de la década del setenta, desde diversos sectores, se ha discutido este modelo por su carácter unidireccional, la supuesta ignorancia y subestimación del receptor, la concepción neutral y descontextualizada del conocimiento que se transmite (Arancibia Gutiérrez, 2011). De allí que, los enfoques actuales de la enseñanza de las ciencias lejos de considerar a los y las estudiantes como "recipientes vacíos", pongan énfasis en reconocer las experiencias e ideas preexistentes en los niños/as y jóvenes, de modo de promover la construcción activa del conocimiento y su incorporación a su esquema de saberes previos (Gellon et al., 2005). Entendiendo a las ciencias como una forma más de mirar la realidad, y como un derecho y una posibilidad de construir pensamientos críticos a partir de ciertas capacidades y habilidades.

El **segundo nudo problemático** de la educación tradicional se encuentra en su atención casi exclusiva en el producto final de la ciencia, sin tener en cuenta el proceso de generación de las ideas. "(...) Esto hace que los alumnos lleguen a comprensiones superficiales y frágiles, cuando no francamente erróneas, de las ideas científicas" (Gellon et al., 2005, p.16).

En la actualidad, estos diversos enfoques de la enseñanza de las ciencias conviven y se tensionan en las escuelas, espacios institucionales donde inicialmente se desplegarán los Clubes de Ciencia e Innovación.

El **tercer nudo problemático** que nos interesa abordar responde a la tendencia de la educación tradicional a la enseñanza descontextualizada de la ciencia. De allí, que se considere prioritario el reconocimiento del aspecto social de la ciencia. En dos sentidos claves, por un lado, la construcción social del conocimiento científico, como la manera en que la humanidad, a través de la actividad científica, construye un cuerpo de conocimientos. Por otro lado, y donde nos detendremos, refiere a cómo se incorporan los nuevos conocimientos a los esquemas de saberes previos por parte de los estudiantes (Gellon et al., 2005).

Seguindo a estos autores, "(...) los estudiantes deben de alguna manera participar de la generación de conocimiento en grupo, a través de discusiones e intentos de persuasión en los cuales la evidencia empírica y la lógica interna cumplen un papel central. Este tipo de experiencia lleva a los alumnos a entender que muchas veces los contextos culturales e históricos afectan a, y son afectados por, las ideas científicas en boga (...) Todo esto parece sugerir que la base de una eficaz y rica educación científica consiste en reproducir en el aula las condiciones de producción de conocimiento que encontramos en el laboratorio o equipo de investigación, es decir, permitir que los estudiantes se sumerjan en el libre juego de hacer ciencia como los científicos" (Gellon et al., 2005, p.172).

En línea con lo anterior, la Dra. Melina Furman referente en educación de la ciencia en el país, plantea como un déficit del actual sistema la tendencia a la construcción de conocimientos inertes a lo largo de los años de escolaridad, es decir, conocimientos que no entendemos, que recordamos solo superficialmente y recibimos de manera fragmentada. La antítesis de este tipo de conocimiento es el "conocimiento profundo", concepto que retoma de David Perkins, uno de los fundadores del enfoque de la enseñanza para la comprensión. Este tipo de aprendizajes son propios de la "transferencia", es decir, dirigidos a estimular la capacidad de usar lo que sabemos en un contexto diferente. "(...) El aprendizaje profundo no solo implica que los chicos y chicas entiendan conceptos o ideas. También apunta a que puedan aprender ciertas habilidades, competencias o capacidades. Algunas son transversales, como la capacidad de trabajar colaborativamente, crear cosas nuevas, analizar situaciones o comunicar sus ideas. Otras serán más específicas de las distintas áreas de conocimientos" (Furman, 2021, p. 63).

Estos nudos problemáticos que a priori parecen propios de los espacios formales de educación, sin embargo, se consideran como insumos para repensar la enseñanza de las ciencias también por fuera de las aulas tradicionales y en espacios de educación no formal.

Lo hasta aquí planteado se complementa con algunos datos obtenidos de diversas fuentes. Tomaremos como referencia: los resultados de la Encuesta Nacional de Percepción de la Ciencia (MinCyT), de las Pruebas Aprender (Ministerio de Educación de la Nación) y los resultados para Argentina del Programa para la Evaluación Internacional de Estudiantes (Pruebas PISA por su sigla en inglés) implementado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE).

Se deja en claro que estos instrumentos no comparten metodología, su medición se aplicó en diferentes temporalidades por lo que no son directamente comparables. A pesar de ello, nos permiten acercarnos a algunas tendencias y sacar conclusiones generales acerca del desempeño en asignaturas STEM¹, interés y expectativas profesionales que generan las carreras científico-tecnológicas entre los y las adolescentes.

En primer lugar, tomaremos como referencia la Encuesta complementaria “Vocaciones científicas” dentro de la Tercera Encuesta Nacional de Percepción Pública de la Ciencia elaborada por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. La misma, se aplicó a jóvenes entre 15 y 18 años del AMBA² en el año 2012, con el objetivo de relevar su interés por las carreras científico-tecnológicas de las áreas de las ciencias naturales e ingenierías³.

Según los resultados obtenidos, en líneas generales, la continuidad educativa de los y las adolescentes en el ámbito universitario está fuertemente ligada al nivel socioeconómico. Asimismo, la institución escolar a la que asistieron (o estaban asistiendo) también parece afectar la proyección al ámbito universitario: los alumnos/as o egresados/as de las escuelas públicas están comparativamente menos presentes en las universidades y están más restringidos para estudiar debido a limitaciones económicas.

Se identifica una marcada tendencia por la elección de carreras relacionadas a las ciencias sociales y, en menor medida, a las ciencias médicas y algunas ramas de las ingenierías (aunque éstas con alto nivel de segmentación). En la segunda parte del cuestionario, se presentó a los y las jóvenes un listado de doce carreras universitarias que el Ministerio había establecido como prioritarias para el desarrollo de las políticas sectoriales y la producción económica del país. El objetivo era

¹ El término STEM por sus siglas en inglés: Science, Technology, Engineering and Mathematics (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas).

² La encuesta complementaria fue aplicada de manera telefónica a una submuestra de población adolescente de la región del AMBA. Se completaron trescientas cincuenta encuestas a jóvenes con edades comprendidas entre los 15 y 18 años. Se trata, por lo tanto, del segmento de la población que está cursando estudios secundarios o que recién ha comenzado su formación superior en institutos terciarios o en la universidad.

³La posterior Encuesta Nacional de Percepción Pública de la Ciencia realizada en 2015 no incluyó este apartado.

identificar si cada una de estas carreras podía ser o no, al menos en términos potenciales, atractivas para los y las jóvenes.

Tabla N° 1: Interés por el estudio de carreras científico tecnológicas

CARRERA	LA ESTUDIARÍA			
	SÍ	NO	NO LO SÉ	NO SÉ DE QUÉ SE TRATA ESA CARRERA
Medicina	36,50%	57,60%	5,60%	0,30%
Informática	32,20%	57,60%	6,80%	3,40%
Matemáticas	31,30%	65,30%	2,80%	0,60%
Biología	31,00%	64,40%	3,70%	0,90%
Veterinaria	27,20%	67,50%	4,40%	0,90%
Ingeniería electrónica	22,90%	69,60%	5,30%	2,20%
Química	22,60%	71,20%	5,00%	1,20%
Biotecnología	22,60%	64,70%	5,60%	7,10%
Nanotecnología	21,40%	66,60%	4,00%	8,00%
Ingeniería de los materiales	15,50%	74,60%	3,10%	6,80%
Agronomía	16,40%	72,70%	5,30%	5,60%
Física	15,20%	76,70%	5,00%	3,10%

Fuente: Tercera Encuesta Nacional de Percepción Pública de la Ciencia – Encuesta complementaria Vocaciones científicas (Argentina, Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, 2012).

Como revela la tabla anterior, el mayor porcentaje de respuestas fue negativo. Un dato interesante es que uno de cada diez jóvenes consultados/as no sabían de qué tratan las titulaciones en Nanotecnología y Biotecnología.

Al ser consultada la población adulta en la Encuesta General sobre el interés de los y las jóvenes por carreras científicas, el mayor porcentaje vinculó el desinterés por las mismas con la dificultad de las materias científicas en las escuelas (química, física, biología o matemáticas). En línea con esto, la Encuesta complementaria aplicada a los y las jóvenes arrojó que, la mitad de los/las encuestados/as, considera las materias científicas como difíciles. De igual manera, una mitad dice que estas asignaturas los aburrirón. La respuesta es mayor en las mujeres. “Los y las estudiantes que tuvieron dificultades o no se sintieron motivados por las clases de ciencias de la escuela fueron, al mismo tiempo, menos proclives a imaginarse como científicos profesionales” (MINCyT, 2012).

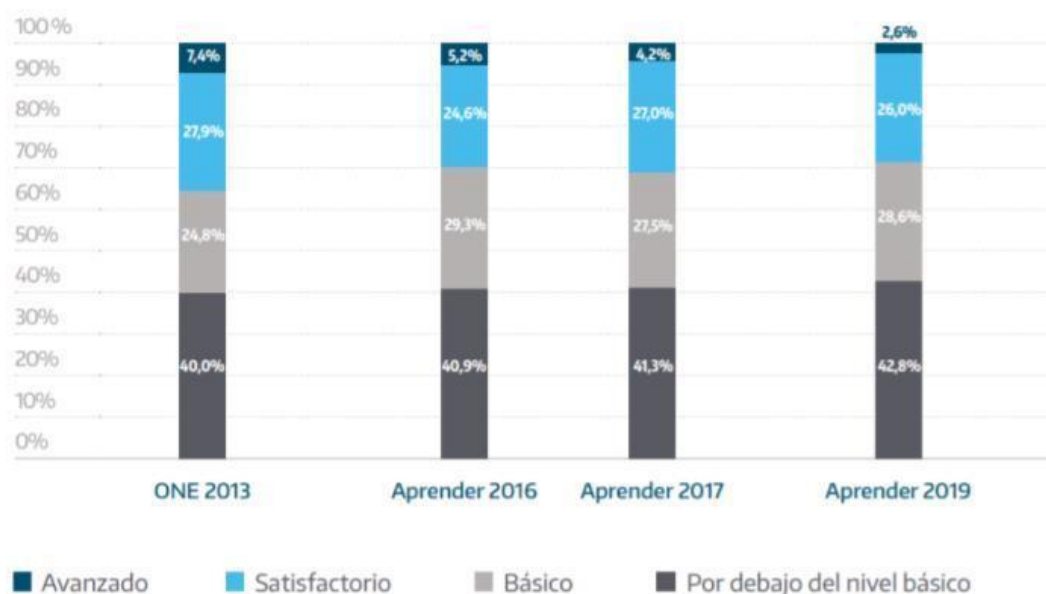
La elevada tasa de desconocimiento es otro rasgo indicativo de la distancia efectiva que existe entre los y las jóvenes y las instituciones científico-tecnológicas.

La segunda fuente que tomaremos como referencia son las Pruebas Aprender implementadas en el ámbito del Ministerio de Educación de la Nación, con el objetivo de conocer el grado de dominio que las y los estudiantes de nivel primario y secundario tienen sobre un recorte específico de contenidos y capacidades cognitivas durante su trayectoria escolar. Y de este modo, identificar los factores sociodemográficos y las condiciones en que se enseña y se aprende⁴.

En la evaluación realizada en 2019 a estudiantes de 5° o 6° año del nivel medio (según la estructura de los niveles en cada jurisdicción), se refuerza el dato de las dificultades en las asignaturas STEM expresadas por los y las jóvenes, por ejemplo solo el 28,6% alcanzó un desempeño satisfactorio o avanzado en matemática.

La variación en el indicador de estudiantes “por debajo del nivel básico” en matemática, muestra una tendencia sutil pero sistemáticamente creciente desde los Operativos Nacionales de Evaluación⁵ de 2013 a la fecha del relevamiento. En 2019 el porcentaje de estudiantes que se ubicaron en la categoría “por debajo del nivel básico” duplicó y más a las cifras observadas en Lengua (42,8% y 18,6% respectivamente), y se advierte cierta disminución en la cantidad de estudiantes que alcanzan los niveles Satisfactorio o Avanzado.

Gráfico N°1: Serie histórica del desempeño en matemática 2013-2019



Fuente: Evaluación Aprender 2019, DEE-REFCEE | DINEIEE | SEIE | Ministerio de Educación de la Nación.

En la provincia de Santa Fe, al analizar el nivel de desempeño en Matemática en 5° año del secundario en este periodo, el porcentaje de estudiantes por debajo

⁴ Aprender es una evaluación nacional de carácter estandarizado que mide los logros de aprendizaje de las y los estudiantes que están por finalizar los niveles primario y secundario en áreas básicas de conocimiento como son Matemática, Lengua, Ciencias Naturales y Ciencias Sociales.

⁵ Antecedente de las Pruebas Aprender.

del nivel básico se ha ido incrementando de 28% en 2013 a 36,5% en 2019, continuando con la tendencia de ser mayormente estudiantes de escuelas de gestión pública y con mayor presencia de mujeres que varones en este nivel.

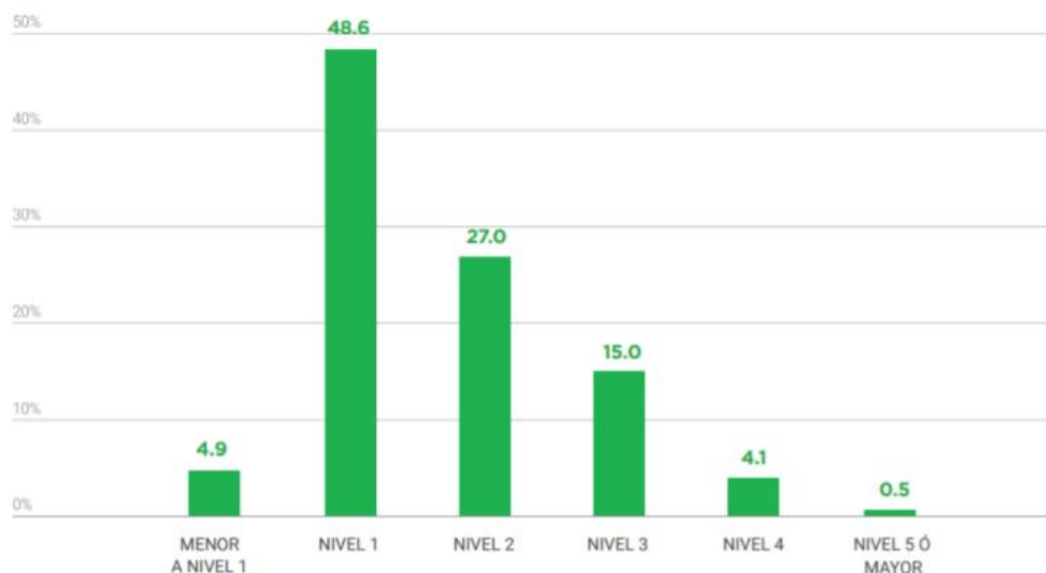
Por último, tomaremos los resultados arrojados por la Prueba PISA en Argentina. La misma se aplica cada 3 años y está dirigida a jóvenes de 15 años. Mide tres capacidades centrales para el desarrollo de los y las estudiantes: Lectura, Matemática y Ciencias, y se evalúa principalmente la transferencia de sus saberes a situaciones dentro o fuera del contexto escolar, más que contenidos aislados.

Los datos de la evaluación PISA 2018 en Argentina⁶ no son alentadores: los y las jóvenes presentaron dificultades para comprender y aplicar aspectos básicos de las Ciencias Naturales. En términos generales algo menos de la mitad de los y las estudiantes evaluados/as lograron alcanzar o superar el umbral mínimo de competencia científica (Nivel 2 o superiores), lo que significa que pueden recurrir al conocimiento cotidiano y a conocimientos procedimentales básicos para identificar una explicación científica adecuada, interpretar datos e identificar la pregunta que busca responder un diseño experimental simple. Además, manejan conocimientos epistémicos básicos y pueden identificar preguntas susceptibles de ser investigadas científicamente.

La otra mitad de los y las estudiantes (53,5%) se ubicaron en el Nivel 1 o por debajo. Estos/as jóvenes no lograron comprender problemas científicos más allá de su experiencia cotidiana y familiar ni tampoco fueron capaces de usar conocimientos y métodos científicos para resolver problemas que les ayuden a vivir mejor y tener una visión integral del mundo. Solo pudieron desempeñar un procedimiento científico siguiendo instrucciones explícitas, reconocer patrones simples en los datos, reconocer términos científicos básicos y emplear conocimientos cotidianos para identificar fenómenos científicos simples. Además, presentaron dificultades para analizar los datos y reconocer la pregunta que busca responder un experimento y para identificar aquellas preguntas susceptibles de ser investigadas científicamente. Tampoco han sido capaces de hallar una conclusión válida derivada de un conjunto de datos simples.

⁶ La implementación de PISA 2018 en Argentina se llevó a cabo durante el mes de septiembre de ese año. La muestra estuvo conformada por 458 escuelas y 14.546 estudiantes. La tasa de participación fue de 95,67% en las escuelas y 86,27% para los estudiantes que cumplen con los estándares de PISA.

Gráfico N°2: Porcentaje de estudiantes por nivel de desempeño en Ciencias



Fuente: OCDE, datos de PISA 2018.

La comparación de los resultados obtenidos en Ciencias en las distintas ediciones de PISA evidencia que Argentina no ha podido mejorar sus resultados en 2018. Se observa una mejora sostenida entre 2006 y 2012 y luego un parcial estancamiento de los resultados en 2018. De manera similar a América Latina en su conjunto, el país no logró mejorar la proporción de estudiantes que superan el umbral básico de competencia científica. En este sentido, uno de cada dos estudiantes se ubica en el Nivel 1 o por debajo (Informe Ministerio de Educación de la Nación, 2019).

Las mujeres enfrentan una dificultad algo mayor que sus pares varones respecto a su rendimiento en Ciencias. Asimismo, se confirma una vez más que el entorno socioeconómico de los y las estudiantes tiene una importante relación con los resultados de aprendizaje: 4 de cada 10 estudiantes hijos de madres universitarias se ubican en los niveles de desempeño medio y alto (Nivel 3 ó mayor). En el otro extremo, 7 de cada 10 estudiantes cuyas madres han asistido como máximo a la educación primaria no alcanzan el umbral mínimo de desempeño en la capacidad científica.

En el caso de Matemática, el 69% de los y las estudiantes se encuentra en el Nivel 1 o por debajo de éste, lo que implica que sólo han podido resolver satisfactoriamente los problemas que requieren procedimientos rutinarios, siguiendo indicaciones simples y utilizando la información presente. Específicamente, una proporción de estudiantes (40,5%) se encuentra aún por

debajo del Nivel 1 y son muy pocos los estudiantes que se pueden situar en los niveles más avanzados, del nivel 4 en adelante.

La comparación del desempeño con las ediciones previas de PISA muestra que el puntaje se mantiene relativamente estable con una desmejora en 2018 respecto a 2012 (8,9 puntos). La proporción de estudiantes con niveles de desempeño bajos o muy bajos muestra una tendencia creciente a lo largo de los años.

Los resultados de PISA sobre Matemática marcan que es la disciplina en la que los y las estudiantes tienen mayores dificultades en línea con la evidencia que expresan las evaluaciones nacionales.

En relación con los resultados por género, las pruebas PISA muestran que las mujeres tienen mejores desempeños en Lectura, mientras que los varones lo tienen en Matemática y Ciencias. Esto último, también se identifica en las evaluaciones nacionales.

Este recorrido reafirma la necesidad de repensar los actuales enfoques y herramientas con los que se abordan los conocimientos relacionados con las STEM en las escuelas secundarias, las motivaciones que se generan, las capacidades para apropiarse de la ciencia y la tecnología y reflexionar sobre estos contenidos para la vida cotidiana. En otras palabras, las posibilidades de generar conocimientos profundos en los y las jóvenes.

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

Arancibia Gutiérrez, M (2011) *Ciencia, Tecnología y Sociedad en la región de Valparaíso*. Universidad de Valparaíso Editorial, Chile.

Gellon, G.; Rosenvasser Feher, E.; Furman, M.; Golombek, D. (2005) *La ciencia en el aula: lo que nos dice la ciencia sobre cómo enseñarla*. 1a ed.- Buenos Aires: Paidós.

Furman, M. (2021) *Enseñar distinto. Guía para innovar sin perderse en el camino*. 1a ed.- Buenos Aires: Siglo XXI.

MINCYT (2014) "La percepción de los argentinos sobre la investigación científica en el país. Tercera Encuesta Nacional (realizada en 2012)". Polino, C. (Coord). Buenos Aires: Mincyt.

Ministerio de Educación, Cultura y Ciencia y Tecnología de la Nación (2019) Argentina en PISA 2018. Informe de resultados. En digital:https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/argentina_en_pisa_2018_informe_de_resultados.pdf (consultado el 5/11/2021).

Ministerio de Educación de la Nación (2020) "Informe de Evaluación de la educación secundaria en Argentina 2019". 1a ed. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Ministerio de Educación de la Nación.

Ministerio de Educación de la Nación (2020) "Evaluación de la educación secundaria 2019: Informe jurisdiccional, Santa Fe". 1a ed. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Ministerio de Educación de la Nación.