PREPARANDO A CHILE PARA LA **SOCIEDAD DEL CONOCIMIENTO**

Hacia una coalición que impulse
la Educación STEAM

CORFO

FCH
FUNDACIÓN CHILE

Octubre de 2017

AGRADECIMIENTOS

Corfo y Fundación Chile agradecen a los participantes en las diversas etapas del proceso que dio origen al presente documento.

Consejo:

Patricio Meller, presidente de Fundación Chile
Marcela Angulo, gerente de capacidades tecnológicas de Corfo
Marcos Kulka, gerente general de Fundación Chile
Marcia Varela, subgerente de Transferencia Tecnológica de Corfo
Hernán Araneda, gerente de Innovum, Fundación Chile
Katherine Villarroel, secretaria ejecutiva del Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo
Alfredo Moreno, presidente de la Confederación de la Producción y el Comercio
Christian Nicolai, director ejecutivo de Conicyt
Natalia Mackenzie, directora del programa Explora de Conicyt
Alejandra Sepúlveda, directora ejecutiva de ComunidadMujer
Álvaro Fischer, consejero del CNID y socio fundador de Resiter
Macarena Pola, cofundadora de Santiago Makerspace

Sesiones: Ana María Raad, Marcos Kulka, Marcela Angulo, Marcia Varela, Alejandra Arratia, Francisco Javier Gil, Natalia Mackenzie, Javier González, Alejandro Núñez, Alejandro Pedreros, Andrés Gomberoff, Andrés Navarro, Carlos Isaacs, Carolina Salazar, Carolina González, Corina González, Daniela Robledo, David Viera, Diana Vargas, Diego Richards, Diego Torres, Eduardo Guzmán, Emilia González, Fé Sánchez, Francisco Castro, Gisele Feldman, Inés Aqueveque, John MacKenzie, Jorge Bravo, José Tomás Lobo, Juan Cristóbal Castro, María Inés Icaza, María José Lizama, Marisol Alarcón, Mauricio Herrera, Maximiliano Moder, Mónica Retamal, Mónica San Pedro, Nicolás Elton, Oscar Contreras-Villarroel, Pabla Ávila, Pablo Pérez, Patricia Jeldes, Patricio Jascura, Patricio Traslaviña, Paulina Concha, Rafael Carrasco, Ricardo Reich, Alexis de Ponson du Terrail, Rocío Leiva, Roberto Araya, Rodrigo Álvarez, Salomé Martínez, Soledad González, Valeria Vera, Vicente Lorca.

Entrevistas: Chantal Signorio, Pablo Rosenblatt, Natalia Mackenzie, Komal Dadlani, Corina González, Roberto Araya, Marcia Varela.

Equipo FCh: Almendra Morel, Andrea Osorio, Dante Castillo, Dinka Acevedo, Erika López, Francisca Torres, Jimena Cosso, Jennifer Obregón, Julia Aravena, Valeria González, Tamara Lorca.

Coordinación general: Emilia González

Redacción: Cristina Aziz y Emilia González

Edición: Alexis de Ponson du Terrail

Diseño: Carlos Muñoz Matilla

ÍNDICE

PRESENTACIÓN 4

1. QUÉ ES STEM 8

a. STEM como estrategia de desarrollo 8
b. ¿Educación STEM o STEAM? 9
c. Educación STEAM como interdisciplinariedad 10
d. Educación STEAM como alfabetización 13
e. Educación STEAM en este documento 16
f. Divergencias en torno a la Educación STEAM 16

2. ¿POR QUÉ STEAM HOY? 19

a. La cuarta revolución industrial 19
b. Cambios en la posición relativa de los países 20
c. STEM como una oportunidad de equidad 21
d. Partir desde la escuelas hacia la masividad 22

3. ¿QUÉ ESTÁN HACIENDO LOS PAÍSES EN EDUCACIÓN STEAM? 25

a. Transitando de STEM a STEAM 25
b. Incorporando las competencias como medición clave 26
c. Programas y políticas de educación STEM en Chile 27
d. En búsqueda de una visión nacional 28
e. El foco en educación STEAM 29
f. La brecha en capital humano 31
g. La brecha de género 34

4. LA COALICIÓN STEAM 40

5. SEIS IDEAS PARA IMPULSAR STEAM EN CHILE 42

a. 1ª Idea: Es posible transformar nuestras escuelas en escuelas STEAM 42
b. 2da Idea: Aprendizaje más activo y contextualizado 43
c. 3ª Idea: Nuestros docentes quieren el cambio, pero requieren apoyos 46
d. 4ta Idea: Es necesario construir una cultura STEAM 50
e. 5ta Idea: Concatenar el aprendizaje a lo largo de la vida 52
f. 6ta Idea: Articulación de esfuerzos existentes 55

PRESENTACIÓN

Nuestro país, cuya economía tradicionalmente estuvo basada en recursos naturales, está avanzando hacia una economía basada en el conocimiento. Esta transformación en curso obliga a reflexionar y repensar la forma en que estamos educando a nuestros niños, niñas y jóvenes.

La educación actual, centrada en la transmisión de conocimientos, la memorización y la resolución de problemas conocidos, difícilmente podrá entregar a las futuras generaciones las herramientas para desenvolverse con éxito en un mundo que se caracterizará por el incremento exponencial de la tecnología, nuevas tensiones globales y la existencia de problemas aún desconocidos.

Ante este escenario, Fundación Chile, apoyada por Corfo, convocó a un grupo de más de 30 instituciones de diversa naturaleza -educativas, científicas, públicas, empresariales, organizaciones de la sociedad civil y otras orientadas a la divulgación-, para preparar una propuesta de futuro en educación basada en STEAM, acrónimo en inglés que resume las disciplinas de Ciencias, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas.

Con ello se apuesta por impulsar en nuestro país la adopción de un enfoque educativo interdisciplinario, que integre los conocimientos de disciplinas científicas y artísticas y acople el proceso de aprendizaje a fenómenos reales del mundo natural y social.

Marcela Angulo
Gerente de Capacidades Tecnológicas / Corfo

Este documento, titulado **"Preparando a Chile para la sociedad del conocimiento"**, resume el estado del arte sobre la implementación de enfoques integrados en diversos sistemas educativos, además de experiencias pioneras en nuestro país, como por ejemplo, el programa Ingeniería 2030.

En las siguientes páginas del documento, fruto del diálogo y trabajo colaborativo, se propone a la sociedad chilena seis ideas fuerza para impulsar la introducción de la educación STEAM no solo desde la escuela o la academia, sino también desde el mundo productivo y la sociedad civil.

Es urgente tomar acciones que preparen a las futuras generaciones para el cambio exponencial. Por ello esperamos que este documento sea inspirador, tanto para las entidades recién mencionadas como para otras que hagan propios sus lineamientos, fortaleciendo así a esta naciente Coalición por la Educación STEAM.

Ana María Raad
Gerente del Centro de Innovación en Educación de Fundación Chile

La coalición STEAM fue convocada por:

CORFO

FCH
FUNDACIÓN CHILE

En las distintas etapas de este proceso de construcción colectiva participaron representantes de las siguientes organizaciones:

Organismos públicos: Ministerio de Educación, programa Explora de CONICYT y Comisión del Sistema Nacional de Certificación de Competencias Laborales (ChileValora).

Instituciones educativas: Liceo N°1 Javiera Carrera, Colegio Dunalastair, Colegio Kopernikus, DUOC, Programa Propedéutico USACH-UNESCO, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Universidad Adolfo Ibañez, Universidad del Desarrollo, Universidad de Talca, Columbia Global Centers Santiago.

Centros de Investigación: Centro de Modelamiento Matemático, Centro de Investigación Avanzada en Educación, Fundación Ciencia & Vida.

Organizaciones de la sociedad civil: Fundación Colunga, Girls in Tech, Fundación Ecoscience, Kodea, Laboratoria, Socialab.

Empresas y startups: Anglo American, Emprendejoven, Lab4U, Siemens, Sonda.

Organizaciones dedicadas a la divulgación: Antenna, Etilmercurio, Fundación Ciencia Joven, Museo Interactivo Mirador, Puerto de Ideas.

VOCES DOCENTES

"El trabajo interdisciplinar entre profesores aporta a la formación continua. Algunos obstáculos son el tiempo en la planificación, la evaluación estandarizada y la falta de coordinación entre profesores".

PROFESOR DE CIENCIAS
ESTABLECIMIENTO PÚBLICO, IQUIQUE.

1 ¿QUÉ ES STEM?

La sigla STEM fue acuñada durante la década del '90 por la National Science Foun - dation de Estados Unidos para referirse al conjunto de disciplinas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (Science, Technology, Engineering y Mathematics). El significado literal de la palabra en inglés es tallo y resultaba aplicable a la noción que, desde estas cuatro disciplinas, podían emerger nuevas soluciones que impulsaran la competitividad del país como líder mundial en innovación y desarrollo[1].

Distintos países en el mundo industrializado comenzaron a usar el término STEM para agrupar temáticamente los esfuerzos orientados a mantener el predominio de sus países en ciencia, tecnología e innovación, combinando incentivos a la investigación, desarrollo, educación superior e industrias STEM.

STEM como estrategia de desarrollo

Con la llegada del siglo XXI, el concepto de educación STEM tomó fuerza y expandió su alcance, pasando desde la formación profesional y técnica a la educación escolar, tanto en las aulas y el currículo nacional como en instancias extracurriculares y no formales. En este paso desde la educación superior a los niveles primario y secundario, el concepto de educación STEM fue adquiriendo nuevos matices, según el ángulo desde el que se aborda.

La educación STEM pasó de ser un movimiento de reforma liderado por políticos y empresarios con foco en la productividad y competitividad nacionales, a un movimiento educativo orientado a mejorar los aprendizajes de los estudiantes, tanto en conocimientos como en habilidades[2]. Ambas perspectivas conviven y se han enriquecido, dando origen a distintas interpretaciones del contenido, métodos y objetivos de la educación STEM.

[1] Bybee, R (2013), The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities, NSTA Press, Arlington, Virginia.

[2] Ritz, J.M. & Fan, SC. (2015), STEM and technology education: international state-of-the-art, International Journal of Technology and Design Education, November 2015, Volume 25, Issue 4, pp 429–451.

¿Educación STEM o STEAM?

La educación escolar comprende muchas más asignaturas que las disciplinas STEM, por lo que han surgido variadas combinaciones para enfatizar diferentes objetivos o énfasis. En 2011, Corea del Sur decidió cambiar su estrategia educacional STEM a STEAM (en inglés, vapor), al incorporar las artes y el diseño en su currículo escolar integrado. Este cambio obedece al objetivo coreano de "ser la nación líder en innovación dinámica a nivel mundial", para lo cual el desarrollo de la creatividad en los estudiantes es considerado como fundamental por este país, tomen o no una trayectoria de educación superior STEM[3].

El enfoque STEAM, con integración de las artes y diseño, ha sido adoptado en otros países tanto por su énfasis en innovación como porque la evidencia sugiere que ofrece un mayor atractivo para aquellos estudiantes que no se identifican tan cercanamente con las ciencias como con las artes creativas. El enfoque STEAM busca facilitar la conexión de los procesos de pensamiento lógico y creatividad en los estudiantes y ayudar a superar la supuesta dicotomía entre el pensamiento lógico y la creatividad, que ha sido desmentida por grandes personajes de la ciencia y tecnología como Leonardo Da Vinci, Charles Darwin, el chileno Nicanor Parra y Ada Lovelace, matemática y escritora británica de la era victoriana cuyo trabajo es considerado un antecedente clave para el desarrollo de la computación.

Las pruebas de medición de aprendizajes aplicadas por la OCDE han mostrado que las niñas obtienen regularmente un menor desempeño que los niños en ciencias y matemáticas. Asimismo, ellas reportan una menor percepción de autoeficacia en tareas científicas y mayores niveles de ansiedad matemática que sus pares masculinos, pero se aproximan más confiadas a problemas relacionados con el cuidado de terceros y con los aspectos cualitativos y artísticos de una solución[4].

En este contexto, algunas estrategias con un enfoque de género suelen privilegiar la integración de artes y ciencias. Contar con ambos ángulos de entrada, artístico y analítico, facilita el acercamiento de las niñas hacia las disciplinas científicas. Si bien niños y niñas en educación inicial no suelen presentar diferencias en autoeficacia en ciencias y matemáticas, la brecha se acentúa entre los 11 y 15 años de edad[5], dando un rol clave a la educación básica y media de niñas y jóvenes para desarrollar su interés y capacidades. La autoeficacia se refuerza a través de experiencias positivas,

[3] Marginson, S., Tytler, R., Freeman, B. y Roberts,K. (2013) STEM: Country Comparisons, International comparisons of Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) Education, Australian Council of Learned Academies.

[4] OECD (2015), The ABC of Gender Equality in Education: Aptitude, Behaviour, Confidence, PISA, OECD Publishing. http://dx.doi.rg/10.1787/9789264229945-en

[5] Microsoft, 2017, Why Europe's girls aren't studying STEM.

y en la medida en que se fortalece, mayores son los desafíos que las estudiantes se plantean y más fuerte es su compromiso con resolverlos[6].

Educación STEAM como interdisciplinariedad

La aproximación a los contenidos STEAM puede ser interdisciplinaria o integrada. Si bien algunos países como Corea del Sur han optado por una sola asignatura STEAM en su currículo, otros han trabajado la integración de dos o tres disciplinas desde una asignatura. Así lo han hecho Japón con Ciencias, Gran Bretaña con Ciencias y Matemáticas o Alemania con Ciencia y Tecnología.

Como plantea el National Research Council de Estados Unidos, la ingeniería y la tecnología se presentan junto a las ciencias naturales y se funden en sus objetivos, currículum, instrucción y evaluación por dos razones críticas: 1) reflejar la importancia de entender el mundo creado por el hombre junto al natural, y 2) reconocer el valor del aprendizaje y enseñanza integrado[7]. Comprendiendo a las matemáticas como el lenguaje de la ciencia, tecnología e ingeniería, y a las artes como un componente de la expresión de las mismas, cada vez más educadores en disciplinas STEAM recurren a la interdisciplinaridad para *"apoyar a nuestros estudiantes, ayudándolos a fortalecer su aprendizaje cruzando diferentes asignaturas y situando el conocimiento de contenidos en el contexto mayor."*[8]

El principal propósito del trabajo conjunto de estas disciplinas es reflejar la relación que existe entre sus diferentes aplicaciones del mundo real, en el ejercicio cotidiano de las profesiones y oficios STEAM, para ayudar a los estudiantes a una comprensión holística de los fenómenos que los rodean. Esto se fortalece con el uso de metodologías para el aprendizaje activo, experimental o por proyectos, donde las disciplinas se mezclan.

En relación a sus contenidos, una definición frecuentemente citada es la ofrecida por Tspuros et al.: "La educación STEM es una aproximación interdisciplinaria al aprendizaje en la que los conceptos académicos rigurosos se acoplan a lecciones del mundo real en la medida en que los estudiantes aplican ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas en contextos que conectan la escuela con la comunidad, trabajo

6 Bandura, A. (1994). Self-efficacy. In V. S. Ramachaudran (Ed.), Encyclopedia of human behavior (Vol. 4, pp. 71-81). New York: Academic Press. (Reprinted in H. Friedman [Ed.], Encyclopedia of mental health. San Diego: Academic Press, 1998).

7 National Research Council. (2012). A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas. Committee on a Conceptual Framework for New K-12 Science Education Standards. Board on Science Education, Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, DC: The National Academies Press.

8 Spillane, N. (2014) The search for interdisciplinarity:moving from biology, chemistry,and physics to STEM and beyond en Einstein Fellows: Best Practices in STEM Education, ed. Spuck, T., Jenkins,T., Peter Lang Publishing, New York.

VOCES DOCENTES

"Este enfoque favorece la pertinencia (de los aprendizajes), genera autonomía, potencia las habilidades blandas de los estudiantes. Sus principales obtrucciones vienen de los paradigmas previos de los docentes, escuelas y apoderados".

DOCENTE DE CIENCIAS
ESTABLECIMIENTO PÚBLICO, SAN PEDRO DE LA PAZ.

y la industria global en el desarrollo de una alfabetización STEM y la habilidad de competir en la nueva economía".[9]

Tabla1: ¿Qué dice el currículo escolar chileno de las disciplinas STEAM?

Asignatura	Introducción en los Planes de Estudio de Chile
S Ciencias Naturales	Las Ciencias Naturales agrupan aquellas disciplinas que tienen por objeto el estudio de la naturaleza, como la Biología, la Química, la Física, la Geología y la Astronomía. En su conjunto, estas disciplinas abordan una amplia variedad de fenómenos naturales, como los que ocurren en los seres vivos y en sus distintas formas de interactuar con el ambiente; la materia, la energía y sus transformaciones; el sistema solar, sus componentes y movimientos; y la tierra y sus diversas dinámicas. El aprendizaje de estos fenómenos permite, por un lado, desarrollar una visión integral y holística de la naturaleza, y por otro, comprender e interpretar los constantes procesos de transformación del medio natural, ya sea para contemplarlos como para actuar responsablemente sobre él.[10]
T Tecnología	La asignatura de Tecnología busca que los estudiantes comprendan la relación del ser humano con el mundo artificial. Esta comprensión implica reconocer que a través de la tecnología, la humanidad ha intentado satisfacer sus necesidades y deseos, y solucionar sus problemas en numerosas dimensiones. En este marco, se busca que los alumnos observen en su entorno los objetos y la tecnología que los rodea, y que vean en ellos el resultado de un largo proceso que involucra la creatividad humana, la perseverancia, el rigor, el pensamiento científico y las habilidades prácticas. Se persigue que los estudiantes valoren la tecnología no sólo como una forma de mejorar su calidad de vida, sino también como un proceso íntimamente ligado al ingenio, emprendimiento y habilidad humana, y que ellos también pueden realizar.[11]
E Ingeniería	La asignatura de ingeniería no existe a nivel escolar.

[9] Tsupros, N., R. Kohler, and J. Hallinen, 2009. STEM education: A project to identify the missing components, Intermediate Unit 1 and Carnegie Mellon, Pennsylvania.

[10] Introducción a la asignatura de Ciencias Naturales en los Planes de estudio MINEDUC , Julio 2017 http://www curriculumenlineamineduc.cl/605/w3-article-20871.html

[11] Introducción a la asignatura de Tecnología en los Planes de estudio MINEDUC , Julio 2017 http://www.curriculumenlineamineduc.cl/605/w3-article-21293.html

A

Artes Visuales

La educación en artes visuales se centra, por una parte, en el conocimiento y apreciación de distintas manifestaciones artísticas, tanto del pasado como del presente, y por otra, en el desarrollo de la capacidad creativa y expresiva de los estudiantes por medio del lenguaje visual.
Desarrollar las facultades de expresión, creación y apreciación les permitirá participar como espectadores activos en la generación y la valoración de la cultura.(...) En este sentido, se entiende el arte como conocimiento, porque amplía y desarrolla la mente del artista y del observador. Tanto al observar, como al crear una obra de arte, el joven amplía su comprensión de la realidad y enriquece sus facultades creativas, imaginativas y simbólicas.[12]

M

Matemáticas

Aprender matemática ayuda a comprender la realidad y proporciona herramientas necesarias para desenvolverse en la vida cotidiana. Entre estas se encuentran la selección de estrategias para resolver problemas, el análisis de la información proveniente de diversas fuentes, la capacidad de generalizar situaciones y de evaluar la validez de resultados, y el cálculo. Todo esto contribuye al desarrollo de un pensamiento lógico, ordenado, crítico y autónomo y de actitudes como la precisión, la rigurosidad, la perseverancia y la confianza en sí mismo, las cuales se valoran no solo en la matemática, sino también en todos los aspectos de la vida.
El aprendizaje de la matemática contribuye también al desarrollo de habilidades como el modelamiento, la argumentación, la representación y la comunicación. Dichas habilidades confieren precisión y seguridad en la presentación de la información y su vez, compromete al receptor a exigir precisión en la información y en los argumentos que recibe.[13]

Educación STEAM como alfabetización

Tradicionalmente, la opinión pública ha entendido la alfabetización como la acción y el efecto de alfabetizar, es decir, enseñar a leer y escribir. En el mundo académico, sin embargo, el concepto de alfabetización ha evolucionado en los últimos años desde su foco en lectoescritura hacia una perspectiva más inclusiva y expansiva, como señalan Dubin y Kuhlman en la introducción de su libro Cross-cultural literacy: Global perspectives on reading and writing:

[12] Introducción a la asignatura de Artes Visuales en los Planes de estudio MINEDUC, Julio 2017 http://www.curriculumenlineamineduc.cl/605/w3-article-20963.html

[13] Introducción a la asignatura de Matemática en los Planes de estudio MINEDUC, Julio 2017 http://www.curriculumenlineamineduc.cl/605/w3-article-20851.html

> "...reconocemos que la palabra alfabetización ha devenido en significar competencia, conocimiento y habilidades. Tomen, por ejemplo, expresiones comunes tales como *"alfabetización computacional"*, *"alfabetización cívica"*, *"alfabetización en salud"* y muchas otras en las que el término alfabetización significa el know-how y la conciencia respecto al otro término en la expresión." **(p. vi)**[14]

Esta ampliación de los conceptos de alfabetización se ve reflejada en el marco para la educación del siglo XXI presentado por el World Economic Forum, a partir de un metanálisis de las definiciones de referentes como Unesco, ATC21S, ESCO, P21, NEXT, NCREL, Brookings, The Economist Intelligence Unit y WorldSkills, donde el ciclo de aprendizaje para toda la vida que lleva a desarrollar las habilidades del siglo XXI se compone de seis alfabetizaciones fundacionales, cuatro competencias y seis actitudes[16], presentadas en la Figura 1.

Figura 1: Meta-análisis de las Habilidades del Siglo 21

Fuente: World Economic Forum

[14] Dubin, F., & Kuhlman, N. A. (1992). The dimensions of cross-cultural literacy. In F. Dubin & N. A. Kuhlman (Eds.). Cross-cultural literacy: Global perspectives on reading and writing (pp. v-x). Englewood Cliffs, NJ: Regents/Prentice Hall.

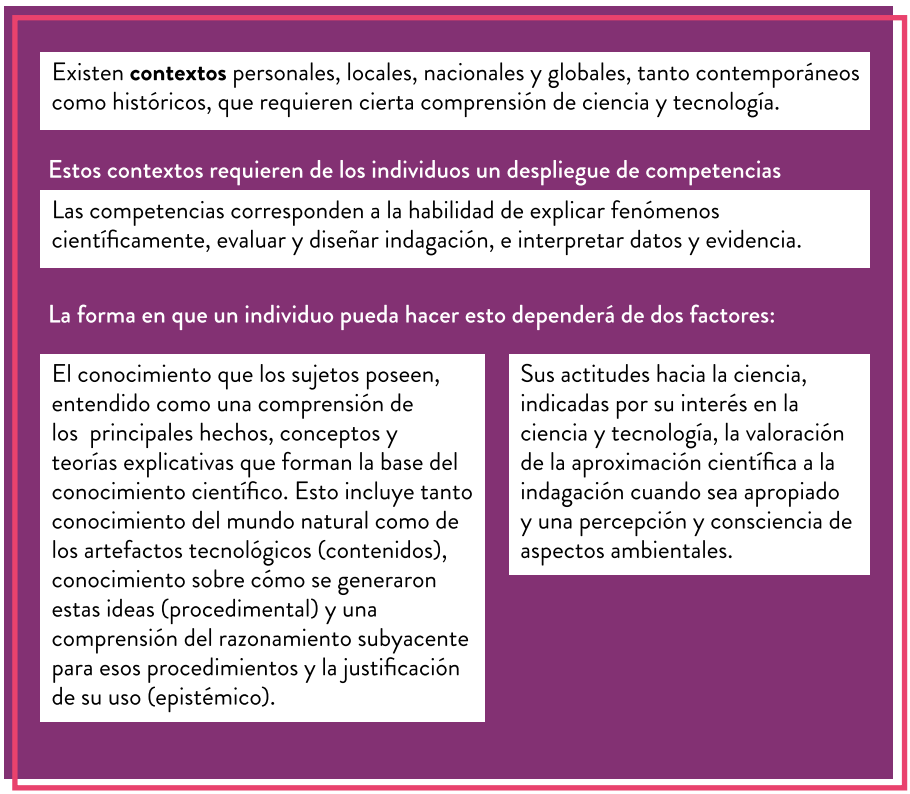
[15] Fadel, Charles. (2015) Educación en cuatro dimensiones: Las competencias necesarias para el éxito. Center for Curriculum Redesign, traducción por Fundación Chile.

[16] WEF (2016), New Vision for Education: Fostering Social and Emotional Learning through Technology, World Economic Forum.

La alfabetización STEAM comprende tres de estas alfabetizaciones (numérica, científica y TIC) y facilita el desarrollo de al menos dos competencias claves: el pensamiento crítico y la creatividad. El uso de metodologías experimentales, propias de las disciplinas STEAM, promueve el desarrollo de la curiosidad, la iniciativa, la persistencia y la adaptabilidad.

Dado que la ciencia y la tecnología cambian y se expanden aceleradamente, también lo hace la definición de alfabetización científica. En su capítulo sobre ciencia, el documento PISA 2015 *Assessment and Analytical Framework*[17] repasa las definiciones existentes en las últimas dos décadas, para dar finalmente con los componentes interrelacionados que sitúan y definen la alfabetización en ciencia y tecnología según la OCDE en el año 2015, presentada en el Figura 2:

Figura 2: Definición de Alfabetización Científica por PISA 2015



Fuente: Marco para la Ciencias PISA 2015.

[17] PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic and Financial Literacy PISA 2015 Science Framework DOI: http://dx.doi.org/10.1787/9789264255425-3-en

Educación STEAM en este documento

En un esfuerzo por sintetizar las visiones de estrategia de desarrollo, contenidos y alfabetización, usamos en las sesiones de la Coalición STEAM y a la largo de este documento, la descripción de Roger Bybee en su libro *A case for STEM Education*[18], según la cual la educación STEM es aquel conjunto de contenidos y aproximaciones necesarios para desarrollar:

1. **Una sociedad alfabetizada en STEM, capaz de comprender el impacto de las disciplinas STEM en su vida, involucrarse con ellas y ser crítico de su rol en la sociedad.**

2. **Una población con competencias para el siglo XXI desarrolladas, como pensamiento crítico, trabajo colaborativo, creatividad e indagación.**

3. **Una fuerza laboral avanzada de investigación y desarrollo, con foco en la innovación.**

Sumando a esta definición las artes, la educación que integra las disciplinas STEAM busca precisamente fortalecer el desarrollo de habilidades asociadas a la innovación y el emprendimiento, sumando al conocimiento disciplinario de las ciencias y matemáticas la aplicación de la ingeniería y tecnología, además de la capacidad creativa de las artes.

Divergencias en torno a la educación STEAM

El fomento de las disciplinas de base matemática, científica y tecnológica ha sido criticado desde la academia y las artes liberales como reaccionario al desarrollo tecnológico, responsable de un sesgo laboralista de la educación[19] e incluso como una "**mitología moderna**", haciendo alusión a que la educación en temáticas STEM ha sido presentada como una panacea para abordar la calidad educativa, cuando podría en realidad estrechar el reservorio de talentos en la sociedad[20].

Desde el lado de quienes valoran la educación STEAM, los reparos están asociados a la baja calidad de la evidencia que esta aproximación puede tener en la educación escolar. En el libro de las Academias Nacionales de Ciencia, Ingeniería y Medicina de

[18] Bybee, R.W., (2013)The Case for Stem Education: Challenges and Opportunities, NSTA Press.

[19] Zakaria, F.(2015) In Defense of a Liberal Education , W. W. Norton & Company,

[20] Hacker, A. (2016) The Math Myth and Other STEM Delusions , The New Press.

Estados Unidos, *STEM Integration in K-12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research*,[21] los editores remarcan que tanto en Ciencias como en Matemáticas, el impacto en aprendizaje y logro dependen de la aproximación que se tome al momento de integrar las asignaturas y de los apoyos que reciban los estudiantes desde la instrucción y la experiencia de aprendizaje.

Si bien, la integración STEM se muestra prometedora para ganar conocimiento en tecnología e ingeniería, los estudios a la fecha son poco abundantes, suelen tener pequeñas muestras y no son de tipo experimental, por lo que los resultados potencialmente positivos de la integración deben ser tomados con precaución.

[21] Honey,M., Pearson,G. y Schweingruber,H., Editores (2001), STEM Integration in K-12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research, The National Academies Press, Washington D.C.

VOCES DOCENTES

"Las oportunidades del enfoque STEM son, por una parte la relación entre estas asignaturas, lo que se llama transversalidad en los contenidos a desarrollar con los estudiantes, y por otra parte, permite fomentar la participación activa del estudiante en el proceso de su propio aprendizaje. Esto implica que se produzca un cambio de paradigma por parte de toda la comunidad educativa, por un lado que se convenzan de que los estudiantes pueden construir su propio aprendizaje, si son bien guiados, por supuesto, y un cambio en la forma de trabajo de los profesores, generalmente los profesores trabajan de manera aislada, si no, esto no resultará".

DOCENTE DE CIENCIAS
ESTABLECIMIENTO PÚBLICO, PANGUIPULLI.

2 ¿POR QUÉ STEM HOY?

La cuarta revolución industrial

El Foro Económico Mundial ha anunciado que hoy vivimos la Cuarta Revolución Industrial, en referencia a los cambios en la economía, empleo, sociedad y gobernabilidad derivados del actual desarrollo de las tecnologías a una velocidad exponencial, que difumina los límites entre los planos físico, digital y biológico[22]. Esta fase, que se deriva de la revolución digital, tiene tres características que la diferencian de su predecesora:

- **Velocidad exponencial**, debido a la interconexión global y la mejora tecnológica continua.
- **Mayor alcance y profundidad**, pues los cambios de paradigma exceden a la tecnología y la producción, afectando también las formas en que nos organizamos y nos desarrollamos como individuos. No sólo está cambiando qué hacemos y cómo, sino también quienes somos.
- **Está transformando sistemas**, tanto dentro como a través de empresas, industrias, países y sociedades.

Estos cambios modifican las habilidades y conocimientos necesarios para desenvolverse activa y exitosamente en la sociedad actual y futura. Por esto, los ciudadanos están obligados a ser capaces de entender y conceptualizar el mundo desde las disciplinas STEAM y a desarrollar las habilidades para vivir en un mundo más dinámico y automatizable. En este contexto, la educación que combina alfabetizaciones básicas y competencias que preparan a los estudiantes para crear nuevas respuestas a problemas desconocidos es la clave para países exitosos en el siglo XXI. Estas competencias claves son el pensamiento crítico, la comunicación, la creatividad y el trabajo colaborativo.[23]

[22] Schwab, K.(2015) "The Fourth Industrial Revolution." Foreign Affairs. 20 June 2017. Web. 20 June 2017.

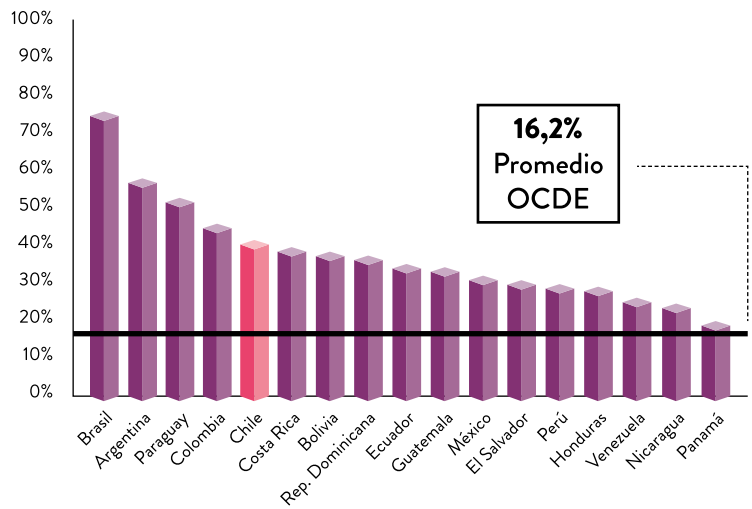
[23] Binkley, M., Erstad, O., Hermna, J., Raizen, S., Ripley, M., Miller-Ricci, M., & Rumble, M. (2012). Defining Twenty-First Century Skills. In Griffin, P., Care, E., & McGaw, B. Assessment and Teaching of 21st Century Skills, Dordrecht, Springer.

Cambios en la posición relativa de los países

Los procesos recién descritos están transformando la economía mundial, redefiniendo la posición de los países y alterando el equilibrio entre los bloques económicos, así como entre las economías desarrolladas y las emergentes. Hoy, la capacidad de un país de participar del crecimiento mundial depende de su capacidad para innovar[24].

Sin embargo, existe una escasez de talento a nivel global[25] que debilita esa capacidad y esa falta de capital humano calificado está relacionada, por ejemplo, con brechas de competencias en los campos de las ciencias, tecnologías, ingenierías y matemáticas, además de un inadecuado desarrollo de habilidades no cognitivas[26]. El gráfico a continuación presenta la percepción del empresariado en distintos países en relación a la educación de la fuerza de trabajo como una limitante a su desarrollo.

Gráfico 1. Porcentaje de empresas que identifican una fuerza de trabajo con educación insuficiente, como una limitante a su desarrollo.



Fuente: Banco Mundial Encuestas de Empresas (2010). (ver Fiszbein et al., 2016),
Notas: El promedio de la OCDE excluye a Chile, México y Turquía.

[24] BID (2010). Ciencia, Tecnología e Innovación en América Latina y el Caribe Un compendio estadístico de indicadores. http://www20.iadb.org/intal/catalogo/PE/2011/08300.pdf

[25] Manpower Group, (2017) Encuesta de escasez de talentos" 2016-2017: http://manpowergroup.com/talent-shortage-2016

[26] Fiszbein, A., C. Cosentino, y B. Cumsille. "El desafío del desarrollo de habilidades en América Latina: Un diagnóstico de los problemas y soluciones de política pública." Washington, DC: Diálogo Interamericano y Mathematica Policy Research, 2016.

La complejidad, la interconectividad, la interacción y la comunicación son los principales atributos de un siglo XXI que ha abierto una nueva etapa para el diseño holístico no lineal de sistemas complejos, como la internet y las nanotecnologías. Los sistemas, por tanto, deben ser investigados y probados como conjuntos, lo que requiere un enfoque interdisciplinario y nuevos principios y herramientas conceptuales. En este escenario, las escuelas no pueden seguir enseñando disciplinas aisladas basadas en el reduccionismo simple, sino apostar por un enfoque integrado para aprender haciendo, expresando, criticando, explorando futuros posibles y entendiendo sistemas complejos.[27]

STEAM como una oportunidad de equidad

La irrupción de tecnologías inteligentes, la internet de las cosas y la automatización tienen el potencial de empoderar a las personas y convrtirlas el centro del desarrollo, o pueden ser tremendamente divisivas y deshumanizantes.[28] Las preguntas sociales requieren de un conocimiento mínimo sobre la complejidad de la integración de ciencias y sus implicancias en la vida cotidiana. Necesitamos una mayor alfabetización científica y tecnológica para poder participar activamente en la sociedad y comprender la creciente información disponible.

En este contexto, el conocimiento transformado en innovación puede reducir las diferencias entre países, facilitando la difusión y la aceleración de nuevas soluciones por medio de plataformas abiertas, pero a la vez puede aumentar las brechas sociales dentro de cada país por medio de la disrupción de los mercados laborales[29].

Trabajos rutinarios y de baja interacción personal son altamente automatizables, lo cual amenaza con dejar a aquellos menos preparados sin sus fuentes laborales y con serias barreras para emplearse en tareas más analíticas y relacionales que no pueden ser desarrolladas por sistemas computacionales. Quienes no cuenten con los nuevos sets de habilidades corren el riesgo de ser cada vez más marginalizados. El gráfico a continuación muestra el potencial efecto en el empleo en Latinoamérica si se introdujese en el mundo productivo toda la tecnología actualmente disponible.

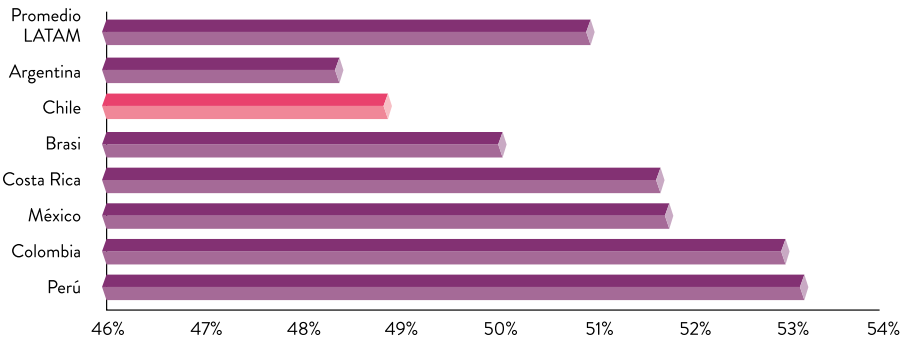
---

27 Boy, G. A. (2013). From STEM to STEAM: toward a human-centred education, creativity & learning thinking. ECCE '13 Proceedings of the 31st European Conference on Cognitive Ergonomics. Article No. 3 https://pdfs.semanticscholar.org/fc55/acbc51ab77479a91f9ee576a6d0015b97d6b.pdf

28 Schwab, K.(2016) "The Fourth Industrial Revolution." World Economic Forum, Ginebra.

29 The International Commission for Education (2016) La Generación del Aprendizaje: Invertir en educación para un mundo en proceso de cambio, disponible en http://report.educationcommission.org/

Gráfico 2. Potencial efecto del cambio tecnológico en los empleos de Latinoámerica



Fuente: Elaboración SUMMA en base a datos de MacKenzie Global Institute

Las economías, ahorros y eficiencias obtenidas de la automatización del trabajo se transfieren a los dueños de las tecnologías que permiten este cambio, ya sean públicos o privados, por lo que existe el potencial de ampliar las brechas de ingresos al interior de las sociedades. Es acá donde la formación y entrenamiento profesional y técnico en disciplinas STEAM tienen el potencial de dar empleabilidad y acceso a mejores sueldos a estudiantes de contextos desaventajados[30]. El desarrollo de habilidades que faciliten la innovación y la creatividad en toda la ciudadanía resultará clave para la equidad en la sociedad del conocimiento. Experiencias nacionales como Kodea y Laboratoria han puesto en práctica este principio con escuelas de programación para mujeres sin educación superior, con prometedores resultados.[31]

Partir desde la escuela hacia la masividad

Las políticas educativas pueden incrementar la capacidad innovadora de una nación, al dotar a una mayor proporción de la población con las competencias requeridas para formar parte de un ecosistema innovador, e inspiran a jóvenes talentos a seguir trayectorias laborales relacionadas con la innovación[32].En este contexto, surgen las políticas de educación STEM o STEAM en diversos países.

Tal como lo indica el CNID en su reporte 2017, Chile requiere aumentar su productividad de manera sostenida y a través de las distintas industrias y tamaños de empresas. Para alcanzar este nivel, es necesario actualizar las competencias de la fuerza laboral, y a la vez asegurar que los futuros egresados cuenten con un set de habilidades amplias y diversas.

30 Melguizo, T. & Wolniak, G.C. (2012).The Earnings Benefits of Majoring in STEM Fields among High Achieving Minority Students. Res High Educ 53 (4): 383-405.

31 http://laboratoria.la/codeacademy/

32 OECD (2012), "Strengthening education for innovation", in OECD Science, Technology and Industry Outlook 2012, OECD Publishing, Paris.

STEAM en cifras

- Chile se ubica **36 de 44** países en desempeño en PISA ciencias

- **Menos del 25%** de los jóvenes chilenos alcanza la alfabetización mínima en ciencias esperada a los 15 años.

- Un estudiante chileno pasa en promedio **6,5 horas a la semana** en clases de matemáticas y **5 en ciencias, 1,5 y 3** horas más que el promedio OECD.

- Sólo **2 de cada 100** jóvenes chilenos alcanzan un nivel alto de rendimiento. En Corea del Sur son **30 de cada 100** los que alcanzan este nivel

- Los estudiantes chilenos obtuvieron **los peores resultados de la OECD** en resolución creativa de problemas.

- **2 de cada 5** empresas chilenas reportaron la falta de preparación de la fuerza laboral como una limitante a su crecimiento, mientras que en la OECD es solo **1 de cada 6.**

- En **Chile hay sólo 1 de cada 1.000** personas se dedica a la investigación y desarrollo (I+D). En **Finlandia, son 16**, y en la **OECD 7,6 cada mil**

- El gasto en I+D de Chile el año 2012 fue un **0,36% del PIB**, mientras que el promedio OECD fue un **2,4%** y Corea del Sur invirtió un **4,36% de su PIB**

- En Chile, sólo **1 de cada 5** títulos en ingeniería es entregado a una mujer. En informática y matemáticas , es **1 de cada 10.**

Fuentes: PISA Report 2015, PISA Report 2012, Banco Mundial, Comisión Presidencia Ciencia para el Desarrollo de Chile, Clinton Foundation.

VOCES DOCENTES

"Permite potenciar el pensamiento creativo y exploratorio en los alumnos, preparándolos para enfrentar las demandas de sus vidas. Los frenos son poca innovación, miedo al cambio, docentes que no quieren dejar de hacer lo que han hecho siempre porque es más trabajo".

DOCENTE DE MATEMÁTICAS
ESTABLECIMIENTO PARTICULAR PAGADO, LA REINA.

3 ¿QUÉ ESTÁN HACIENDO LOS PAÍSES EN EDUCACIÓN STEAM?

En respuesta a los cambios generados por la globalización y la cuarta revolución industrial, una proporción significativa de los países desarrollados ha potenciado algún tipo de estrategia para fomentar la educación STEM y así elevar la formación de capital humano capacitado de manera de dar respuestas efectivas a los grandes cambios científicos y tecnológicos de la actualidad[33].

Sin embargo, las aproximaciones a la educación STEM son diversas, desde políticas nacionales específicas o explícitas hasta programas de mayor o menor escala derivados, por ejemplo, de políticas para la Innovación y Desarrollo (I+D) o Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI).

Transitando de STEM a STEAM

En muchos países, el debate y desarrollo de la educación STEM ocurre también desde la sociedad civil, a través de sus universidades y establecimientos educativos u organizaciones no gubernamentales. Desde esos espacios se ha potenciado el desarrollo de la educación STEAM, que incluye el arte como disciplina fundamental para fomentar el proceso creativo y un aprendizaje integral, de acuerdo a las demandas del siglo XXI.

Desde los gobiernos, sin embargo, su desarrollo es aún incipiente. Sólo Corea del Sur ha hecho explícita su adhesión política hacia una educación STEAM, incluyéndola en el Currículo Nacional y formando profesores en metodologías específicas para su implementación en sus escuelas[34]. Por otro lado, Finlandia lo hace implícitamente, considerando que las artes son vitales para el aprendizaje y, por tanto, son transversales a todo su sistema educativo.

Agencias gubernamentales de algunos países como en Estados Unidos e Inglaterra, están empezando a reconocer que las artes y las ciencias son mejores cuando son estudiadas y aplicadas en conjunto que separadas, potenciándose mutualmente. Esto es cada vez más evidente en el mundo actual y, ciertamente lo será aún más en el

[33] Marginson, S, Tytler, R, Freeman, B y Roberts, K (2013). STEM: Country comparisons. Report for the Australian Council of Learned Academies (ACOLA), www.acola.org.au.

[34] Park, H. et al. (2016), Teachers' Perceptions and Practices of STEAM Education in South Korea. Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education, 2016, 12(7), 1739-1753.

futuro, donde los problemas ya no tienen soluciones obvias, sino más bien desconocidas y, por tanto, para resolverlos no son suficientes los conocimientos disciplinarios específicos.

Habilidades como creatividad y colaboración permiten a las personas adaptarse, atreverse a probar nuevas opciones, lo cual en último términos los habilita para solucionar problemas interactivos que requieren explorar más de una alternativa, obtener datos útiles para encontrar una solución y aislar los factores del entorno involucrados en un problema.

Incorporando las competencias como medición clave

El Cuadro 1 compara países seleccionados, en su desempeño en PISA respecto a ciencias y matemáticas y la resolución creativa de problemas (evaluada sólo el 2012). Es interesante ver que la obtención de buenos resultados en asignaturas aisladas no garantiza buenos resultados en la solución creativa de problemas. Así, lo que PISA 2012 revela es que incluso en los países con alto rendimiento, una proporción significativa de jóvenes de 15 años no tienen las habilidades básicas consideradas necesarias para tener éxito en el mundo de hoy ni mucho menos en el de mañana[35].

Cuadro 1. Comparación ranking PISA en disciplinas STEAM

	Resultados PISA		
Países	Matemáticas (64 países)	Ciencias (64 países)	Resolución Creativa Problemas (44 países)
Singapur	1	2	1
Corea del Sur	4	6	2
Japón	6	3	3
Finlandia	11	4	10
Polonia	12	8	28
Canadá	13	10	8
Australia	18	16	9
Irlanda	19	14	22
República Checa	23	21	16
Inglaterra	25	20	11
Estados Unidos	31	27	18
Chile	46	42	36
Brasil	49	54	38
Argentina	50	53	-

● Resultados resolución de problemas significativamente **mejores** que matemáticas y ciencias.

● Resultados resolución de problemas significativamente **peores** que matemáticas y ciencias.

Fuente: Elaboración propia desde PISA Database 2012 y 2015.

35 OECD (2014), PISA 2012 Results: Creative Problem Solving: Students' Skills in Tackling Real-Life Problems (Volume V), PI SA, OECD Publishing. http://dx.doi.org/10.1787/9789264208070-en

En el caso de países como Australia e Inglaterra (Reino Unido), los estudiantes tienen un desempeño significativamente superior en la resolución de problemas que en las disciplinas de ciencias y matemáticas, mientras que Corea, Estados Unidos y Japón, los estudiantes obtuvieron mejores resultados en la resolución de problemas que en países con un rendimiento similar en las disciplinas de matemáticas y ciencias. Por otra parte, Brasil, Chile, Finlandia y Polonia presentan un desempeño inferior en la resolución de problemas que en el dominio y aplicación general de contenidos.

Si bien Chile obtiene resultados destacables en las pruebas PISA respecto de sus vecinos de América Latina, su desempeño es significativamente menor que el de los países desarrollados y está muy por debajo del promedio de la OCDE. Más aún, Su rendimiento en resolución de problemas no es especialmente mayor que el alcanzado en las otras dos pruebas.

Chile ocupó el lugar 36 de 44, con 448 puntos, y es el país de más bajo rendimiento entre los países de la OCDE en la prueba de resolución creativa de problema. La mayoría de nuestros estudiantes no alcanzan el puntaje mínimo esperable en la prueba de resolución creativa de problemas, mientras que sólo el 2,1% de los estudiantes chilenos alcanzaron altos niveles de logro. A modo de contraste, en Corea aproximadamente el 30% de los alumnos logran el nivel superior de desempeño, mientras que el 90% de los estudiantes coreanos supera la puntuación media de Chile.

Esto puede indicar que el sistema educativo chileno está facilitando oportunidades de aprendizaje a sus estudiantes para sortear problemas complejos de la vida real en contextos que no se encuentran habitualmente en la escuela.

A partir de esto, se puede concluir que para dar el salto al desarrollo, Chile necesita mejorar en sus capacidades críticas y una visión más integradora y socialmente relevante de las disciplinas STEAM, porque precisamente como lo indica la Comisión Presidencial Ciencia para el Desarrollo de Chile, éstas **“no son un lujo de país desarrollado, son condiciones esenciales para lograr a serlo”**[36]

Programas y políticas de educación STEM en Chile

Entre los años 2003 y 2010, alrededor de 250 escuelas chilenas experimentaron un cambio radical en la enseñanza en ciencias con el Programa de Enseñanza de Ciencias Basado en la Indagación (ECBI). La iniciativa, impulsada por la Academia Chilena de Ciencias, la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile y el Ministerio

[36] Comisión Presidencial Ciencia para el Desarrollo de Chile (2015). Un sueño compartido para el futuro de Chile. Informe final. http://www.economia.gob.cl/cnidweb/wp-content/uploads/sites/35/2015/07/Informe-Ciencia-para-el-Desarrollo.pdf

de Educación, tenía por objetivo que niños y niñas escolares pudiesen comprender el mundo que los rodea utilizando procedimientos propios de la ciencia.

El proceso era guiado por la propia curiosidad de los niños y contaba con el apoyo de sus docentes, de manera de desarrollar conocimiento científico en todos los estudiantes, no sólo aquellos que demostraran interés por seguir carreras científico-tecnológicas. El programa trabajó con un enfoque sistémico, asegurando tiempos y recursos en las escuelas y universidades para la implementación curricular, desarrollo profesional, materiales educativos, evaluación y participación de la comunidad. Desde el año 2011, tras el término del convenio con MINEDUC, el programa sigue operando como una iniciativa privada en 39 establecimientos, coordinado desde la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile.[37]

Desde el cierre del convenio entre MINEDUC y el programa ECBI, Chile no ha tenido una política o programa nacional explícito de fomento a la educación STEAM en el ámbito formal. En la educación no formal, los mayores esfuerzos los realiza el Programa Nacional de Educación No Formal en Ciencias y Tecnología, EXPLORA[38], cuya misión es contribuir a la creación de una cultura científica y tecnológica en la comunidad, especialmente en quienes se encuentran en edad escolar, mediante talleres y concursos nacionales que promuevan la apropiación de los beneficios de estas áreas.

Por medio de alianzas regionales con agencias implementadoras, Explora mantiene una oferta pertinente y atractiva para los niños y jóvenes que manifiestan interés en ciencia y tecnología. Durante el año 2016, el programa realizó actividades como 1000 Científicos 1000 Aulas, la Semana Nacional de la Ciencia y Tecnología y el Día de la Astronomía, y alcanzó a todas las regiones del país mediante las acciones realizadas por los Proyectos Asociativos Regionales (PAR), el concurso de Proyectos de Valoración y divulgación de la Ciencia y la Tecnología y el concurso Explora para Profes.

En búsqueda de una visión nacional

La importancia de las temáticas STEAM ha estado presente con fuerza en la discusión nacional durante la última década, con distintas instancias de diálogo que han intentado articular una visión común que oriente esfuerzos y políticas. En este ámbito es importante destacar el trabajo realizado por la Comisión Presidencial "Ciencia para el Desarrollo de Chile", con su agenda al 2030 y su énfasis en potenciar la

[37] Historia del programa ECBI 2003-2012, disponible en www.ecbichile.cl

[38] http://www.explora.cl/

ciencia desde una mirada más amplia, incorporando no solo las disciplinas STEM sino también las ciencias sociales y humanidades, incluyendo así las artes.

En base a las recomendaciones de la Comisión, el Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo (CNID) presentó, en 2017, la Estrategia Nacional de **"Ciencias, Tecnologías e Innovación (CTI) para un Nuevo Pacto de Desarrollo Sostenible e Inclusivo"**[39].

El foco en educación STEAM

Entre las medidas propuestas está llevar, en los próximos cinco años, la CTI a todas las escuelas y liceos públicos de Chile, a través de espacios de encuentro y codiseño entre los mundos de las ciencias y la educación. Esta medida, que busca promover aprendizajes, valoración y apropiación de las ciencias, la tecnología y la innovación en niños, niñas y jóvenes de Chile, mediante la articulación y el trabajo colaborativo, es una iniciativa que se ha estado desarrollando en forma piloto, desde 2016 en la región de Los Ríos y en la comuna de San Joaquín con el apoyo del Mineduc, Conicyt, Explora, Corfo, y otras instituciones como la Universidad de Chile, la Universidad Católica y la Usach. A partir de 2017, esta experiencia se extiendió a escuelas de Coquimbo.

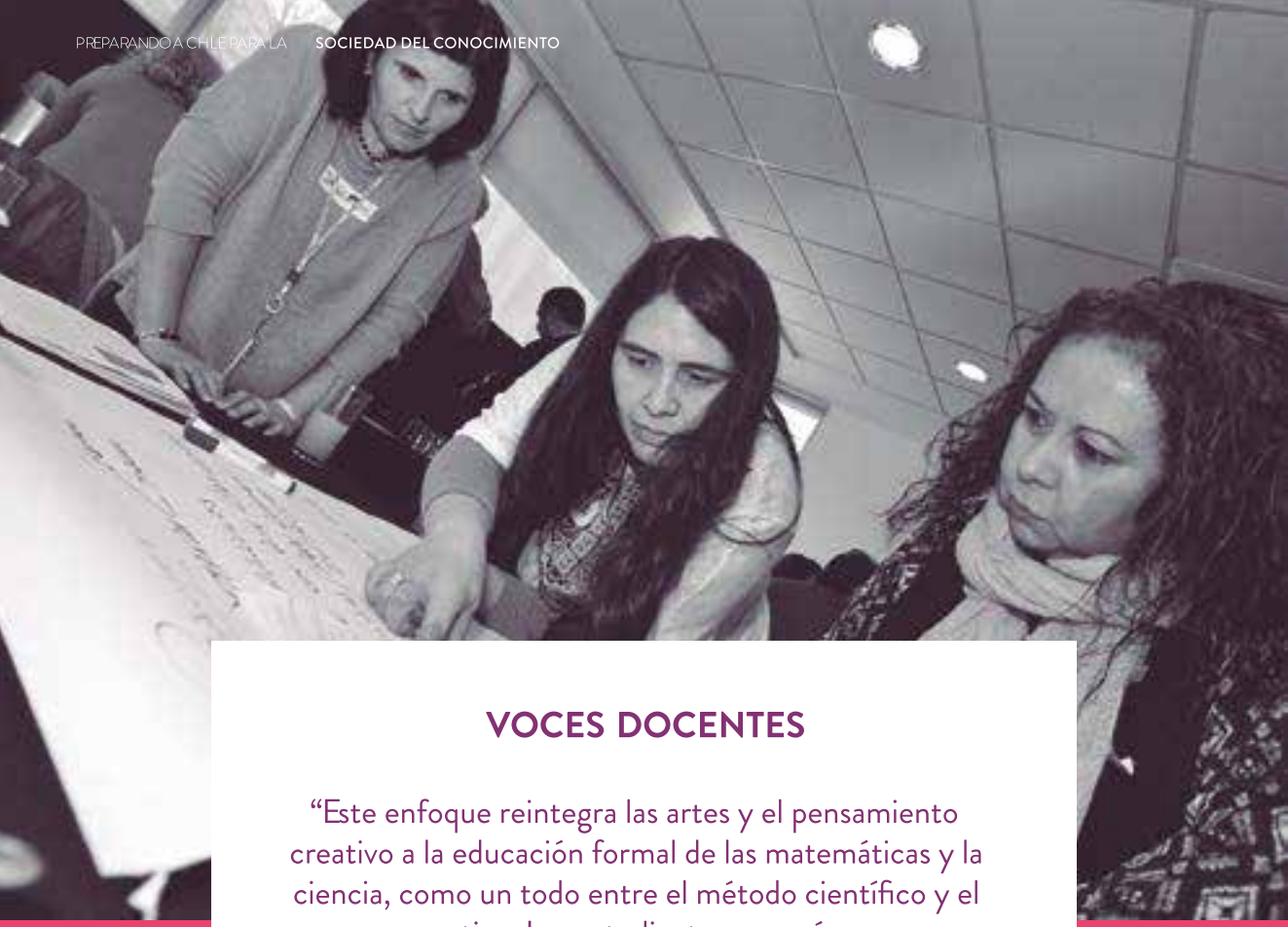
CORFO, a su vez, tiene instrumentos destinados a ampliar la I+D aplicada, entre ellos Ingeniería 2030[40], que busca invertir en universidades chilenas que imparten carreras de Ingeniería para alcanzar estándares internacionales. Este programa tiene un foco particular en los ámbitos de investigación aplicada, desarrollo y transferencia tecnológica, formación de ingenieros, innovación y emprendimiento con base en I+D+i, con el objetivo de impactar eficazmente en el desarrollo del país.

Como resultado de ese instrumento, el consorcio formado por la Universidad Católica de Chile y la Universidad Técnica Federico Santa María, por ejemplo, realiza anualmente un "Campamento STEM", dirigidos a estudiantes de enseñanza media, para fomentar su ingreso a las escuelas de ingeniería.

Desde la sociedad civil, otras organizaciones han estado desarrollando iniciativas de promoción de la educación STEM, desde distintas perspectivas y con alcances diversos. Entre ellas destacamos:

[39] CNID (2017), Ciencias, Tecnología e Innovación para un Nuevo Pacto de Desarrollo Sostenible e Inclusivo, Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo

[40] http://www.ingenieria2030.org/



VOCES DOCENTES

"Este enfoque reintegra las artes y el pensamiento creativo a la educación formal de las matemáticas y la ciencia, como un todo entre el método científico y el proceso creativo. Los estudiantes son más propensos a aprender en la exploración y su propia curiosidad que memorizando. Segregar por asignatura los contenidos sólo dispersa el proceso de aprendizaje y no permite que los estudiantes traslapen la información complementando los conocimientos, por ejemplo, entre matemáticas y arte".

PROFESORA DE CIENCIAS
ESTABLECIMIENTO PARTICULAR, COLINA.

• El proyecto *"Construcción de un modelo de Enseñanza STEM para la educación técnica profesional"*[41] que la Fundación Educación 2020 junto a la Universidad Técnica Federico Santa María, han puesto en marcha, en alianza con la Universidad de Leeds (Inglaterra) y el financiamiento del fondo Newton-Picarte del British Council. Su objetivo es contribuir al desarrollo económico de Chile y mejorar la articulación entre liceos técnicos profesionales con instituciones de educación técnica líderes en Chile. Por medio de talleres implementados por la casa de estudios británica, líder en STEM en su país, el proyecto desarrolla capacidades en docentes y directivos de liceos profesionales y miembros del equipo de innovación de Educación 2020, para transferir su experiencia, investigación y trabajo en el aula y aplicado al contexto chileno.

• La campaña *"Las Niñas Pueden Crear, Emprender, Innovar"*[42] desarrollada por Comunidad Mujer, con el fin de impulsar una mayor participación de las mujeres en Ciencias, Ingeniería, Tecnología y Matemáticas (STEM). Este proyecto, apoyado por Corfo y Banco Estado, ONU Mujeres, la Unión Europea y Unesco, tiene como foco contribuir a una educación sin estereotipos de género y la transformación de la actual cultura emprendedora, generando instancias que promuevan una mayor participación de las mujeres en emprendimientos innovadores en STEM e impulsar decisiones vocacionales más equitativas entre mujeres y hombres en estas áreas.

• Educarchile, desarrolló el sitio temático *"Ciencias Integradas"*[43], a través del cual invita a la comunidad a conocer el enfoque STEM, otorgando herramientas a los docentes para que lo implementen en sus aulas. El espacio destaca ideas e iniciativas chilenas que puedan servir de inspiración a otras escuelas, como el proyecto ECBI, *"Experimento"* de Siemens, y los Talleres de Robótica de Enlaces, entre otros. Además, ha desarrollado otros sitios educativos con enfoque STEM, como www.aprendeconenergia.cl junto al Ministerio de Energía, www.astronomiaenchile.cl en alianza con diversas instituciones que trabajan en esta disciplina y *"Cazadores de Ciencia"*, que disponibiliza materiales asociados a la serie de TVN.

La brecha en capital humano

Si Chile está pensando en el desarrollo integral de la nación, como un proceso que combine la competitividad, inclusión, bienestar social y sustentabilidad, es esencial contar con un capital humano capacitado para gestionar los desafíos del siglo XXI. Aunque las ciencias, la tecnología y la innovación han estado más presentes en el discurso público reciente, todavía hay mucho por hacer.

41 http://www.educacion2020.cl/noticia/nuevo-impulso-para-la-educacion-tecnica-de-la-mano-de-la-innovacion-es-la-apuesta-de

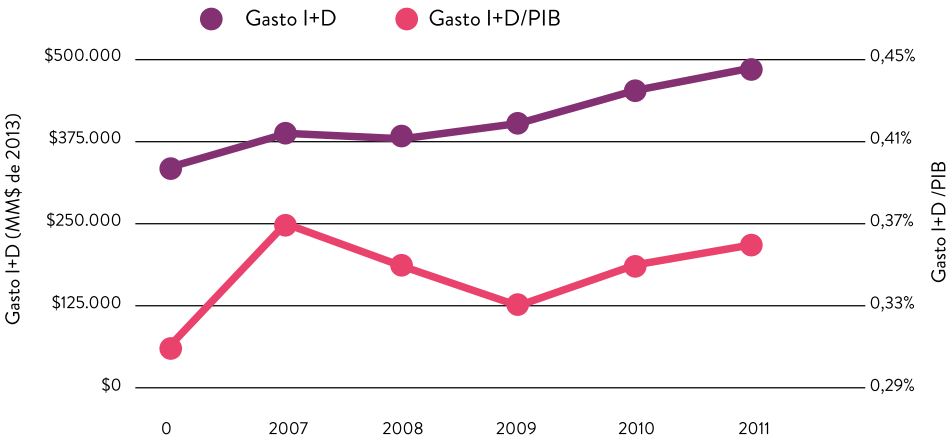
42 http://www.lasninaspueden.com/

43 http://cienciasintegradas.educarchile.cl/

Chile está visiblemente rezagado en casi todos los indicadores de referencia conocidos. Adicionalmente, no existe ni se vislumbra en la agenda de los temas nacionales, una iniciativa destinada a generar una Política de educación STEAM explícita, enmarcada en una estrategia de desarrollo del país.

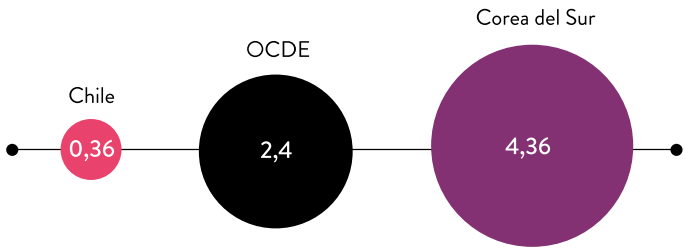
Para esto, se requieren acuerdos políticos y sociales, así como un presupuesto adecuado a la envergadura del desafío. Aunque en los últimos años se produjo un aumento en los fondos que el país ha destinado al financiamiento de investigación y desarrollo, como lo muestra el Gráfico 2, Chile aparece muy por debajo de los países desarrollados y el promedio de la OECD, como muestra el Gráfico 3. [44]

Gráfico 3. Evolución del gasto en I+D en Chile



Fuente: Comisión Presidencial Ciencia para el Desarrollo de Chile 2015.

Gráfico 4. Gasto en I+D de Chile es 6 veces menor que el promedio de la OECD

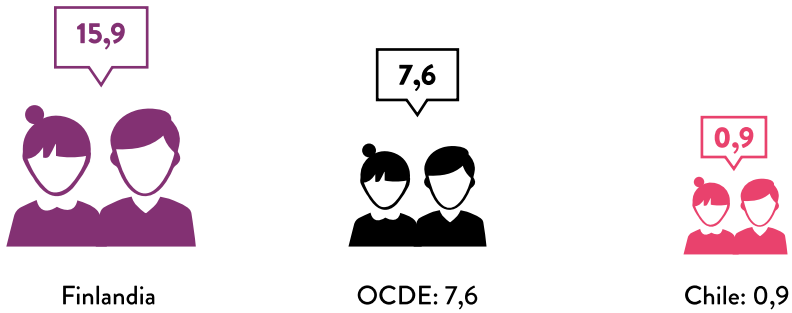


Fuente: Comisión Presidencial Ciencia para el Desarrollo de Chile 2015.

[44] Jiménez y Bruzzo, 2016.

Estas brechas a nivel de financiamiento tienen como una de sus consecuencias la falta de profesionales y técnicos dedicados a la innovación y al desarrollo en el país. Chile actualmente es el país de la OCDE con la menor proporción de investigadores en la población ocupada, lo que además se refleja en una baja cantidad de publicaciones científicas (Comisión Presidencial, 2015).

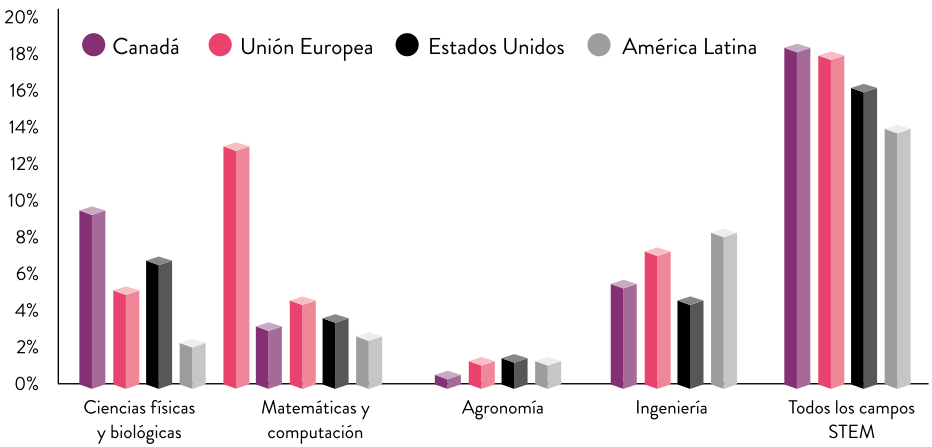
Figura 3. Personal total dedicado a I+D por cada mil trabajadores 2012



Fuente: Comisión Presidencial Ciencia para el Desarrollo de Chile 2015.

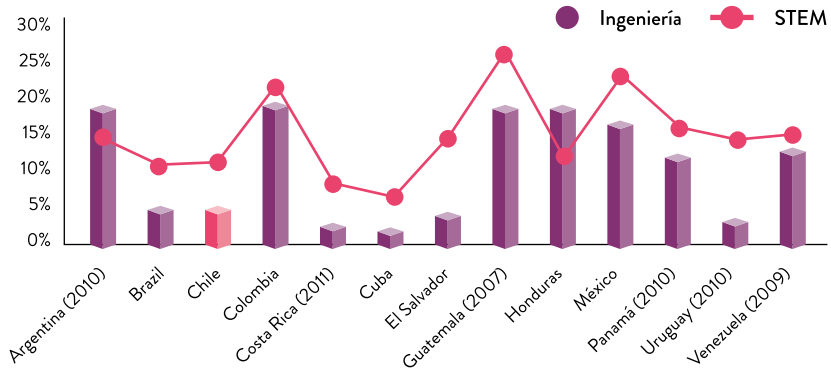
Esta falta de capital humano científico está relacionada con la menor proporción de graduaciones en STEM en la región, especialmente problemática en las áreas de ciencias físicas y biológicas, así como matemáticas y computación. Chile, entre los países de América Latina, es uno de los que presenta los menores índices de graduación universitaria en ingenierías y otras áreas STEM.

Gráfico 5. Porcentaje de títulos otorgados, por campo STEM y país/región (2012 o año disponible más reciente)



Fuente: National Science Foundation Indicadores de Ciencia e Ingeniería, 2016. (ver Fiszbein et al., 2016).

Gráfico 6. Porcentaje de títulos profesionales otorgados en ingeniería y en STEM, por país/región (2012 o año disponible más reciente)



Fuente: National Science Foundation Indicadores de Ciencia e Ingeniería, 2016. (ver Fiszbein et al., 2016)

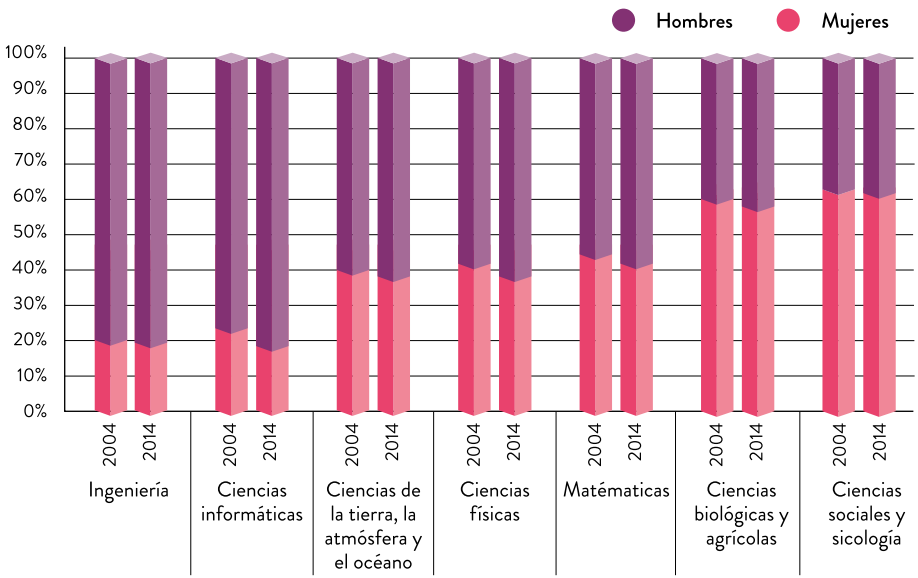
La brecha de género

Un factor que contribuye significativamente a la escasez de capital humano en áreas STEM es la representación limitada de mujeres entre las filas de científicos e ingenieros. Como ocurre en otras partes del mundo, las mujeres están sub-representadas en las disciplinas STEM. En América Latina el problema es aún más grave, especialmente en los campos de las matemáticas, ciencias de la computación e ingeniería, siendo Chile el país con una mayor desigualdad de género en esas áreas.

Conicyt, en el marco del Programa de Mejoramiento de Gestión de Género, impulsó un estudio[45] que busca entregar información relevante para diseñar iniciativas que aumenten la participación de mujeres en las disciplinas STEM,c on el objeto de disminuir la enorme brecha hoy día existente.

[45] Estudio "Realidad Nacional en Formación y Promoción de Mujeres Científicas en Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas". Isónoma. Enero 2017.

Gráfico 7. Distribución de títulos universitarios en ciencias y tecnología por género (2004-2014)

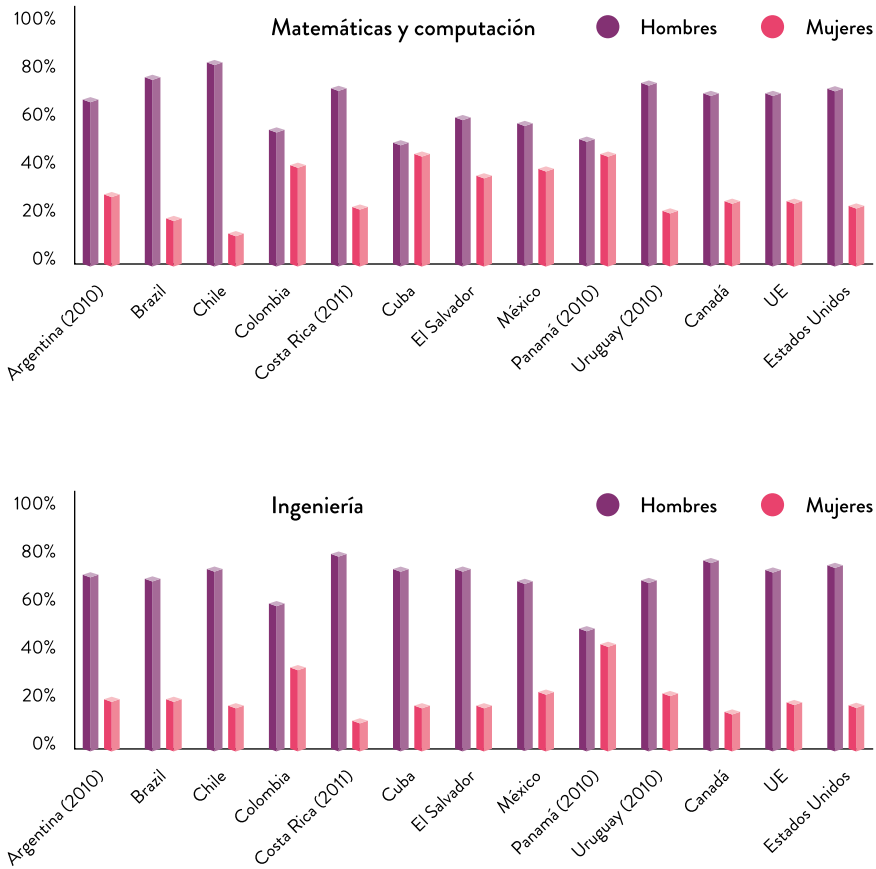


Fuente: National Student Clearinghouse Research Center, Snapshot report 2016. Degree attainment.

Nuestro país destaca negativamente, con solo un 27, 5% de científicos mujeres frente a países como Argentina y Uruguay, que exhiben una participación femenina en ciencia mayor al 50%. En Chile, las áreas donde existe una mayor ausencia de participación femenina son ingeniería, industria y construcción con un solo 19%, le sigue ciencias con un 22% mientras que las áreas con mayor participación de las mujeres son salud y servicios sociales con un 76% y luego, educación con un 74%.

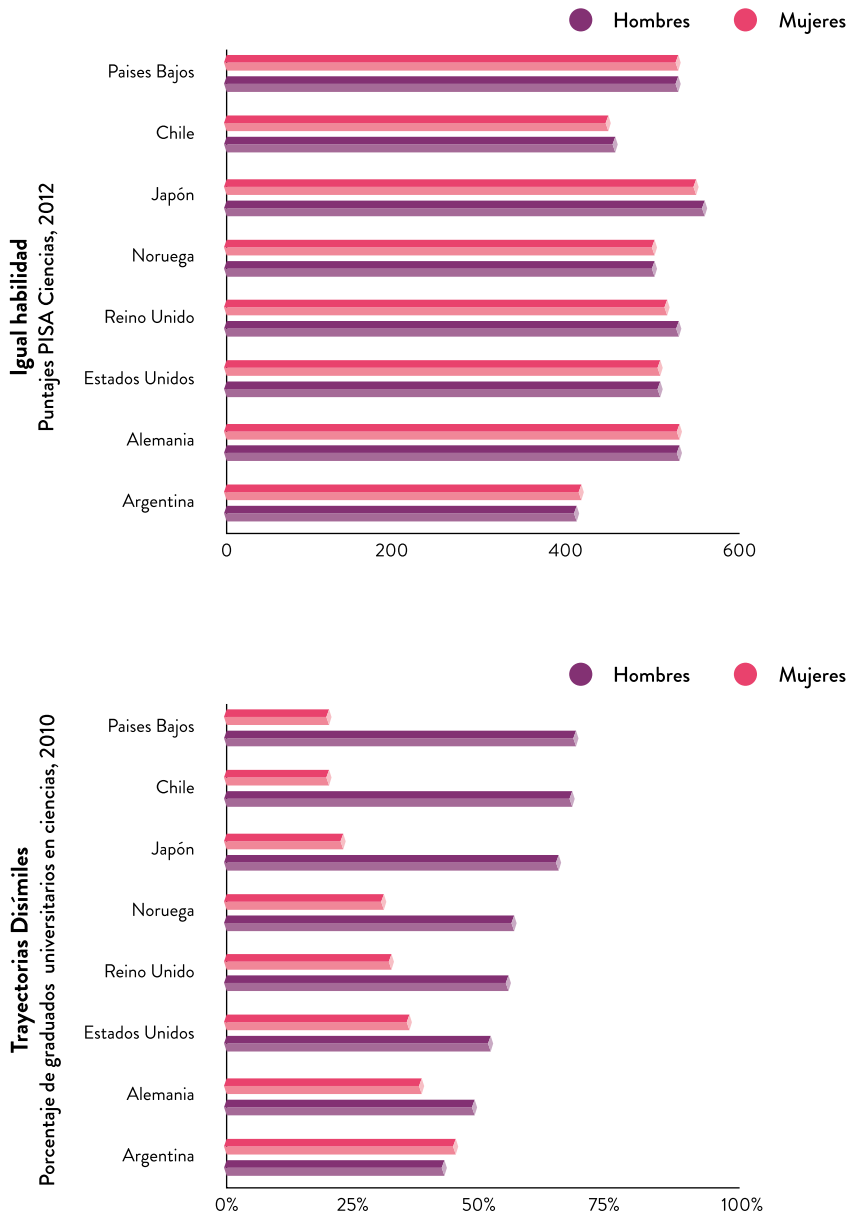
Esas diferencias no se explican por una mayor habilidad de los hombres para las ocupaciones STEM, como se puede apreciar en el gráfico 6, sino más bien tienen relación con los sesgos de género que existen dentro del sistema educativo, con estereotipos y segregación en la orientación vocacional, lo que tiende a afectar la participación femenina en el progreso científico y tecnológico del país.

Gráfico 8. Porcentaje de títulos otorgados por género y campo STEM (2012 o año disponible más reciente)



Fuente: National Science Foundation Indicadores de Ciencia e Ingeniería, 2016. (ver Fiszbein et al., 2016),

Gráfico 9. A los 15 años, el desempeño en ciencias y matemáticas de las jóvenes en PISA es similar a sus pares varones, pero sus trayectorias en educación superior se alejan de estas temáticas.



Fuente: No Ceillings: The Full Participation Project

Esta realidad implica diferencias de remuneraciones entre hombres y mujeres, porque la disciplina de especialización que los individuos eligen cuando deciden obtener más educación tiene una influencia importante en sus niveles de vida, pues no todos los campos generan las mismas recompensas económicas[46].

Según los análisis de PISA, el dominio de las ciencias y matemáticas es un fuerte predictor del futuro de los estudiantes, influyendo en su capacidad para participar en la educación terciaria y sus ingresos futuros esperados. Asimismo, existen estudios que han demostrado los beneficios económicos que estudiantes vulnerables obtienen al graduarse en Ciencias, Tecnología, Ingeniería o Matemáticas en la universidad[47].

Las insuficientes vocaciones científicas en Chile y las brechas aquí señaladas deberían sustentar la idea de una estrategia de formación de futuros profesionales y técnicos en áreas STEM. Asimismo, la integración de la enseñanza STEAM en las escuelas para fomentar su desarrollo permitiría mejorar las posibilidades de transformar a Chile en una potencia regional y global en un futuro no muy distante.

46 OECD (2013), Education at a Glance 2013: OECD Indicators, OECD Publishing. http://dx.doi.org/10.1787/eag-2013-en

47 Anderson, E., y Kim, D. (2006). Increasing the success of minority students in science and technology. Washington: American Council on Education.

VOCES DOCENTES

"El mayor obstáculo que se ve hoy es más allá del financiamiento de las tecnologías necesarias para este tipo de educación es la confianza de administrativos y apoderados en el potencial que esta presenta al no ser así como ellos fueron educados".

PROFESOR DE TECNOLOGÍA
ESTABLECIMIENTO PRIVADO, MACUL.

4 LA COALICIÓN STEAM

Al inicio de sus estrategias STEAM, muchos países han buscado constituir acuerdos transversales respecto a la importancia y el sentido de la educación STEAM en el desarrollo de sus ciudadanos.

Con desafíos y estrategias tan variados como los presentados en el capítulo anterior, la educación STEAM no tiene un sólo camino ni un solo destino. Tiene promotores y detractores, además de diversos ángulos que pueden hacer del énfasis en STEAM una fuente de conflicto más que una oportunidad para aplicar y contextualizar distintas temáticas del conocimiento. Una forma de hacernos cargo de estos desafíos, es buscar un debate amplio, donde distintas voces aporten sus visiones y reparos respecto de una educación STEAM.

Por este motivo, Corfo y Fundación Chile convocaron a personalidades de la sociedad civil, del mundo educativo, de las disciplinas STEAM, del sector público y privado, de la academia y la industria, para avanzar a través de una serie de instancias interconectadas, que se alimentaron unas a las otras, con la escuela STEAM al centro.

Durante siete meses, estas organizaciones y representantes se reunieron en sesiones técnicas de trabajo, las cuales fueron complementadas con entrevistas a líderes de experiencias exitosas relevadas por las mesas técnicas, una encuesta a docentes a través del portal educarchile y un consejo formado por figuras nacionales del mundo de la innovación y desarrollo. A través de estas instancias, identificamos desafíos, construimos acuerdos y esbozamos propuestas que podrían implementarse en el corto y mediano plazo.

Agradecemos los aportes de más de 40 organizaciones que se sumaron a este desafío, desde la academia, la sociedad civil, el sector público y el sector privado.

VOCES DOCENTES

"Los estudiantes de la IX región, en su gran mayoría, tienen una apatía generalizada, especialmente al modelo de enseñanza tradicional, donde la forma que se enseñe matemáticas y/o cualquier disciplina, influirá en la atención y motivación que ellos darán al profesor. Todo esto apunta a la forma en que se ejecute en el aula este enfoque STEAM, identificando que tiene un gran potencial desde el rol que puede tomar el profesor como un verdadero líder que guía el proceso de reconstrucción de los aprendizajes, trabajando la mentalidad de crecimiento de sus estudiantes".

PROFESOR DE MATEMÁTICAS
ESTABLECIMIENTO MUNICIPAL, TEMUCO.

5 SEIS IDEAS PARA IMPULSAR STEAM EN CHILE

1ª IDEA: Nuestras escuelas pueden transformarse en escuelas STEAM

Tener escuelas STEAM en Chile es posible sin grandes reformas sistémicas, sino con apoyos a docentes y directivos para impulsar cambios organizacionales, formación docente e innovaciones en enseñanza y evaluación.

a) Nuestro currículo lo permite, y los cambios recientes lo facilitan

El currículo es un instrumento que entrega al sistema educativo un marco general acerca de los aprendizajes mínimos esperados para cada nivel, con el objetivo de asegurar una experiencia educativa similar y una base cultural común para todos los estudiantes del país[48]. A partir de eso, es importante entender que ese currículo es vivo y, en ese contexto, el aprendizaje integrado de las disciplinas STEAM se considera una aspiración gradual.

Dentro de este marco, los participantes de la Coalición coinciden en tres componentes claves para avanzar hacia una educación integrada en ciencias, tecnología, arte, ingeniería y matemáticas:

Menos es más: el corpus de conocimientos disponibles en nuestra sociedad aumenta exponencialmente y, la ambición de enseñarlo todo está condenada al fracaso. La evidencia disponible sugiere que en la Educación Media chilena, los docentes solo alcanzan a implementar en torno a un 50% del curriculum nacional[49]. Debemos enseñar menos, pero mejor, habilitando a los estudiantes a continuar su aprendizaje a lo largo de la vida.

Por ello se plantea la necesidad de reducir los contenidos mínimos, promoviendo la eficiencia en el aula en el aprender, porque hay mucha información apoyada por tecnología que puede potenciar lo que se aprende en la escuela. El trabajo interconectado entre asignaturas puede facilitar una mirada más sintética de los contenidos.

---

48 http://www.curriculumenlineamineduc.cl/605/articles-22394_programa.pdf

49 "Implementación del curriculum de Educación Media en Chile", Mineduc 2013. Disponible en: http://centroestudios.mineduc.cl/tp_enlaces/portales/tp5996f8b7cm96/uploadImg/File/Evidencias/A2N21_Curriculum_EMedia.pdf

Evaluación enfocada en las competencias: en la medida en que el desarrollo de las competencias centrales no sean evaluado de manera relevante en el sistema nacional de aseguramiento de la calidad, difícilmente será priorizado[50]. La creatividad plantea un desafío mayor por la dificultad de estructurar su evaluación, la cual debemos potenciar desde la mirada STEAM. La Coalición propone reducir la frecuencia de las evaluaciones SIMCE y transitar hacia su aplicación muestral en lugar de censal, junto con explorar nuevas evaluaciones de habilidades como el pensamiento crítico, trabajo colaborativo y resolución de problemas.

Integrar asignaturas es deseable, pero no urgente: el currículo integrado surge como una posible solución para dar atractivo a los contenidos que hoy son percibidos como áridos o difíciles por los estudiantes, como son las matemáticas[51]. Esto es posible mediante la interconexión y aplicación de este conocimiento junto a otros contenidos que resulten naturalmente llamativos para distintos estudiantes[52]. La integración facilitaría el despertar de los talentos latentes en cada estudiante, desarrollando su trayectoria de aprendizaje en un currículo más flexible y resumido.

Esta Coalición considera el currículo integrado como una ambición deseable para Chile, pero apuesta por la migración a metodologías experimentales y la actualización disciplinar como vehículos que permitirán un aprendizaje más profundo en el marco del currículo nacional vigente, mientras la actualización de las bases curriculares propuesta para 3° y 4° medio el 2017 progresa en la modelación de este cambio, a través de la introducción de la asignatura de proyectos[53]. La necesidad de mayor evidencia y participación para definir un currículo integrado surge como una preocupación de las mesas de trabajo.

2ª IDEA: Aprendizaje más activo y contextualizado

Estudiantes vinculados diariamente a la tecnología, más conscientes de problemas ambientales locales y globales, manifiestan interés por una mayor presencia de contenidos STEAM y de metodologías prácticas en la escuela. Los docentes son conscientes de la apatía que los métodos tradicionales generan en sus estudiantes y buscan instancias para vencerla.

---

50 Ostler, E.(2012) 21st Century STEM Education:A Tactical Model for Long-range Success, International Journal of Applied Science and Technology, Vol.2, Nr.1

51 Foley, A. E., Herts, J. B., Borgonovi, F., Guerriero, S., Levine, S. C., & Beilock, S. L. (2017). The Math Anxiety-Performance Link: A Global Phenomenon. Current Directions in Psychological Science, 26(1), 52-58.

52 Stohlmann, Micah; Moore, Tamara J.; and Roehrig, Gillian H. (2012) "Considerations for Teaching Integrated STEM Education," Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER): Vol. 2: Iss. 1, Article 4

53 Propuesta Bases del Futuro, disponible en http://basesdelfuturo.educarchile.cl/conoce-la-propuesta/

Estudiantes con curiosidad STEAM: en la consulta regional "Diles qué quieres aprender" convocada por ORELAC/UNESCO[54] con el apoyo de Fundación Chile, los jóvenes chilenos participantes priorizaron la expresión artística y las disciplinas STEM como aquello que más querían aprender. En la fase abierta de la consulta, las narrativas de los jóvenes muestran interés por un conocimiento multidisciplinario, destacando la computación y la programación como un conocimiento aplicado que les llama particularmente la atención.

Contextualización y aplicación de contenidos: en la misma consulta, los estudiantes plantearon la necesidad de poder vincular los contenidos que aprenden con sus entornos y realidades, para dar sentido al aprendizaje. Expresaron su interés por métodos aplicados, de experimentación e incluso de servicio público para su aprendizaje, lo que muchas veces requiere abrir las paredes de la sala de clases.

Para lograr enseñar con esta contextualización y aplicación, se requiere mayor independencia a nivel escolar para explorar el abordaje de los contenidos y ajustar materiales a la diversidad cultural y geográfica del país[55]. Es fundamental trabajar en un cambio cultural desde autoridades y escuelas, para que el currículo sea percibido como una guía y no una imposición.

Escuelas de Pedagogía, el desafío pendiente: las nuevas generaciones de docentes requieren de la sensibilidad, las herramientas y las metodologías para desarrollar espacios de aprendizaje apropiados para el fomento de la curiosidad, el trabajo colaborativo e interdisciplinario. También es importante desarrollar prácticas de ensayo-error, incluyendo la equivocación como parte del proceso de aprendizaje. Complementado con elementos lúdicos, uso de tecnología y la formación de destrezas de emprendimiento, los nuevos docentes contarían con más herramientas para aterrizar muchos de los conceptos STEAM en el aula, anticipándose o acompañando el cambio en sus estudiantes.

Tanto los contenidos como las metodologías de aprendizaje y las oportunidades de práctica de los estudiantes de pedagogía deben ser actualizados para iniciar el cambio cultural que potencie espacios de experimentación profesional en beneficio de los aprendizajes.

[54] Consulta Diles Qué Quieres Aprender 2016, UNESCO y Fundación Chile, work in progress

[55] Encuesta a docentes STEAM realizada vía educarchile en Mayo 2017

Cuadro 2. Metodologías recomendadas para STEAM

Aprendizaje basado en proyectos (ABP): es una forma de enseñanza y aprendizaje en la que los estudiantes adquieren conocimientos y habilidades al responder una pregunta, problema o desafío a través de una investigación y posterior desarrollo de un proyecto durante un tiempo prolongado[56]. Para empezar a aplicar el ABP en la escuela, es recomendable comenzar con temáticas simples y proyectos poco ambiciosos, ya que los estudiantes necesitan un tiempo para adaptarse a la nueva metodología. Mientras más cómodos estén los alumnos y los profesores con el ABP, más querrán utilizarlo y hacer frente a retos más complejos. La formación continua y el asegurar tiempos de coordinación de proyectos entre docentes son claves para su éxito[57].

Aprendizaje Expedicionario: es una variante de ABP en la que los estudiantes se vinculan con su entorno en la recopilación de datos para resolver la pregunta base de su investigación. Este tipo de proyecto convoca a los estudiantes a apropiarse de lo que están aprendiendo y a potenciar sus capacidades para ser un aporte a la comunidad. Esta metodología requiere de la vinculación de la comunidad escolar con los recursos de su entorno, sean éstos empresas, centros formativos, museos, organizaciones de la sociedad civil, hospitales u otros[58].

Integración de expertos en aula: la contextualización y la aplicación de temáticas STEAM ofrece múltiples oportunidades para que profesionales, técnicos, académicos con especialización en las temáticas que un curso esté abordando, puedan enriquecer el proceso formativo. De todas formas, las charlas y participación de terceros en aula requiere de una visión formativa, para no convertirse en episodios aislados. Los proyectos son una buena forma de incorporar miradas expertas[59].

[56] Vega, V. (2015) Project-Based Learning Research Review, artículo web disponible en www.edutopia.org

[57] Educarchile, 2016, Implementa el Aprendizaje Basado en Proyectos con estos 4 consejos disponible en http://www.educarchile.cl/ech/pro/app/detalle?id=228833

[58] EL Education, disponible en https://eleducation.org/uploads/downloads/ELED-OverviewBrochure-0716-v02-WEB.pdf

[59] Jenkins, L y Spuck, T. Ed (2014), Einstein Fellows: Best Practices in STEM Education, Peter Langdon Publishing, Nueva York

3ª IDEA: Nuestros docentes quieren el cambio, pero requieren apoyo

El rol del profesor se ve fuertemente tensionado por los cambios en los estudiantes, las tecnologías y las necesidades de aprendizaje. Esta realidad es reconocida por los propios docentes, quienes demandan al sistema la disponibilización de herramientas que les permitan hacer frente a este cambio[60].

La adopción del enfoque STEAM implica que el docente abandone la posición tradicional de instrucción unidireccional para transformarse en un habilitador del aprendizaje de sus alumnos. Esto requiere de conocimiento disciplinario, pero por sobre todo de dominio metodológico para transformar a los estudiantes en sujetos activos, protagonistas de sus aprendizajes, y desarrollar sus habilidades de pensamiento crítico, creatividad, colaboración y comunicación.

> "Un cuerpo docente comprometido, bien formado y con posibilidad de práctica es uno de los factores claves de una escuela STEAM. Sin ellos a bordo, una escuela puede tener el sello de STEAM pero no será efectivamente una. Los docentes tienen que tener la posibilidad de tomar riesgo, de fracasar, tienen que recibir feedback productivo, deben ser capacitados, acompañados y alentados a equivocarse en el camino de mejorar." **(Equipo Lab4U)**

El desafío de la enseñanza STEAM hace sentido a los docentes: realizamos una consulta a docentes 60 docentes de disciplinas STEAM de distintos puntos del país, de establecimientos públicos, particulares subvencionados y particulares pagados, respecto a sus percepciones sobre la integración curricular y las metodologías experienciales en el aula.

Sus respuestas contundentemente apoyan esta aproximación, resaltando la importancia de la mirada conjunta para ayudar a los estudiantes a tomar conciencia y dar valor a los contenidos. También destacan el rol de la aplicación de los aprendizajes en el contexto inmediato como clave para que los estudiantes valoren las ciencias, matemáticas, tecnologías y las artes.

[60] Estudio de opinión educarchile 2016. Disponible en: http://www.educarchile.cl/ech/pro/app/detalle?id=228704

Formación continua para el cambio: la experiencia acumulada por los participantes de la Coalición refleja que los docentes de Chile están dispuestos al cambio, pero requieren apoyos para transformar la manera en la que trabajan con sus estudiantes. A juicio de los participantes, la formación continua de docentes debiese centrarse en primera instancia en metodologías activas y luego en actualizaciones de contenidos, para los docentes que así lo requieran.

El rol de los equipos directivos: el cambio de paradigmas y métodos genera temor en los docentes, que se ven expuestos a mostrar menor dominio del acostumbrado frente a sus estudiantes durante sus fases de aprendices. Sin embargo, las dinámicas experimentales propias de un cambio de metodología permiten modelar junto a los estudiantes la valoración de la incertidumbre y el aprender haciendo. Una escuela STEAM se caracteriza por ser un espacio de exploración y creación, rigor y altas expectativas para sus estudiantes, docentes y comunidad. Los equipos directivos son las personas que deben organizar y canalizar los tiempos, requerimientos y energías de estudiantes y docentes y facilitar su conexión con el entorno, sin perder de vista el objetivo de aprendizaje. Los docentes consultados perciben frecuentemente a la administración de los establecimientos como su primer obstáculo para llevar a cabo una enseñanza participativa con sus estudiantes, por lo que la mayor autonomía de los equipos directivos para potenciar estos esfuerzos de sus equipos docentes debe ser una condición de base para escuelas STEAM.

Relevar las experiencias exitosas: muchos docentes en Chile están innovando en sus metodologías y aplicando un enfoque integrado, pero carecen de espacios de reflexión y mejoramiento colectivo. Una forma de apoyar un cambio cultural que propicie la experimentación en métodos de enseñanza, es la generación de espacios de trabajo en red entre docentes de distintas disciplinas y niveles, tanto a nivel escolar como integrado con la educación superior técnica y profesional.

> "El sistema suele ver a los docentes como técnicos, buscando entregarles soluciones más que apelar a sus capacidades profesionales para definir colectivamente sus desafíos y aprender unos de otros. Las comunidades de práctica, en nuestro caso por medio de Historias de Aula, cumplen un doble rol: por una parte se aprenden metodologías de forma contextualizada, y por otra se refuerza la autovalía de los docentes, desde un ambiente de respeto mutuo."
> **(Corina González-Weil, PRETeC. P.Universidad Católica de Valparaíso)**

Cuadro 3. Comunidades de práctica pedagógica

Con el objetivo de incentivar, acelerar y sustentar los cambios en la práctica de enseñanza, el desarrollo comunidades de práctica pedagógica es un camino que diversos actores de la coalición han abordado. Algunas claves que resaltan de las experiencias compartidas son las siguientes:

- Existe la necesidad de construir espacios de reflexión y trabajo pedagógico, tanto a nivel escolar como a nivel universitario. Experiencias en Chile y el extranjero dan cuenta de mayores sinergias cuando confluyen docentes de aula, académicos de pedagogía y docentes universitarios o de formación técnica superior de temáticas STEAM, pero cada uno de estos grupos puede tener sus comunidades por separado[61].

- En caso de combinar actores, los aportes de cada grupo de ellos deben ser claramente valorados y complementados.

- La actitud profesional, abierta al aprendizaje recíproco, en un ambiente de valoración, altas expectativas y confianza, es fundamental para el éxito[62].

- Existen múltiples formatos de trabajo conjunto, que responden a diferentes escalas, tiempos y objetivos. Así, las clases públicas[63] permiten modelar y dar retroalimentación entre un gran número de docentes, mientras que las comunidades de práctica o casos de aula responden a dinámicas permanentes de mejora en grupos a nivel escolar o territorial. Por otro lado, las simulaciones permiten abordar una temática compleja con perspectivas multidisciplinarias.

- Experiencias prácticas de investigación para docentes escolares con equipos de investigación en disciplinas STEAM en universidades tienen el potencial de transformar profundamente las prácticas en aula y establecer vínculos entre la sala de clases y la academia[64]. Existe una oportunidad para que las universidades nacionales exploren esta alternativa.

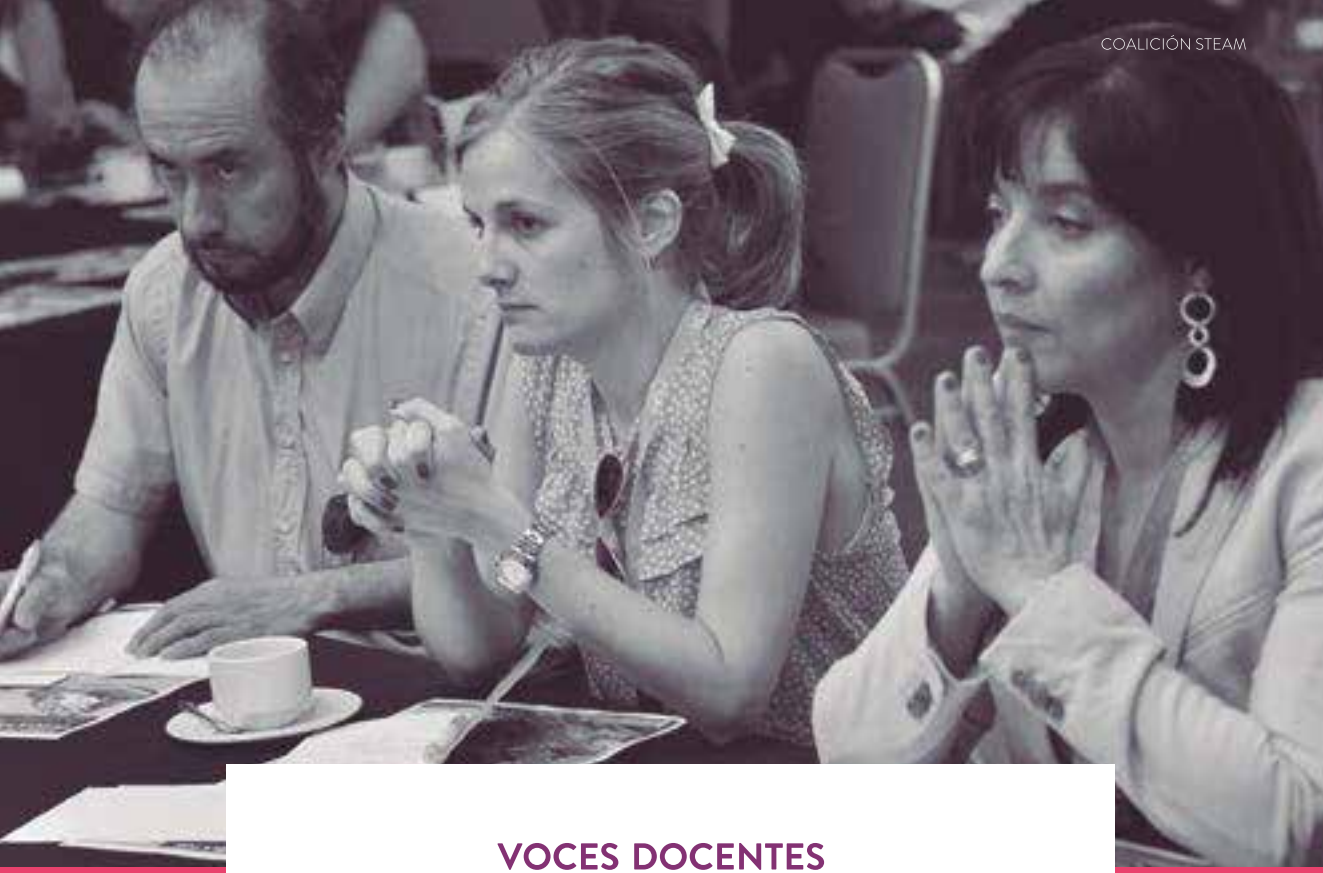
- También es clave que la formación inicial docente en las universidades contemple un diálogo interfacultades que abra espacios para desarrollar un trabajo conjunto con este objetivo.

61 Fulton, K., Britton, T. (2010), STEAM Teachers in Professional Learning Communities, National Commission on Teaching and America's Future, disponible en www.nctaf.org

62 González-Weil, C. et al (2014) Contribución del trabajo colaborativo en la reflexión docente y en la transformación de las prácticas pedagógicas de profesores de ciencia escolares y universitarios, Pensamiento Educativo. Revista de Investigación Educacional Latinoamericana 2014, 51(2), 75-85

63 Araya,R. et al (2017) Clases Públicas Incendios Forestales, Centro de Investigación Avanzada en Educación Universidad de Chile

64 Whittset, S. (2013) Research experiences for teachers can enhance the teaching of science en Jenkins, L y Spuck, T. Ed (2014), Einstein Fellows: Best Practices in STEM Education, Peter Langdon Publishing, Nueva York



VOCES DOCENTES

"Presenta la oportunidad de desarrollo de un pensamiento que les permita el crecimiento desde si mismos hacia el exterior, y les enseñe a no depender del resto para aprender si no que tomen un apoyo en el auto aprendizaje, lo que finalmente en conjunto con el pensamiento critico y la creatividad les permite un desarrollo integral en las habilidades y una mejor preparación para lograr cambios en su entorno".

PROFESOR TECNOLOGÍA Y COMPUTACIÓN

ESTABLECIMIENTO PARTICULAR SUBVENCIONADO, PUENTE ALTO.

4ª IDEA: Es necesario construir una cultura STEAM

Las escuelas no existen en el vacío, sino que son parte de una sociedad. En el desafío de instalar una sociedad STEAM en el país, el rol de la escuela es despertar el interés de los estudiantes, desarrollar sus habilidades y alfabetizar en estas disciplinas. Considerando esta base, la industria, la academia, la sociedad civil, los museos, los hospitales y los parques pueden propiciar instancias para promover la exploración y la curiosidad de todos los miembros de la sociedad para entender, valorar y sustentar el desarrollo STEAM a todo nivel.

> "Es fundamental transmitir el valor que STEM tiene en el fortalecimiento de habilidades propias de la ciencia y fundamentales para confrontar desafíos del siglo XXI, desarrollando el pensamiento crítico reflexivo y analítico, la búsqueda de evidencia, el trabajo en equipo, entre otros, no necesariamente enfocada en formar más científico(a)s, sino más bien orientada a construir una ciudadanía más informada y democrática."
> **(Natalia MacKenzie, Directora Nacional Explora Conicyt)**

Valorización conceptual: si queremos que STEAM trascienda en el tiempo y permee en nuestra cultura, es necesario promover su valoración social. Las estrategias STEAM de Carolina del Norte[65], Alemania y Japón cuentan con fuertes pilares de divulgación científica, artística y tecnológica, construyendo una identidad en torno a las capacidades de innovación, investigación y desarrollo tecnológico en cada uno de estos territorios.

Estos esfuerzos buscan asegurar un piso de valoración de la ciudadanía que permita los cambios a nivel escolar y fomente su sustentabilidad en el tiempo. El fomentar el entendimiento de cómo las disciplinas STEAM mejoran y son parte fundamental de la vida cotidiana de cada ciudadano, es clave para lograr que la ciudadanía exija y valide la necesidad de estimular su fortalecimiento, dándole además, valor agregado a las opiniones positivas vertidas ya por el mundo experto.

Ciencia, arte y tecnología "made in Chile": ¿Saben los chilenos que el telescopio óptico más grande del mundo (ELT o Extremely Large Telescope) se está construyendo en Antofagasta? ¿O que un equipo de médicos en Santiago está avanzando en el desarrollo de un derivado de la cúrcuma que podría detener el desarrollo de

65 North Carolina's Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education Strategic Plan 2012, disponible en www.dpi.state.nc.us

metástasis en pacientes afectados por cáncer? Es habitual escuchar a los jóvenes talentos de disciplinas STEAM, principalmente en las artes y tecnologías, contar cómo es cuestionada la calidad de sus innovaciones por ser "hechas en Chile", prefiriendo sus potenciales clientes soluciones extranjeras.

Aquí existe una oportunidad para los medios de comunicación chilenos de contribuir a una cultura STEAM relevando lo ya existente en el país, las apuestas que se están desarrollando en el territorio nacional y el posicionamiento mundial de Chile como laboratorio natural en temas como la astronomía, la energía solar, los glaciares, oceanografía y otros.

Tal como en los años 2010 y 2011 Chile vivió las grandes campañas Año de la Innovación y Año del Emprendimiento, que combinaron instancias comunicacionales con programas de financiamiento y posicionamiento global como Start-Up Chile, esta coalición se pregunta por qué no tener un Año STEAM en el país.

Acercamiento de practitioners-embajadores: los innovadores, artistas, científicos y tecnólogos del país tienen un gran papel en la construcción de una identidad nacional que releve tanto el talento de su gente como las condiciones especiales de Chile para el desarrollo de sus disciplinas, sus desafíos y sus aplicaciones. La divulgación de los diversos esfuerzos existentes en Chile tiene un alto potencial formativo e inspirador en los niños y jóvenes.

Un referente internacional de divulgación focalizada en escolares es el programa "MINT Zukunft Schaffen"[66] (Alcanzar el Futuro STEM) de Alemania, que opera a través de una red de embajadores voluntarios y cuenta con más de 18.000 participantes. La naturalización de los espacios de divulgación STEAM es fundamental para que la ciudadanía comprenda y haga propio el valor de estas disciplinas, exigiendo de manera auténtica e independiente su disponibilidad en formatos amigables y accesibles para todo público.

La iniciativa 1000 Científicos 1000 Aulas de Explora es una base sobre la que podemos expandir este acercamiento, involucrando también a la industria.

[66] https://www.mintzukunftschaffen.de/die-initiative.html

5ª IDEA: Concatenar el aprendizaje a lo largo de la vida

Uno de los desafíos pendientes identificados por esta Coalición es articular trayectorias formativas entre escuelas, liceos, centros de formación técnica, universidades y formación de adultos. El foco debiera estar puesto en temáticas técnicas, pero también en el concepto de desarrollo de talentos y aprendizaje a lo largo de la vida.

Conexión con la industria durante la educación: no será posible asegurar la sustentabilidad de los esfuerzos por promover una cultura STEAM si no existe una industria STEAM. Las políticas de desarrollo nacional pueden promover determinadas industrias, pero es clave que estos esfuerzos conlleven un relato educativo.

Las industrias productivas, tanto las más establecidas como la minería y las emergentes como la programación o los servicios tradicionales, se ven afectados por el avance de las ciencias y tecnologías, demandando mayor creatividad y capacidad de innovación en sus empleados. Para el mundo productivo, los desafíos de la cuarta revolución industrial son más rápidamente evidentes que para la educación.

La existencia de espacios comunes con el mundo educativo ayudan a acelerar los cambios, aportando a la pertinencia de la educación. Esto se hace particularmente evidente y necesario en la educación técnico-profesional.

La facilitación de espacios de interconexión con el mundo productivo, donde el mundo del emprendimiento y la innovación ofrecen gran atractivo a los jóvenes, requiere de un acercamiento de los estudiantes y docentes a la realidad productiva, ya sea por medio de infraestructura compartida (laboratorios, espacios maker, observatorios, equipamiento, entre otros), como desde pasantías y visitas escuela-industria.

Métodos en educación superior: para desarrollar las habilidades de una fuerza laboral STEAM con foco en la innovación, es necesario profundizar en sus habilidades creativas, analíticas y críticas junto a sus conocimientos técnicos más allá del nivel de alfabetización durante la educación superior. Un programa modelo para actualizar las metodologías y contenidos de una carrera STEAM es el programa Ingeniería 2030, que por medio proyectos individuales o consorciados entre escuelas de ingeniería en el país busca elevar significativamente la calidad de sus egresados hacia el año 2030.

En su propuesta educativa, Ingeniería 2030 fomenta la actualización de contenidos y el uso de métodos prácticos en la instrucción. Además promueve la vinculación de las escuelas con desafíos globales, fomentando la colaboración con universidades en todo el mundo e instalando en los estudiantes una perspectiva global de la carrera. El camino modelado por Ingeniería 2030 puede resultar inspirador para otras carreras, tanto en STEAM como en otras disciplinas.

Formación de la sociedad general: al mismo tiempo que la ciencia y la tecnología presentan nuevos descubrimientos y aplicaciones día a día, los adultos no vinculados a estas temáticas en su quehacer diario pueden ver cómo las competencias que adquirieron en su educación formal paulatinamente van perdiendo vigencia. Una sociedad alfabetizada en STEAM requiere de actualización de conocimientos por medio de la divulgación y de instancias extracurriculares.

Eventos masivos de vanguardia STEAM como el Congreso del Futuro y el festival Puerto de Ideas, el reciente surgimiento de instancias más casuales como las Noches Nerd o los programas de televisión científicos chilenos como Por la Razón y la Fuerza o Mentes Brillantes, han demostrado tener un público creciente en el país. También han llegado recientemente al top 10 de ventas libros de científicos chilenos como José Maza, María Teresa Ruiz y Gabriel León. Se observa en la sociedad chilena interés y ganas de aprender, por lo que queda el desafío de potenciar iniciativas no vinculadas para generar trayectorias de aprendizaje interesantes por medio de la coordinación.

> "Es un mito que a los chilenos no les interese el arte y la ciencia. Las experiencias que nos despiertan la curiosidad se potencian entre sí. Iniciativas de artes, de ciencias, de cultura van enriqueciendo a la audiencia, no debiesen verse como competencia. Articularse y aprovechar estos puntos en común depende de la alineación de voluntades." **(Chantal Signioro, Puerto Ideas)**

El Desafío, industrias STEAM conectadas con aprendizaje continuo: Chile ha hecho grandes esfuerzos en el desarrollo de capital humano avanzado en las disciplinas STEAM, por medio de becas de estudio nacionales y en el extranjero. Sin embargo, muchos de estos especialistas enfrentan dificultades para su reinserción laboral en Chile, por una falta de campo laboral fuera de la academia.

A pesar de la existencia de incentivos tributarios para la investigación y desarrollo a nivel industrial[67], las necesidades de las empresas suelen ser más esporádicas que lo necesario para mantener científicos de planta. Sin embargo, los instrumentos tributarios permiten la contratación de investigadores externos. Es acá donde surge el desafío de alinear los incentivos en la industria con los sistemas de acreditación de las universidades y sus centros de investigación, de manera de reconocer el valor que tiene la vinculación académica en el sector productivo.

[67] Ley 20.241(2008). Establece un incentivo tributario a la inversión privada en investigación y desarrollo. http://www.leychile.cl Navegar?idNorma=268637&idVersion=2012-09-07

VOCES DOCENTES

"Tienen que buscar a los docentes no a los académicos de universidades para capacitar en talleres a partir de su especialidad o experticia, lo escrito o publicado no le interesa a los profesores por el exceso de trabajo Hay que motivar primero conociendo que profesores innovadores tenemos en Chile".

PROFESORA DE ARTES

ESTABLECIMIENTO MUNICIPAL, SAN PEDRO DE LA PAZ.

6ª IDEA: Articulación de esfuerzos existentes

La oferta de iniciativas y espacios educativos que pueden apoyar los aprendizajes de la escuela STEAM es amplia: existen diversas iniciativas en el mundo público, académico, corporativo y la sociedad civil. Lamentablemente, esta oferta está escasamente articulada y los recursos existentes no son suficientes para todos, por lo que existen dinámicas competitivas entre las distintas alternativas. La coordinación de estas iniciativas plantea un desafío desde las confianzas y los recursos, por lo cual es necesaria la existencia de un organismo articulador, neutral y con agilidad de operación.

La construcción de instancias de colaboración entre instituciones públicas, privadas y del tercer sector que avancen de manera coordinada hacia una sociedad del conocimiento, consciente del aporte de la ciencia y los desarrollos tecnológicos que mueven al país hacia mejoras constantes en temas de desarrollo social y económico, es necesaria para hacer un uso eficiente de los recursos disponibles.

Uso de recursos educativos locales en la educación formal: para que este potencial sea aprovechado, la clave está en su conocimiento y articulación, y la actitud favorable desde docentes y apoderados para la utilización de estos recursos. Para avanzar en la integración con el aula, es muy valioso facilitar las conexiones curriculares con los recursos disponibles.

Experiencias como la del Museo Interactivo Mirador, el programa Cultura CTI en Los Ríos y los sitios temáticos de astronomía y energía en el portal educarchile atribuyen parte de su éxito al hecho de que los docentes puedan incorporar fácilmente las visitas o actividades fuera del aula a sus planificaciones.

El gran desafío está en las zonas rurales, donde los recursos educativos pueden resultar menos obvios que en las ciudades. Sin embargo, no se requiere de gran sofisticación para plantear un desafío o una oportunidad de aprendizaje a los escolares. El campo, el clima, las industrias locales, una panadería, una estación de radio o un centro médico utilizan día a día conceptos STEAM. Autoridades educativas, apoderados y miembros de la comunidad involucrados, disponibles, facilitadores y activos pueden hacer una diferencia en la creación de un entorno favorable al desarrollo de la curiosidad.

Infraestructura en universidades e industrias: un comentario frecuente desde las escuelas y docentes es que no tienen acceso a equipamiento adecuado, menos aún de vanguardia, por sus altos costos. Sin embargo, estos equipos e instalaciones existen en el país. De la misma manera que Uber, Airbnb o WOM han hecho sus negocios usando la capacidad ociosa de recursos de terceros, es posible fortalecer el aprendizaje usando la infraestructura y equipos de universidades e industrias sin impedir ni arriesgar su uso.

En la educación técnica, por ejemplo, las inversiones compartidas en infraestructura entre el nivel escolar y superior, junto a la industria, permiten dar a los estudiantes una formación vigente y relevante, reduciendo las necesidades de reformación. La iniciativa ELEVA[68], hoy en su fase inicial, busca modelar estas interacciones en la minería para transferirla a otras temáticas.

Tal como las ocupaciones STEAM se desarrollan en espacios multidisciplinarios, es necesario contar con espacios de encuentro para las personas que tienen intereses especiales en estas disciplinas. Espacios de encuentro como los espacios maker, laboratorios de fabricación digital (fablabs), de infraestructura común y/o abierta, ofrecen a niños, jóvenes y adultos la posibilidad de experimentar y aplicar su investigación y aprendizaje a la creación de soluciones. Estos espacios, aún emergentes en Chile, tienen un gran potencial para la educación formal y no formal, particularmente en el desarrollo de una cultura colaboradora y creativa[69].

Las experiencias de uso de capacidad ociosa en el mundo formativo superior es también una oportunidad para los docentes, que pueden sumarse a investigaciones y proyectos STEAM como pasantes en los períodos de verano.

Tal como la educación STEAM plantea el uso de metodologías activas, experiencias internacionales resaltan el valor de los programas de formación docente inmersivos en el cambio de sus dinámicas de aula, puesto que la mayoría de los docentes en ciencias, tecnología y matemáticas suelen no tener experiencia trabajando junto a científicos, tecnólogos y matemáticos en proyectos profesionales[70]. Planteamos el desafío de repensar la formación docente continua en experiencias prácticas.

---

68 Video introductorio ELEVA- Plataforma Técnico Profesional, disponible en https://fch.cl/recurso/innovum/eleva-plataforma-tp/

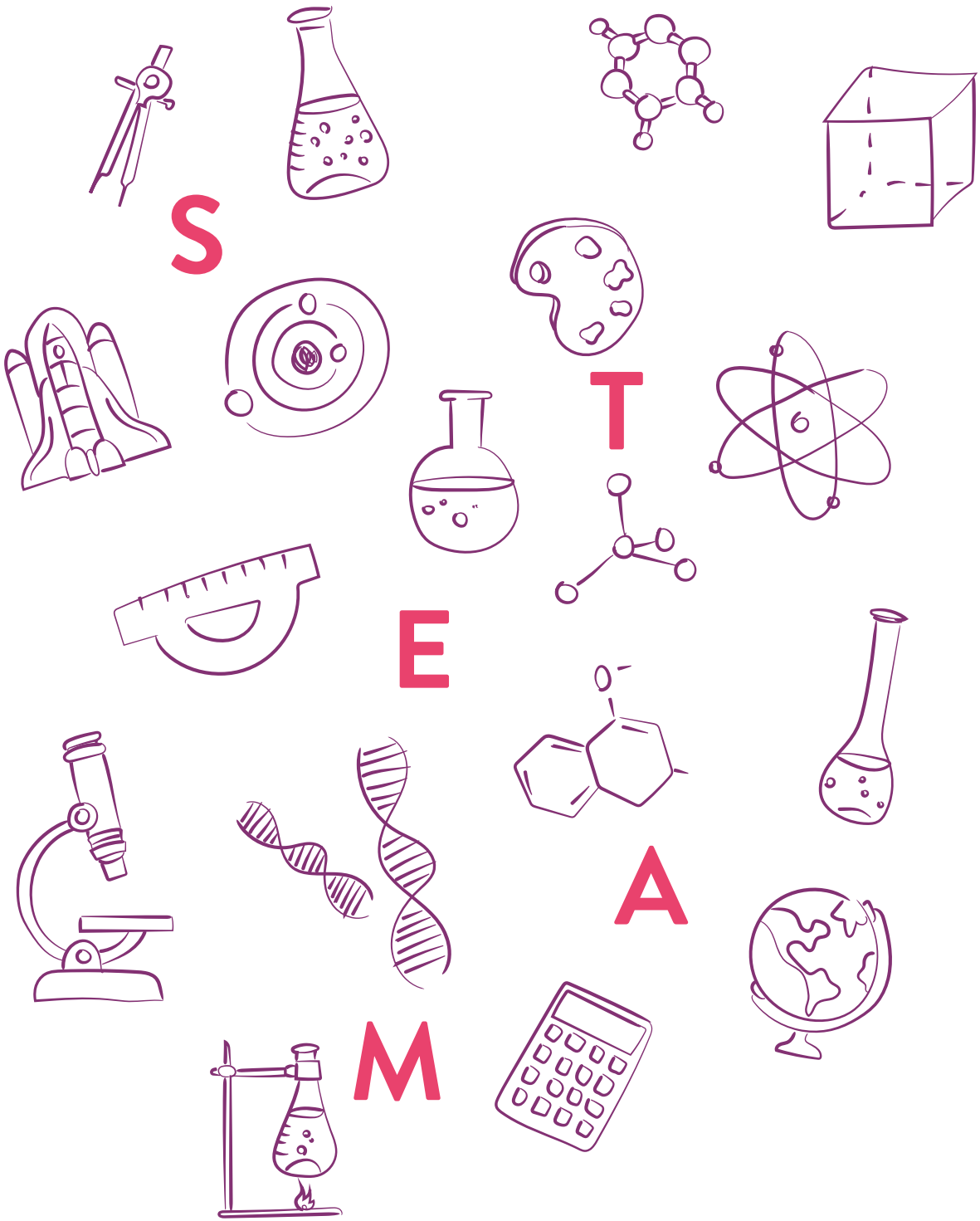
69 Orozco A, y Paonessa, L. (2016) Qué es un maker space y cómo promueve el desarrollo de una comunidad, Blog Abierto al Público, BID https://blogs.iadb.org/abierto-al-publico/2016/09/20/que-es-un-maker-space-y-como-promueve-el-desarrollo-de-una-comunidad/

70 Whittset, S. (2013) Research experiences for teachers can enhance the teaching of science en Jenkins, L y Spuck, T. Ed (2014), Einstein Fellows: Best Practices in STEM Education, Peter Langdon Publishing, Nueva York.

Institucionalidad articuladora– Cultura CTI: la gran mayoría de las escuelas no pueden gestionar individualmente la búsqueda, contacto y formación docente necesaria para aprovechar al máximo los recursos del entorno disponibles. Tampoco hace sentido que así lo hicieran, saturando a los oferentes de experiencias. Una experiencia exitosa de institucionalidad coordinadora es el programa piloto Cultura CTI Los Ríos[71], una instancia de coordinación y facilitación pedagógica para la utilización de experiencias y recursos extraescolares dentro de las planificaciones escolares desarrollada por Explora, con el apoyo de los Ministerios de Educación y Economía y la Universidad Austral, financiado por Conicyt y CORFO.

Sumándose a la recomendación del CNID de expandir el programa Cultura CTI a todo el país en los próximos cinco años, esta coalición plantea adicionalmente a las acciones realizadas entre organizaciones de la sociedad civil y la formación de docentes, el incorporar con el tiempo una red de escuelas que vayan alcanzando un sello STEAM, en las que los docentes puedan participar de pasantías cruzadas para conocer los proyectos en implementación en escuelas de contextos semejantes.

[71] http://www.culturacti.cl/sitio/cultura-cti/


S
T
E
A
M

CORFO

FCH
FUNDACIÓN CHILE