Comisión
Nacional de
Evaluación y
Productividad

Formación de competencias STEM en Chile

Comisión
Nacional de
Evaluación y
Productividad

Formación de Competencias STEM en Chile

Copyright © 2024. Todos los derechos de
Comisión Nacional de Evaluación y Productividad,
Amunátegui 232, of. 401, Santiago, Chile.
www.comisiondeproductividad.cl

Formación de Competencias STEM en Chile

Fotografía de portada
©Becris/Shutterstock.com

Fotografía interiores
© Viktoriia Hnatiuk, gonzagon/Shutterstock.com

Diseño y diagramación
María Jesús Camus Ipinza
www.jes-u.cl

http://www.comisiondeproductividad.cl
El uso desautorizado de cualquier parte de esta publicación está prohibido.

Contenido

9 Introducción
9 Revisión de literatura
14 STEM en Chile en cifras y su comparativa con niveles internacionales
34 Desarrollo de políticas de educación STEM en Chile y comparativa internacional
50 Conclusión y recomendaciones de política
52 Anexos
68 Bibliografía

Formación de Competencias STEM en Chile[1]

1 Este informe fue realizado por Camila Arroyo, economista de la Universidad de Chile, Máster en Administración Pública LSE, economista investigadora en la Escuela de Políticas Públicas LSE; María Isidora Palma, economista de la Universidad de Chile, Máster en Política Social LSE y PhD (c) en Ciencias Sociales University College London; Benjamín Díaz y José Ignacio Donoso, economistas CNEP. Para la realización de este capítulo, los autores se reunie-ron con diversos actores de universidades, gobiernos y sociedad civil para conocer sus visiones sobre la situación de la formación STEM en Chile. En particular, los autores agradecen los comentarios y aportes de Fernanda Ramírez y Paola Sevilla (PUC), Hernán Araneda (Fundación Chile), Miguel Jara, Jorge Urrutia, Marcel Thezá y Paula González (Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación), Pablo Angelelli, Verónica Alaimo y Analía Jaimovich (BID), Ramón Iriarte (UNESCO), Cristina Bugueño y Susana Celis (ANID), Fabiola Saenz (MITI), Gastón Miguel (AcidLab), Martín Cáceres, Héctor Gómez, Camila Chamorro y Patricio Rodríguez (MINEDUC), Yasnina Ibaceta (CIDSTEM-PUCV), Corina Tapia y Gilbert Leiva (ACTI), Fernando Vargas (OIT).

“Formación de competencias STEM en Chile” es un documento que formó parte del Informe Anual de Productividad 2023, donde la Comisión Nacional de Productividad (CNEP), analizó el nivel de incorporación del enfoque STEM (integración en el aprendizaje de las materias de Ciencias, Tecnologías, Ingenierías y Matemáticas) en el marco educativo nacional.

Esta investigación, junto con identificar que dicho enfoque tiene el potencial de mejorar las habilidades y competencias de los estudiantes , influye también en la productividad. Al respecto, se señala que un aumento de 1 punto porcentual en la participación de trabajadores con educación superior en STEM, genera cerca de un 2% de crecimiento en productividad.

El diagnóstico de la CNEP del caso chileno, revela que, aunque existen múltiples iniciativas públicas y privadas en la materia, los programas que incentivan la educación STEM funcionan fuera del sistema educativo formal, lo que hace que sean acciones fragmentadas, de alcance limitado, con problemas de coordinación y falta de conocimiento consolidado sobre prácticas efectivas.

Introducción

El presente estudio busca analizar comprehensivamente la incorporación del enfoque STEM en el marco educacional chileno, con especial interés en reconocer su efectividad para la formación de profesionales en el campo. La razón para centrarse en el nivel superior se basa en la evidencia empírica que respalda la idea de que es en este nivel donde los países pueden lograr mejoras significativas en productividad a través de la educación STEM (Peri et al., 2015; Rita, 2015; Bacovic et al., 2021; OCDE, 2021). No obstante, también se realiza un análisis de la aplicación del enfoque STEM en la educación primaria y secundaria. Esto se debe a que la introducción temprana de STEM en estos niveles no solo aumenta la probabilidad de que los estudiantes elijan seguir carreras en este campo para la educación superior, sino que también tiene efectos en la generación de competencias que impactan positivamente a los individuos en su desarrollo personal y laboral, las denominadas habilidades del siglo XXI.

Para identificar lo anterior se ha implementado un modelo de investigación mixto. La sección que prosigue analiza la literatura internacional para entender la relación entre la formación de profesionales STEM con mejoras en productividad de los países, junto con las razones que explican dicho vínculo. Posteriormente, se detalla cuantitativamente el panorama de educación escolar, educación superior y laboral de la formación STEM nacional, acompañado de una comparativa con países referentes. Para el análisis cuantitativo se utilizan diversas definiciones de STEM según el nivel educacional que se analice. Así, para el caso de la educación escolar se examina el desempeño de alumnos en las materias de ciencias y matemáticas. A nivel secundario, en la trayectoria científico humanista se estudia a los alumnos según los electivos que toman en el área. Por su parte, en la trayectoria técnico profesional se identifican algunas especialidades del sector industrial dentro de la clasificación STEM. A nivel superior, se utiliza la clasificación internacional CINE-F para categorizar las carreras según su contenido y definir si pertenecen al área de STEM. Esta misma clasificación se utiliza para el análisis del mercado laboral, donde se estudian los retornos a las carreras STEM. En la última sección, a través de la revisión de recomendaciones internacionales y más de 20 entrevistas con expertos en la materia se procede con un diagnóstico de las iniciativas de formación STEM en Chile.

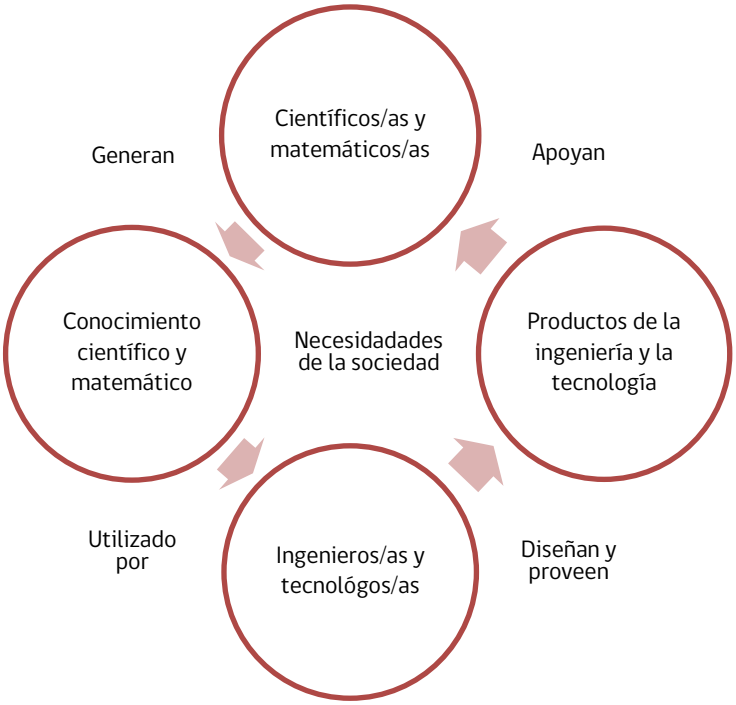
Revisión de Literatura

Prácticamente todos los aspectos de la vida en el siglo XXI están condicionado por la rápida evolución de la tecnología, la globalización y los cambios en las formas de relacionarse entre personas y comunidades. Así, internacionalmente se ha definido un conjunto de "habilidades para el siglo XXI" (NCVER, 2016). Dichas habilidades engloban tanto a las competencias cognitivas como el pensamiento crítico, la resolución de problemas complejos, el razonamiento inductivo y deductivo, la alfabetización digital entre

otros; como a las competencias no cognitivas: sentido de realidad, personalidad investigativa, independencia, colaboración, creatividad y más (Carnevale et al,. 2011). Este conjunto de habilidades busca impactar positivamente a los individuos en su desarrollo personal y laboral, permitiéndoles identificar oportunidades de crecimiento y adaptación a diversas circunstancias de la vida moderna (WB, s.f.). Sin embargo, desarrollar currículos y métodos de aprendizaje para cultivar estas habilidades puede ser un desafío.

En este sentido, la experiencia internacional da cuenta que las habilidades del siglo XXI pueden fomentarse mediante la promoción de un currículo STEM integrado en sus diversas disciplinas -ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas-. Es así como la didáctica STEM dista del enfoque tradicional en que los estudiantes aprenden dichas materias de manera parcelada y encapsulada temáticamente (Nathan et al., 2013). En tanto, los estudiantes son enfrentados a problemas reales que tienen que ser resueltos creativa y colaborativamente (Currículo Nacional, s.f.). En la Figura 1, se esquematiza la interacción de los componentes STEM con las necesidades de la sociedad.

Figura 1: Interacción de los componentes de campos STEM



Fuente: Fuente: SAGA Chile 2021

En lo laboral, las habilidades STEM son altamente valoradas por su capacidad para adaptarse e innovar en un entorno cambiante (NCVER, 2016). Más aún, el impulso de la digitalización de la economía ha aumentado la demanda por trabajadores con competencias informáticas y tecnológicas, fenómeno concentrado en la rama STEM (OCDE, 2021; Black et al., 2021). Al mismo tiempo, la formación de capital humano en esta área ha progresado a un ritmo menor que la demanda laboral, generando una escasez de profesionales (OCDE, 2020; 2021). Datos de la Unión Europea muestran que más del 55% de las compañías enfrentan dificultades para llenar sus puestos relacionados con las Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC) (Ibid). Por otro lado, se prevé que la demanda por trabajadores STEM seguirá creciendo: cifras de Estados Unidos proyectan un aumento de los puestos laborales STEM en un 11% anual entre 2020 y 2030 (Harvard Gazatte; 2021). Adicionalmente, el talento STEM sería más escaso en las economías en desarrollo (Samoilenko et al., 2011). Una consecuencia de la escasez de profesionales ha sido el aumento sostenido del salario de trabajadores STEM por sobre las demás áreas del conocimiento (OCDE, 2020; 2021). De forma empírica, Even et al. (2023) encuentran un premio cercano al 16% por haber estudiado STEM versus otras disciplinas en once países OCDE, luego de controlar por experiencia laboral, nivel educativo y otros. Más aún, la sobredemanda de trabajadores les ha provisto mayor estabilidad laboral: las tasas de desempleo para profesionales STEM corresponden a la mitad o menos que las de otras áreas del conocimiento (Parlamento Europeo, 2015; NSF, 2021).

Se espera que las ventajas de los graduados STEM sean duraderas: Frey y Osborne (2013), en su artículo seminal sobre automatización laboral, argumentan que el riesgo de automatización de profesionales STEM sería bajo, aún en un contexto donde cerca del 50% de las ocupaciones presentarían un alto riesgo de ser automatizadas. Estos resultados son ratificados por estudios recientes que prevén que incluso en pleno auge de la Inteligencia Artificial, la demanda por trabajadores STEM aumentaría en la década venidera, presentando tasas de crecimiento que doblan la del total de otras ocupaciones (BLS, 2021; McKinsey Global Institute, 2023).

Impacto en productividad

Desde hace décadas una vasta literatura económica señala que la acumulación de capital humano genera externalidades que justifican su promoción (Romer, 1986; Lucas, 1988; Romer y Weil, 1992). Parte de esta asociación se explica por la influencia de la acumulación de capital humano sobre la productividad y el crecimiento económico (Barro, 1991; Benhabib y Spiegel, 1994; Sala-i-Martin, 1997). En tanto, en el último tiempo una creciente rama de la academia busca determinar qué campos del capital humano son más relevantes para el desarrollo económico (Winters, 2014). Según argumenta Driori (1998), el capital humano promueve el crecimiento de la economía a través de las

competencias técnicas y científicas de los trabajadores, las cuales se presentan con mayor profundidad en los individuos con competencias STEM consolidadas. En específico, a nivel de firma OCDE (2021) muestra que un aumento de 1 punto porcentual en la participación de trabajadores con educación superior en STEM genera cerca de un 2% de aumento en productividad. Esto representa entre 3 y 4 veces las ganancias de aumentar la participación de trabajadores del mismo nivel educacional en la misma cuantía en otras áreas del saber. A nivel macroeconómico, estudios en Estados Unidos y varios países europeos han concluido que una mayor participación de profesionales STEM en las economías tiene un impacto positivo en el producto (Bacovic et al., 2021; Rita, 2015). En un tono similar, Peri et al. (2015) señala para Estados Unidos que la entrega facilitada de visas a profesionales STEM está asociada con un aumento de productividad en las ciudades donde estos se sitúan. Estudios empíricos muestran que los canales por los cuales la participación de trabajadores STEM fomentan una economía más productiva son el impulso a la I+D y la implementación de tecnologías (Marginson et al., 2013; Ahmadov, 2020; OCDE, 2021).

En su vertiente empresarial, la I+D fomenta el desarrollo de nuevos o mejorados materiales, productos, mecanismos, procesos, sistemas o servicios, promoviendo cambios tecnológicos y consecuentes aumentos en productividad (OCDE, 2001; OCDE, 2002). En efecto, una abundante corriente de la literatura empírica ha mostrado una relación causal entre la I+D y la productividad, tanto a nivel de industria como de país (Rouvinen. 2002; Frantzen, 2003; Zachariadis, 2004; Bravo-Ortega y García Marín, 2011; WEF, 2018; Nair et al., 2020). Al mismo tiempo, la investigación académica da cuenta de que la mano de obra calificada es un componente necesario en los procesos de innovación (Carlino, Chatterjee y Hunt 2007; Anderson et al., 2014; Leiponen, 2015). En particular, se destaca que los profesionales en campos STEM son fundamentales para habilitar y desarrollar I+D. Esto se debe a que su formación les brinda aptitudes específicas para su realización, como el diseño de procesos, el desarrollo del método científico y otras (Atkinson y Mayo, 2010; NCVER, 2016; BEIS UK, 2021). Esta relación ha sido estudiada en Estados Unidos y Europa. En Estados Unidos, se ha encontrado que la participación de trabajadores en el campo STEM tiene un efecto causal positivo sobre las patentes de invención, una variable que se utiliza para aproximarse al grado de innovación e I+D en la economía (Winters, 2014; Peri et al., 2015). En Europa, Bacovic et al. (2021) documentan una relación positiva y significativa entre la participación de profesionales STEM y el gasto en I+D de las economías.

Otro canal mediante el cual los trabajadores STEM estimulan mejoras en el producto es la implementación de tecnologías. La literatura ha mostrado que cambios en los paradigmas tecnológicos -desde la primera revolución industrial hasta las TIC- han mejorado

la productividad de los países (Cardona et al., 2013; Brynjolfsson et al., 2021). Sin embargo, la mera implementación de nuevas tecnologías no es suficiente para lograr este efecto. El impacto depende de una serie de transformaciones en las firmas, como la creación de nuevos procesos de negocio, la adaptación de los activos y la formación o atracción de nuevo capital humano (Brynjolfsson et al., 2017). En específico, en la era de la digitalización estudios muestran que el rendimiento de las TIC depende de su interacción con elementos organizacionales, fenómeno en que el capital humano calificado es especialmente importante (Powelland y Den-Micallef, 1997; Acemoglu, 1998; Violante, 2005; OCDE, 2021). Por ejemplo, Che y Zang (2017) argumentan que la mayor participación de mano de obra calificada en las compañías incentiva la adopción de tecnología y, en tanto, mejora la productividad de las firmas. Por su parte, Tastan y Gönel (2020) señalan que las empresas que presentan una mayor participación de empleados con competencias TIC invierten más en tecnología. Finalmente, OCDE (2021) detalla que un incremento en la participación de trabajadores con educación terciaria STEM en las firmas se correlaciona positivamente con un aumento en productividad. El efecto se ha ido ampliando a lo largo de los años en relación con la importancia que han cobrado las TIC en la economía (Ibid.).

Desafíos del siglo XXI y capital humano STEM

En los últimos años, la Inteligencia Artificial (IA) ha sido el paradigma tecnológico que promete fomentar la productividad y el crecimiento económico. Mediante su capacidad predictiva, la IA permite a las compañías entender mejor y más rápido grandes volúmenes de datos, obteniendo mejoras significativas en sus resultados (Babina et al., 2021). La literatura proyecta que la IA tendría un amplio impacto sobre el PIB, aumentando no sólo el rendimiento de los trabajadores, sino que también las tasas de innovación y la productividad agregada de la economía (Aghion, Jones y Jones, 2017; Brynjolfsson, Rock y Syverson, 2019; Neil Baily et al., 2023). En específico, Goldman Sachs (2023) sugiere que la IA generativa[1] podría incrementar la productividad global a tasas de 1,5% anual en los próximos 10 años. No obstante, como ha sucedido con cambios tecnológicos en el pasado, la literatura sugiere que el aprovechamiento del potencial productivo de la IA necesita ser habilitado y acompañado por capital humano especializado, es decir, capital humano STEM y, en específico, TIC (Brynjolfsson, Rock y Syverson, 2017; Brynjolfsson, Rock y Syverson, 2021; OCDE, 2021). En efecto, las competencias de los empleados sería una de las principales barreras para el uso empresarial de esta tecnología (Rammer et al, 2021). Babina et al. (2022) ahonda empíricamente en esta relación, mostrando que la

1 A diferencia del uso tradicional de la IA, entrenada para reconocer patrones y hacer predicciones, la IA generativa es una categoría capaz de generar nuevo contenido (texto, imágenes, vídeos y otros) en respuesta a comandos (Foro Económico Mundial, 2023). ChatGPT es la aplicación más conocida que utiliza IA generativa.

participación de capital humano especializado en IA contribuye de forma significativa al crecimiento de las firmas mediante mayor innovación.

Por otro lado, una gama creciente de estudios muestra que la formación de profesionales STEM no sólo se relaciona con el crecimiento de las economías, sino también con un desafío creciente de la actualidad, el desarrollo sostenible. Como argumenta UNESCO (2019) las disciplinas STEM, son la base para el Desarrollo Sostenible, donde la educación en estas materias proporciona a quienes las estudian, los conocimientos, las habilidades, las actitudes y las conductas necesarias para crear sociedades inclusivas y sostenibles. En específico, las disciplinas STEM participan activamente en el cumplimiento de 10 de los 17 objetivos de desarrollo sostenible suscritos por todos los países miembros de la ONU en 2015. Por ejemplo: Agua limpia y saneamiento; Energía asequible y no contaminante; Industria, innovación e infraestructura; Producción y consumo responsables; Acción por el clima, entre otros (UNESCO, 2019). En específico, en países desarrollados el desarrollo tecnológico y la formación STEM ha cobrado especial importancia en cuanto a la sostenibilidad ambiental (Ortega-Gras et al., 2021). Según el Foro Económico Mundial (2023), las soluciones digitales podrían reducir las emisiones globales en un 20%. En específico, en Europa es acuñado el término Twin Transitions (Transiciones gemelas), que se refiere a la necesidad e interdependencia de la transición tecnológica y ambiental para el desarrollo de un futuro sostenible, proceso en que las sociedades requieren un amplio rango de competencias STEM en sus ciudadanos (Dæhlen, 2023).

STEM en Chile en cifras y su comparativa con niveles internacionales

En esta sección se evalúa el estado de la educación STEM en Chile, a través de un análisis de los distintos datos disponibles. El objetivo es documentar los alcances de la educación STEM en el nivel educacional escolar, analizar cómo se compone la oferta de la educación STEM en la educación superior y caracterizar la demanda por dichas habilidades en el mercado laboral chileno. La información utilizada proviene principalmente de bases de datos del Ministerio de Educación (matrícula educación media, matrícula educación superior, titulación educación superior), la base de datos pública del sitio web Mifuturo.cl que contiene indicadores laborales por carrera y la encuesta CASEN 2022.

Luego, se realiza una comparación entre Chile y países pertenecientes a la OCDE en distintos parámetros relacionados a la educación en campos STEM y una caracterización del mercado laboral para individuos que siguieron una trayectoria en el área. La información utilizada para el desarrollo de este ejercicio proviene principalmente del informe OCDE *Education at a Glance 2022*,[2] en donde la clasificación STEM se compone de la

2 Fuente de datos proveniente de OCDE cuyo principal objetivo es comparar el estado y los resultados obtenidos de los distintos sistemas educativos de los países miembros.

misma agrupación de campos de estudios que se utilizaron para la base de datos nacional (CINE-F 2013[3]), agrupando: (1) Ingeniería, Fabricación y Construcción, (2) Tecnologías de la Información y la Comunicación y (3) Ciencias Naturales, Matemáticas y Estadísticas.

STEM en el sistema escolar

La educación STEM a nivel escolar se basa principalmente en el fomento de conocimientos científicos, matemáticos, técnicos y de ingeniería para resolver problemas cotidianos o de la sociedad y cuyo principal objetivo es la formación de ciudadanos bien informados y competentes para la era de la cuarta revolución industrial (Boon, 2019). En general, las agendas que los gobiernos adoptan asociada a STEM se alinean con políticas educativas que reconocen la importancia de un contexto global cambiante para reconfigurar los objetivos de la escolarización y preparar estudiantes para que construyan una trayectoria laboral productiva y satisfactoria en el mundo actual (UNESCO-IBE, 2020). En Chile, el currículo identifica la necesidad de que los estudiantes desarrollen dichas habilidades vía ciencias, matemáticas, tecnología y prácticas de ingeniería,[4] sin embargo, en la actualidad no existe un plan nacional para el desarrollo de estas habilidades de forma generalizada y la actual estructura fragmentada del currículo no permite integrar aprendizajes entre asignaturas. A partir de la priorización curricular llevada a cabo durante la pandemia y de la actualización que por ley debe ocurrir del currículum de 2do básico a 1ero Medio, el MINEDUC realizó un diagnóstico en el que resalta la necesidad de incorporar un enfoque que integre las diferentes asignaturas. Mientras esto ocurre, el MINEDUC ha entregado lineamientos para que los establecimientos educacionales integren las asignaturas STEM en la aplicación del currículo vigente.

Si bien el término STEM es un concepto más amplio que las disciplinas que lo conforman, una primera aproximación hacia el estado de desarrollo de las habilidades STEM en Chile es la comparación de pruebas estandarizadas en matemáticas y ciencias. Los resultados de estas pruebas dejan entrever las falencias del sistema educacional chileno en esta materia. Los recientes resultados de la prueba PISA[5] 2022 revelan una disminución en el puntaje de matemáticas en comparación con mediciones anteriores, con un promedio en el mismo nivel (412 puntos) que el promedio registrado el año 2008 (411 puntos). Por otro lado, el rendimiento en ciencias no ha experimentado mejoras en los últimos quince años, manteniendo un promedio en 2021 (444 puntos) similar al obtenido desde el 2006 (438 puntos). En relación con los resultados del 2022, sólo un 44% de los estudiantes en

---

3 Clasificación Internacional Normalizada de la Educación de Campos de Educación y Capacitación.
4 Ver el siguiente enlace https://www.curriculumnacional.cl/portal/Palabras-Claves/proyecto-de-curso/89501:STEM-y-Metodologia-de-Proyecto
5 La prueba PISA evalúa las habilidades y conocimientos de los estudiantes de 15 años en lectura, matemáticas y ciencias.

Chile alcanzó un nivel en matemáticas que les permite como mínimo interpretar y reconocer sin instrucciones directas cómo una situación simple puede ser representada matemáticamente (OCDE, 2023). En contraste, el promedio entre los países de la OCDE es de un 69%. Por su parte, apenas un 1% de los estudiantes alcanzó el nivel máximo en matemáticas, que se corresponde con el modelamiento de situaciones complejas en la disciplina (OCDE, 2023), mientras que el promedio OCDE asciende a un 9%. Las diferencias en ciencias son menores: el 64% de los estudiantes chilenos alcanzó el nivel 2 en ciencias que les permite reconocer una explicación por un fenómeno familiar conocido y usar dicho conocimiento para identificar si una conclusión es válida, comparado con un 76% en el promedio OCDE. Por otro lado, solo un 2% de los estudiantes chilenos obtuvo resultados en los niveles más altos en ciencias (promedio OCDE: 7%). Estos estudiantes pueden aplicar de forma creativa y autónoma sus conocimientos de y sobre la ciencia a una amplia variedad de situaciones, incluidas las que no les son familiares.

En la prueba PISA, existen importantes diferencias según el nivel socioeconómico y el género de los estudiantes. En cuanto a las brechas de género en el país, las mujeres obtienen un promedio menor que los hombres en matemáticas, siendo dicha diferencia mayor que el promedio OCDE. Si bien la diferencia ha disminuido en el tiempo, esto se debe a una caída en los resultados de matemáticas de los hombres mientras que los resultados de las mujeres se han mantenido estables (OCDE, 2023). Por su parte, si bien a nivel global no existen brechas significativas entre el puntaje de ciencias de hombres y mujeres, la medición de PISA 2022 muestra que en Chile los hombres presentan mejores puntajes que las mujeres, y dicha divergencia aumentó respecto a la medición del 2018. Vale la pena relevar que estudios de brechas de género a nivel mundial indican que las diferencias entre hombres y mujeres en matemáticas y ciencias se van incrementando a lo largo de la trayectoria escolar, alcanzando niveles más altos en secundaria y explicando las diferencias a nivel superior (UNESCO, 2019).

A nivel secundario, en Chile, las disparidades en la educación STEM se originan principalmente en la elección de electivos para la modalidad científico humanista (CH) y la elección de especialidades para la modalidad técnico profesional (TP). Los estudiantes de la modalidad científico humanista no tienen la opción de escoger directamente una modalidad STEM, sino que pueden optar por complementar su plan de estudios obligatorio con cursos avanzados especializados de ciencias y matemáticas. Alrededor de un 30% de los estudiantes científico-humanistas cursan asignaturas académicas avanzadas de STEM, de los cuáles un 49.4% son hombres y 50,6% son mujeres.

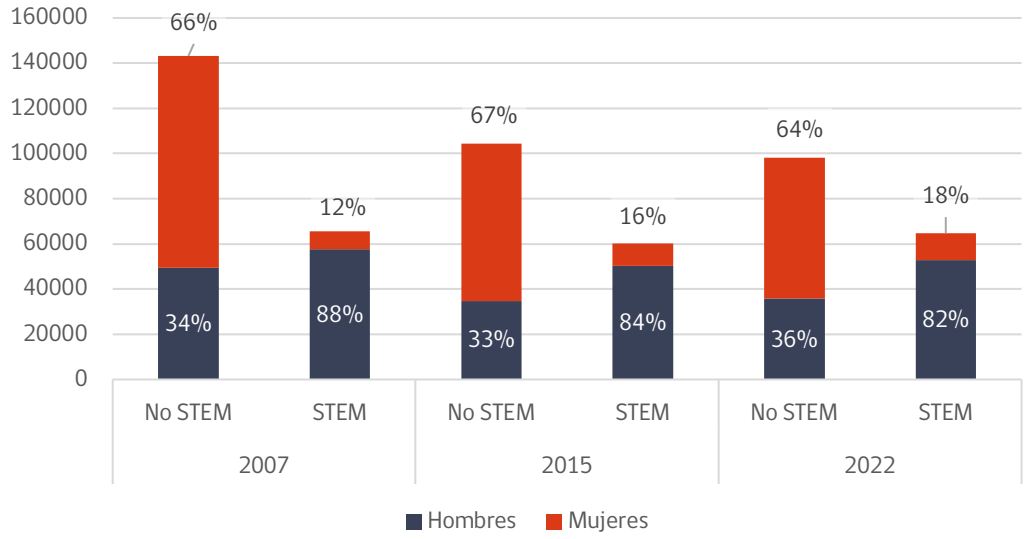
Por su parte, estudiantes STEM de la modalidad técnico profesional presentan otros desafíos. Los estudiantes TP a partir de tercero medio cursan ramos de formación general y ramos de formación diferenciada que corresponden a los módulos de cada

especialidad. En cada una de estas, el plan de estudio está diseñado en torno a las principales necesidades técnicas del sector específico de la especialidad y los estudiantes son preparados tanto para el primer empleo y como para continuar estudios posteriores. Así, en la educación técnica, los estudiantes pueden optar directamente por seguir una trayectoria STEM al escoger especialidades relacionadas con la rama industrial: sectores de construcción, metalmecánico, electricidad, minería, gráfica, químico, confección, tecnología y telecomunicaciones.[6]

El primer desafío de las ramas STEM al interior de la educación TP es que alumnos de esta modalidad no tienen al alcance cursos avanzados en materias de ciencias y matemáticas (Sevilla, Luengo & Aravena, 2023), a pesar de que algunas de las especialidades se relacionan directamente con estas materias. En segundo lugar, a diferencia de lo que ocurre en la modalidad CH (donde la mitad de los estudiantes que toman ramos avanzado en materias STEM son mujeres), existen importantes diferencias de género en las especialidades TP relacionadas a STEM. Entre los estudiantes que siguen la modalidad técnico profesional (TP)[7] un 40% escoge especialidades STEM que incluye programas del área de construcción, metalmecánico, electricidad, minería, química y tecnología y telecomunicaciones. En 2007, la proporción de alumnos que escogía STEM alcanzaba un 31%. Por otro lado, la elección de estas especialidades se da principalmente por hombres, quienes representan más del 80% de la matrícula en especialidades TP STEM (Figura 2). Estas diferencias repercuten tanto en el ingreso a la educación superior como en los salarios de quienes se gradúan de la modalidad TP e ingresan directamente al mercado laboral. Mientras el 46% de los hombres graduados en programas STEM-TP cursan estudios superiores en campos STEM, sólo el 23% de las mujeres lo hacen (Sevilla, 2021). Por su parte, las especialidades de la rama industrial (principalmente STEM)[8] perciben un premio salarial en el mercado laboral y la subrepresentación de mujeres en dichas áreas llevaría a un aumento de la desigualdad en el mercado laboral (Larrañaga et al., 2014).

6 En este estudio, STEM se compone de todos esos sectores a excepción de confección y gráfica.
7 El 2022 representan el 36% del total de la matrícula de 3° y 4° medio.
8 La rama industrial está compuesta por los sectores de construcción, metalmecánico, electricidad, minería, gráfica, químico, confección, tecnología y telecomunicaciones. En este estudio, STEM se compone de todos esos sectores a excepción de confección y gráfica.

Figura 2: Distribución de estudiantes TP, según STEM y género



Fuente: Elaboración propia utilizando la base de datos de matrícula educación media de Mineduc.
Nota: Se excluyó la modalidad de estudio de adultos.

STEM en la educación superior

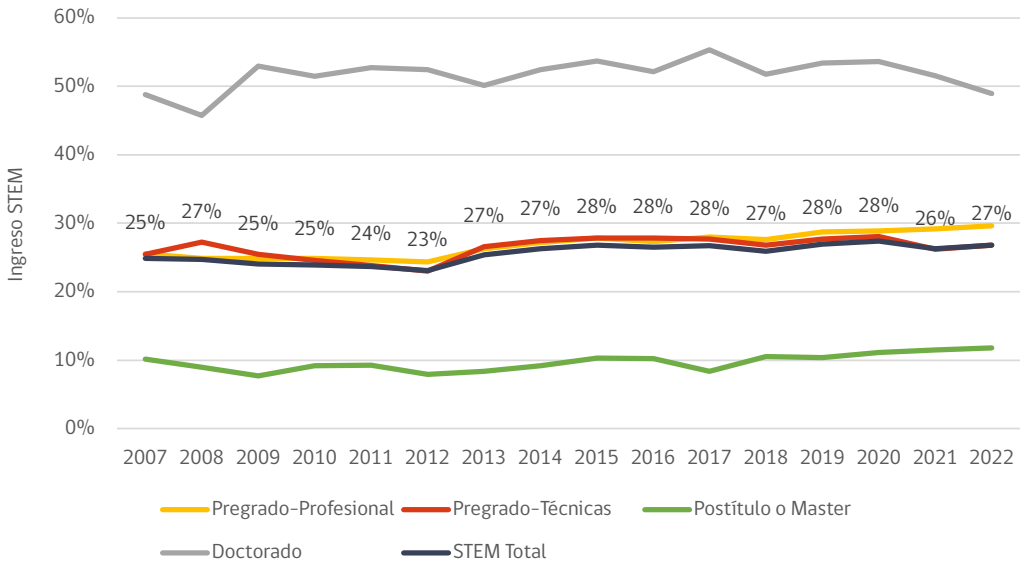
El ingreso a carreras STEM en la educación superior está determinado por el interés de los estudiantes, su autoeficacia en las áreas de ciencias y matemáticas, factores culturales (familiares, nivel socioeconómico y roles de género), experiencia extracurricular, el acercamiento a estas materias en niveles escolares previos a la educación superior, entre otros (Rodríguez & Medina, 2018).

A nivel superior, en este estudio se clasifican las carreras utilizando la categorización CINE-F definida el año 2013, la cual es utilizada por la OCDE desde el año 2016. De acuerdo a CINE-F al sistema de educación superior chileno, STEM se compone por las carreras del área de Ingeniería, industria y construcción; Tecnología de información y la comunicación; y Ciencias naturales, matemáticas y estadística. Se debe destacar que, utilizando la dicha categorización es amplia, existiendo una gran heterogeneidad en las carreras que componen STEM, ya sea por la institución que las imparte, los contenidos que se enseñan, calidad del programa, la duración de las carreras, entre otros. Así, la definición de STEM viene por el contenido de los cursos impartidos en cada carrera, no por las habilidades desarrolladas de los estudiantes.

En Chile, consistente con el aumento en la matrícula en la educación terciaria, el número de alumnos que ingresa a una carrera STEM ha aumentado en un 50% desde el año 2007

(de 63.5 mil alumnos a 95.4 mil el 2022). Sin embargo, la proporción de alumnos que ingresa a una carrera STEM se ha mantenido relativamente constante en los últimos 15 años. Al desagregar por nivel, doctorado (nacional) tiene la mayor proporción de estudiantes ingresando a STEM (49%), seguido por carreras profesionales en pregrado (30%) y carreras técnicas (27%). La proporción de STEM en Magister o postítulo es el más bajo, con un 12% del ingreso (Figura 3).

Figura 3: Porcentaje de estudiantes que ingresa a una carrera STEM



Fuente: Elaboración propia a partir de bases de datos de matrícula Mineduc.

El ingreso a STEM está compuesto principalmente por estudiantes en carreras de ingeniería, industria y construcción, con más de dos tercios de los estudiantes STEM matriculándose en esta área.[9] Sin embargo, la distribución según subárea STEM es distinta para pregrado y postgrado (Figura 4). En los niveles de postgrado (postítulo,

9 El subárea de ingeniería, industria y construcción incluye todas las carreras de ingeniería civil y sus menciones (nivel profesional); técnicos en arte y arquitectura; carreras técnicas en electromecánica, topografía, minería, agroindustria, electrónica, telecomunicaciones, en alimentos, tecnología, mecánica industrial, biotecnología industrial, construcción y obras civiles, dibujo técnico, proyectos de ingeniería, energía, medioambiente (control y gestión), metalurgia, diseño industrial, electricidad, instrumentación, automatización y control industrial, procesos industriales, matricería, refrigeración y climatización, industria forestal o de la madera, proyecto y diseño mecánico y mantenimiento industrial; profesionales en química industrial; profesionales en construcción civil, paisajismo, arquitectura, diseño industrial, diseño de áreas verdes; licenciaturas en tecnología. A nivel postgrado incluye el Doctorado en arte y arquitectura, Doctorado en tecnología, Magíster en tecnología y el Postítulo en arte y arquitectura y en tecnología.

magister y doctorado) ingeniería, industria y construcción representa una baja proporción del ingreso a la educación superior (27% para magíster y postítulo y 44% para el caso de doctorado). En estos niveles (postgrado), el ingreso a carreras de ciencias, matemáticas y estadística predomina (Figura 6). En contraste, el ingreso a carreras de esta área a nivel de pregrado es muy bajo, especialmente para carreras técnicas (2% el 2022).

A nivel agregado, la tasa de nuevos entrantes a carreras STEM en Chile está en línea con el promedio OCDE[10] (Figura 5). Sin embargo, a nivel desagregado se constatan diferencias.[11] Al segmentar por nivel de educación superior, en los niveles técnico profesional, pregrado y doctorado, las tasas de entrada superan el promedio OCDE.[12] En contraste, a nivel de magíster Chile se ubica como el segundo país OCDE con tasa de ingreso más baja en áreas de estudio STEM,[13] dando cuentas de un rezago del país en cuanto a la generación de capital humano avanzado en la disciplina. Por su parte, cabe destacar que Chile es el segundo país OCDE con mayor tasa de ingreso para las carreras de la subárea de ingeniería, fabricación y construcción y se sitúa como el país con menor proporción de entrada al campo de ciencias naturales, matemáticas y estadística. En cuanto al ingreso de carreras TIC, cuenta con una proporción de entrada a estas carreras por debajo del promedio OCDE.[14]

Por otro lado, las mujeres representan alrededor de un 20% del total de ingreso a carreras STEM y están particularmente subrepresentadas en el área TIC y carreras técnicas. Si bien este fenómeno ocurre a nivel mundial (el promedio en la OCDE asciende a un 35,5%), Chile se ubica como el segundo país OCDE con menor representación femenina en el ingreso a la educación superior, sólo tras de Japón.[15] Según UNESCO (2021), este fenómeno se explica por diversos motivos, entre los cuáles se encuentran componentes sociales, políticos y pedagógicos que promuevan el interés y permanencia de mujeres en estas disciplinas a nivel escolar, formación de docentes con enfoque de género, aspectos culturales, habilidades personales y autopercepción de las estudiantes en su desempeño en áreas STEM, entre otros. Por otro lado, existe heterogeneidad en la participación femenina según nivel, estando particularmente subrepresentadas carreras técnicas con solo

10 Según los datos proporcionados en OECD Education at a Glance 2022, que contienen información para el 2020. Según esta fuente de información, el ingreso a STEM corresponde a un 28,1% y el promedio OCDE a un 27.1%.
11 Ver Anexo 1: Entrantes a áreas de estudio STEM en países OCDE según nivel educativo.
12 Ibid.
13 Destacando incluso la tasa a nivel doctorados como la tercera mejor entre los países OCDE, con un altísimo nivel de entrada a los campos de Ciencias Naturales, Matemáticas y Estadísticas. Ver Anexo 1: Entrantes a áreas de estudio STEM en países OCDE, según nivel educativo para más detalle.
14 Ver Anexo 2: Entrantes según subárea STEM en países OCDE.
15 Ver Anexo 3: Distribución de género en las áreas de estudio STEM.

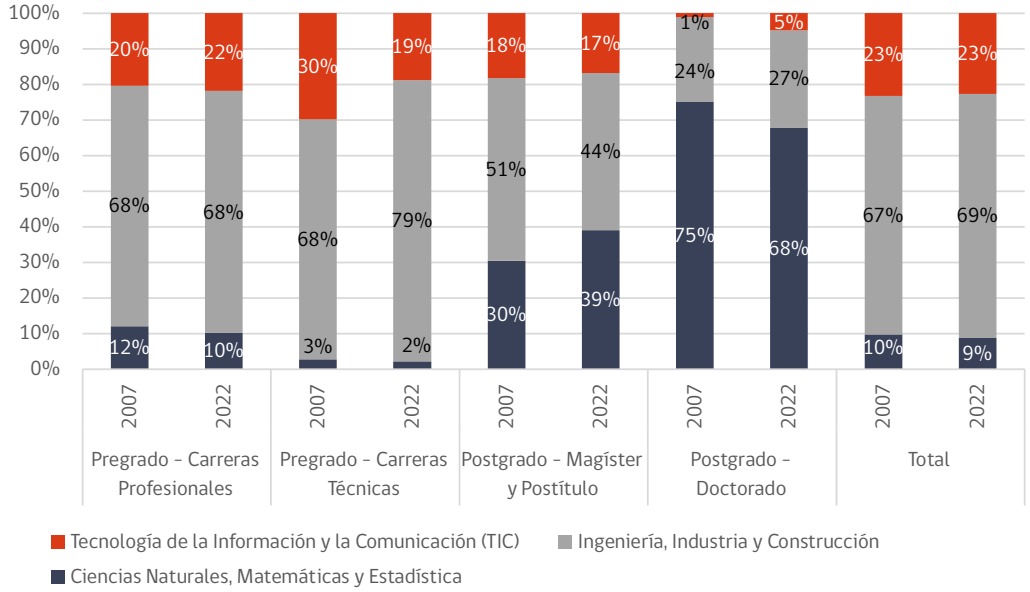
un 12% del ingreso a STEM.[16] Además, existe variabilidad en la subrepresentación de mujeres también por disciplina. Destaca la baja representatividad de mujeres en TIC e ingeniería, industria y construcción (Figura 6), con una participación del 13% y 18%, respectivamente. Es más, al comparar con países de la OCDE, Chile es el segundo país con menor tasa de mujeres entrantes en estas subáreas.[17]

En cuanto a la oferta de carreras STEM, ha habido un aumento de la cantidad de carreras ofrecidas a nivel superior. El número de carreras[18] en la disciplina ha aumentado un 54% del 2007 al 2022, principalmente por un incremento de la oferta por parte de los Institutos de Formación Profesional (IPs) que casi duplicaron su número de programas en el período analizado (Tabla 1).

Por su parte, el número de carreras acreditadas STEM se ha duplicado en los últimos 15 años, por un incremento abrupto en CFTs (de 0 a 85 carreras) e IPs (de 16 a 103 carreras). Sin embargo, ha habido un aumento generalizado de la acreditación en todas las áreas. De hecho, del total de carreras acreditadas el 2007, las carreras STEM representan un 35%, proporción que empeora el 2022 a un 30%. Por otro lado, al analizar la matrícula de estudiantes a STEM, el 2007 el 20% de los estudiantes que ingresó a una carrera STEM se matriculó en una carrera acreditada. Esta proporción disminuyó a un 17% el año 2022, principalmente por una caída en la proporción de matrícula en carreras acreditadas STEM en universidades, que cayó de un 31% a un 27% (Tabla 1).

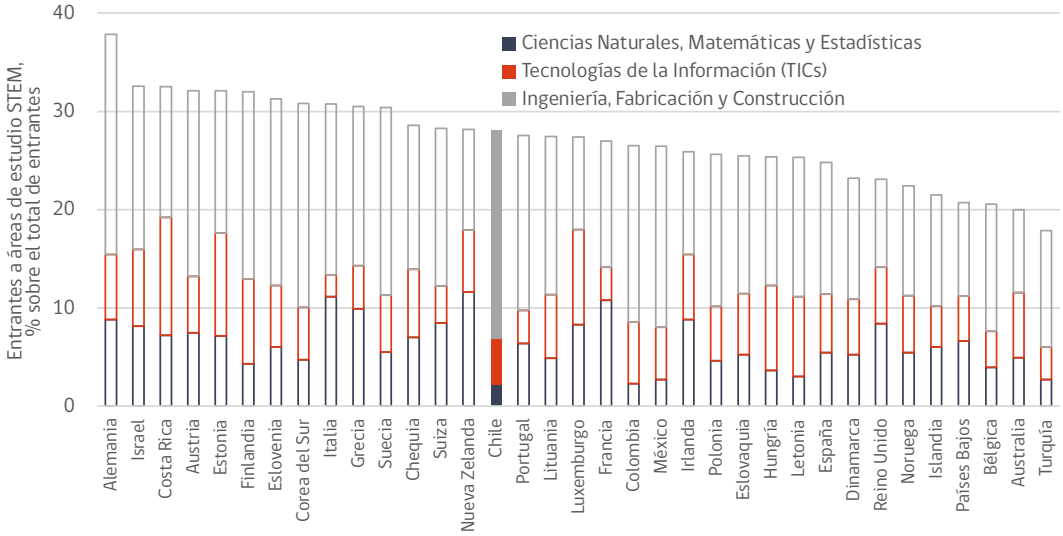
16 Anexo 5: Proporción de mujeres en STEM por tipo de carrera.
17 Ver Anexo 4: Entrada de mujeres según subárea STEM en países OCDE.
18 Una Carrera se define por ser impartida en la misma institución considerando institución, sede, tener el mismo nombre de carrera, la misma jornada y versión. El 2007 se cuentan un total de 6.857 carreras, mientras que el 2022 hay un total de 9.867.

Figura 4: Distribución de estudiantes según sub-área STEM y nivel carrera



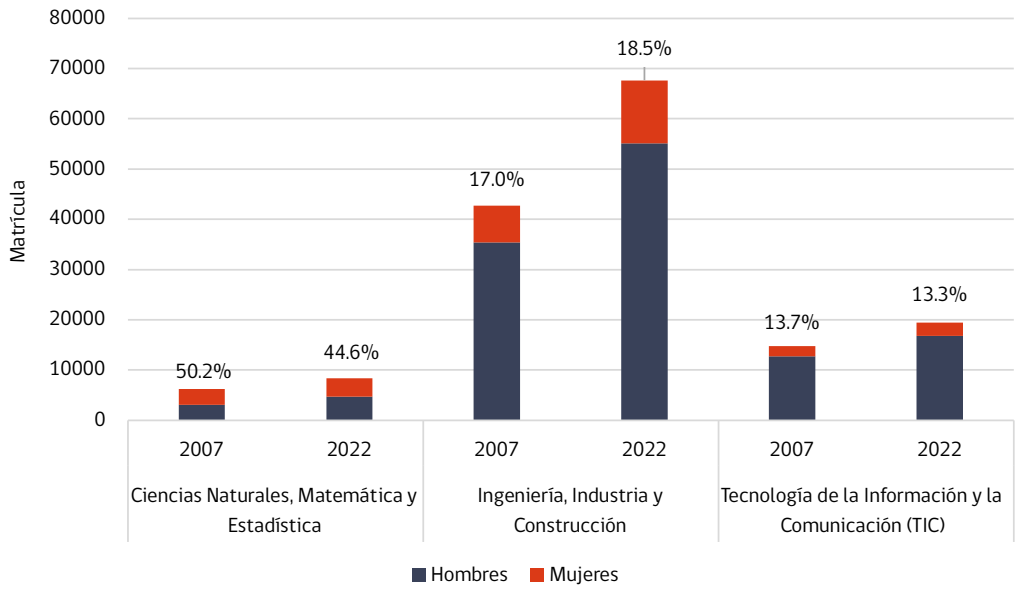
Fuente: Elaboración propia a partir de bases de datos de matrícula Mineduc.

Figura 5: Entrantes a áreas de estudio STEM según país OCDE, 2020



Fuente: Elaboración propia con base en OCDE Education at a Glance 2022.

Figura 6: Distribución de estudiantes según sub-área STEM y género



Fuente: Elaboración propia a partir de bases de datos de matrícula Mineduc

Tabla 1: Oferta de carreras STEM

	Oferta de carreras STEM	Centros de Formación Técnica	Institutos Profesionales	Universidades	Total
2007	Carreras STEM	401	398	1,036	1835
	Total acreditadas	5	30	767	802
	Acreditadas STEM	0	16	263	279
	Matrícula a carreras acreditadas STEM/Total ingreso STEM	0%	9%	31%	20%
2022	Carreras STEM	557	974	1,287	2818
	Total acreditadas	204	242	1525	1971
	Acreditadas STEM	85	103	389	577
	Matrícula a carreras acreditadas STEM/Total ingreso STEM	18%	11%	23%	17%

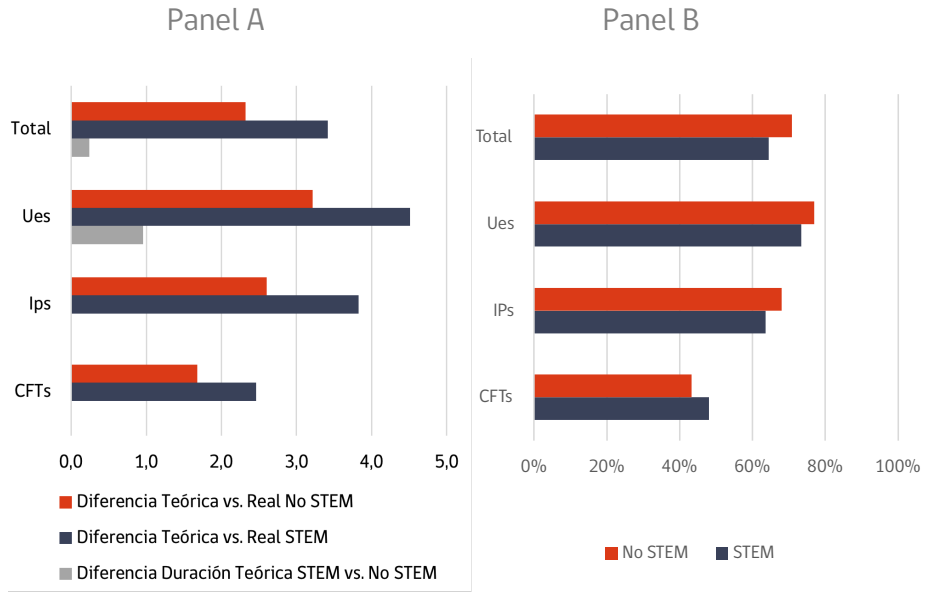
Fuente: Elaboración propia a partir de bases de datos de matrícula Mineduc.

Un aspecto relevante es que quienes cursan una carrera STEM tienden a estudiar más tiempo que los que cursan programas en otras áreas. Si bien la duración teórica de las carreras STEM no se diferencia significativamente de la de carreras no STEM (7.4 semestres para carreras STEM y 7.1 para carreras no STEM), en la práctica quienes estudian una carrera en la disciplina tardan 10.8 semestres en terminar la carrera, más de un año y medio por sobre la duración teórica. En contraste, quienes estudian una carrera no STEM

les toma 9.5 semestres terminar la carrera, un año sobre la duración teórica (Figura 7, panel A). La diferencia entre duración teórica y real STEM es distinta según el tipo de institución, siendo las Universidades las que presentan mayores diferencias, llegando a superar los 4 semestres de adición. Por otro lado, la retención de carreras STEM es menor que carreras no STEM: Un 36% de los estudiantes que ingresa a un programa STEM abandona la carrera al segundo año, mientras que esta cifra es de un 29% para quienes ingresan a carreras no STEM.

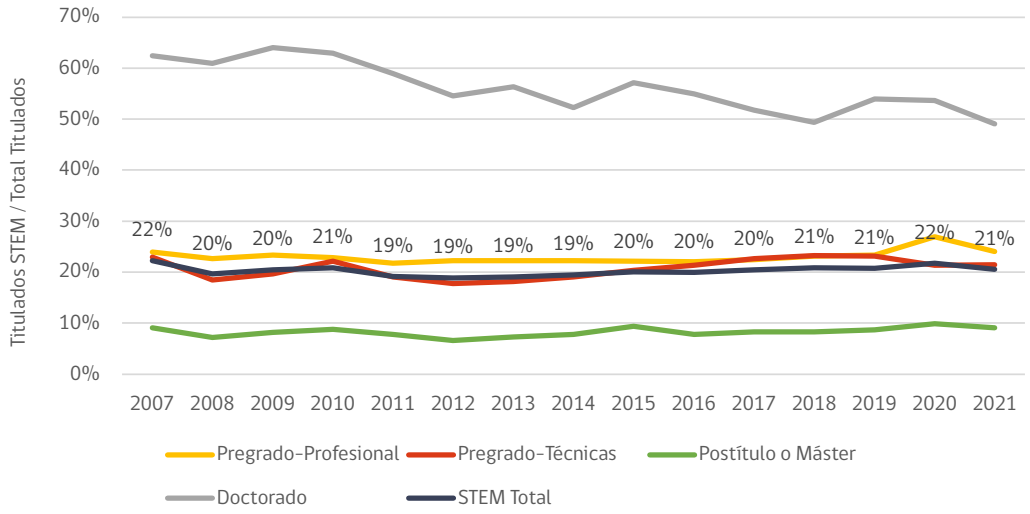
Ambas características pueden explicar la baja proporción de titulados en carreras STEM en comparación a los porcentajes de ingreso a la educación superior. La proporción de estudiantes que se titula a una carrera STEM se ha mantenido relativamente constante en los últimos 15 años, cercano al 21% (Figura 8). Esta proporción es menor que el porcentaje de alumnos que ingresa a una carrera STEM (27%, ver Figura 3) y se sitúa por debajo del promedio OCDE (Figura 9). Al diferenciar por niveles educativos se observa que la tasa para nivel técnico profesional y máster es menor que el promedio OCDE, mientras que para nivel pregrado y doctorados es mayor.

Figura 7: Duración carreras y retención



Fuente: Elaboración propia a partir de bases de datos Mifuturo.cl 2021-22. Nota: la retención se calcula sobre la cohorte de ingreso del 2019.

Figura 8: Porcentaje de estudiantes que se titula de una carrera STEM



Fuente: Elaboración propia a partir de bases de datos de titulados Mineduc.

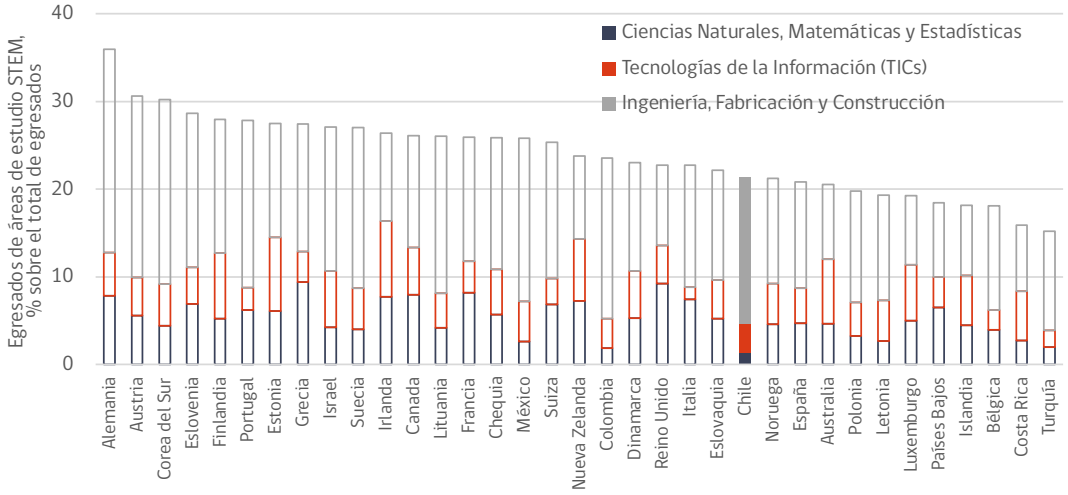
Otra diferencia con las estadísticas de ingreso es que cerca de un 80% de los titulados STEM se gradúan de un programa de ingeniería, industria y construcción (en ingreso a la educación superior corresponde a un 69%). Esta proporción ha aumentado en el tiempo, de un 73% el 2007 a un 79% el 2022 (Figura 10). En la comparación internacional, si bien Chile ostenta la segunda mayor tasa de entrantes en la subárea de Ingeniería, Construcción y Fabricación, cae al décimo puesto en cuanto a egresados en ese campo.[19] Por su parte, titulados de TIC en Chile disminuyeron de un 22% a un 14% y los de ciencias, matemáticas y estadística de un 9% a un 7% (Figura 10). Al comparar con países OCDE, para la subárea de ciencias naturales, matemáticas y estadísticas, Chile presenta la menor tasa de egreso en esta área (Figura 9), ubicándose en la última posición con incluso una tasa menor que la de ingreso.[20] En la subárea TIC, Chile presenta tasas de egreso menores que la mayoría de los países OCDE (Figura 9).[21]

Además, las mujeres representan alrededor de un 20% del total de titulados STEM, proporción que ha bajado respecto de 2007 (23%). Con ello, Chile se ubica dentro de los

19 Ver Anexo 7: Egresados según subárea de estudio STEM en países OCDE, 2020.
20 Ver Anexo 7: Egresados según subárea de estudio STEM en países OCDE, 2020.
21 Ibid.

países OCDE con menor proporción de mujeres egresadas de estas disciplinas.[22] Las mujeres, al igual que en las estadísticas de ingreso están particularmente subrepresentadas en las subáreas de ingeniería, industria y construcción (19%) y en TICs (12%). Así también, en carreras de nivel técnico (12%).[23] En comparación con los países OCDE, Chile se ubica tercero entre las menores tasas de egreso de mujeres en Ingenierías y TICs y segundo en la subárea de ciencias, matemáticas y estadísticas.[24]

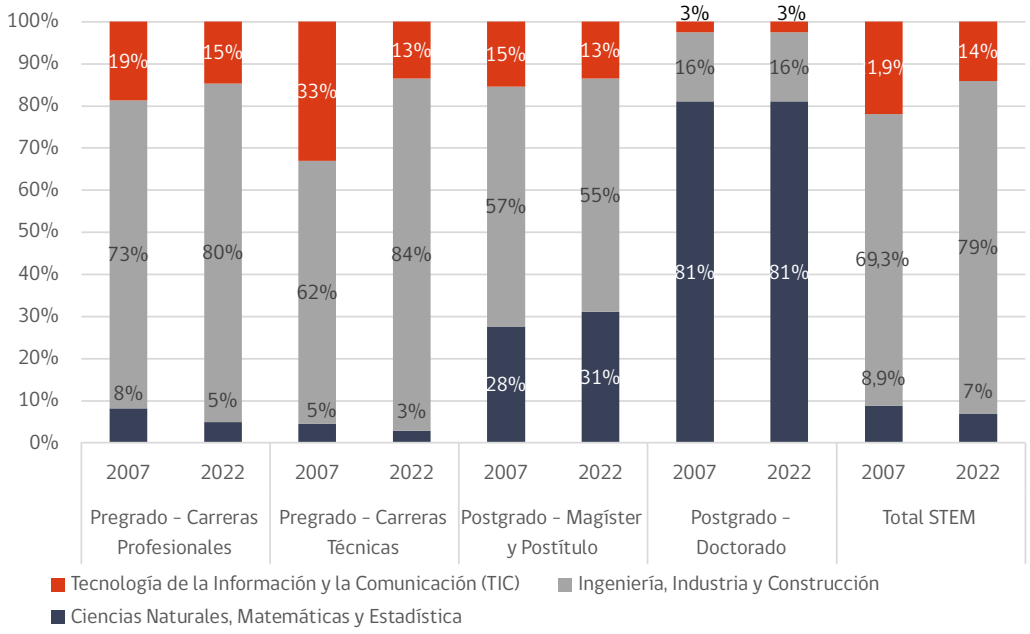
Figura 9: Egresados de áreas de estudio STEM según país OCDE, 2020



Fuente: Elaboración propia con base en OCDE Education at a Glance.

22 Ver Anexo 3: Distribución de género en las áreas de estudio STEM. Nota: Si bien Chile se ubica en el último puesto en participación de mujeres en los egresados, la falta de información sobre egreso en Japón para todas las subáreas no permite concluir que Chile sea el con menor tasa. Para el caso entrantes, Japón es el país que tiene la menor tasa de ingreso de mujeres.
23 Ver Anexo 8: Proporción de mujeres según subárea STEM y por tipo de carrera.
24 Ver Anexo 9: Egreso de mujeres según subárea STEM en países OCDE, ed. terciaria.

Figura 10: Distribución de estudiantes que se titulan de una carrera STEM



Fuente: Elaboración propia a partir de bases de datos de titulación Mineduc.

Mercado laboral

Uno de los motivos por los cuales propiciar la educación STEM, tanto a nivel escolar como superior, es promocionar trayectorias laborales oportunas para los individuos que se desenvuelven en un mercado laboral cambiante y cada vez más tecnológico. De esta forma, es necesario identificar si las trayectorias STEM representan una mejora laboral respecto de otras áreas de estudio. A nivel internacional, si bien existen estimaciones que dan cuenta del potencial aumento de la demanda por habilidades STEM en las próximas décadas (Carnevale et al., 2011; Shapiro et al., 2015; Cedefop, 2018), algunos autores indican que existe una amplia heterogeneidad dentro del área STEM, lo que implicaría un exceso de algunas habilidades y escasez en otras (Xue & Larson, 2015). En complemento, un estudio reciente sugiere que los premios por STEM difieren a lo largo de los países OCDE (Even et al., 2023). Un mayor premio a STEM podría explicarse por dos motivos, ya sea por una escasez relativa de estas habilidades debido a una baja proporción de trabajadores en STEM, o bien a una alta demanda a consecuencia de que el país se encuentre en un proceso tecnológico avanzado que requiera dichas habilidades (donde se podría observar una prima salarial a STEM en conjunto con una alta proporción de trabajadores en dicha área). En ambos casos, una prima STEM relativamente alta podría sugerir que inversiones adicionales en trabajadores STEM tendrían un mayor retorno (Even et al., 2023).

La información disponible para Chile permite identificar las diferencias salariales de quienes cursan una carrera STEM a nivel de educación superior y quienes estudiaron otras áreas de estudio. Si bien, los datos disponibles no permiten comparar estos retornos con otros países, una primera aproximación a los retornos de la educación STEM en el país provee información sobre el mercado laboral y la demanda de estas carreras.

Con este motivo, una fuente de información corresponde al salario promedio de titulados por carrera, lo cual permite comparar hasta 5 años después del egreso el ingreso medio para carreras STEM y no STEM.[25] En general, titulados de carreras STEM perciben salarios relativamente más altos y tienen mayor empleabilidad. En efecto, se observa un premio salarial para carreras STEM de alrededor de un 22% al primer año de egreso, en comparación con carreras de otras disciplinas, prima que va aumentando hasta alcanzar un 35% al quinto año (Figura 11, panel A). Por su parte, los individuos con carreras en las distintas subáreas STEM perciben un salario similar y por encima a carreras no STEM (Figura 11 panel B). Al desagregar por tipo de institución se observan importantes diferencias salariales (Figura 12). Egresados de áreas de ciencias, matemáticas y estadísticas en CFTs tienen una prima de un 12% respecto a las áreas no STEM, mientras que en IPS y en universidades esta diferencia salarial asciende a un 30% y 17%, respectivamente. A la vez, se encuentra que en instituciones técnicas destacan los salarios de titulados de carreras TICs respecto a otras subáreas STEM. Mientras, titulados de Universidades de las áreas de ingeniería, industria y construcción son los que perciben el mayor salario.[26] Los egresados de las carreras STEM también tienen mejor empleabilidad al primer y segundo año post titulación, independiente del tipo de institución de egreso y de la subárea STEM (Figura 12).

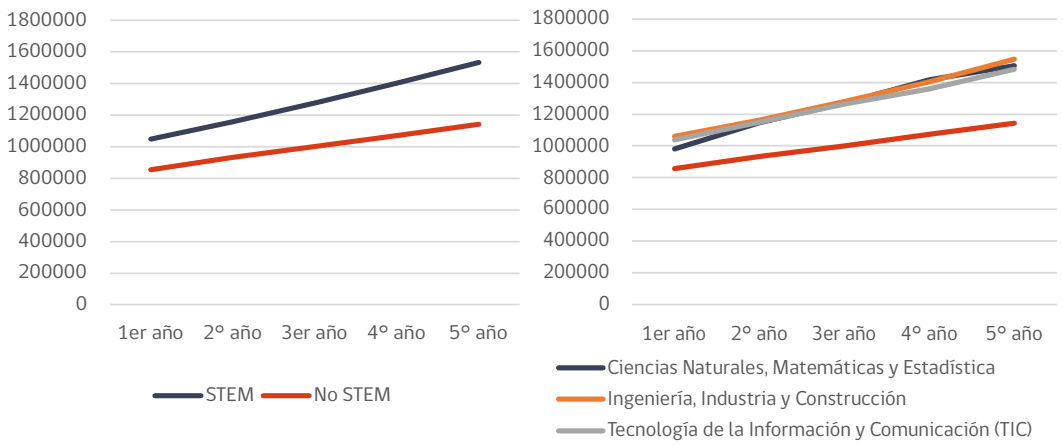
El análisis previo corresponde a una diferencia simple del ingreso promedio por tipo de carrera, por lo que no permite analizar, condicional a otras variables, cuál es el premio que recibe una persona que cursó una carrera STEM en la educación superior. De esta forma, un análisis más exhaustivo consiste en comparar la prima salarial STEM considerando toda la población mayor de 25 años y controlando por variables relevantes que explican el salario por hora. La base de datos CASEN 2022 permite identificar el área de

---

25 Los ingresos promedio que se muestran en valores actualizados a pesos de septiembre de 2022. Los ingresos al 5° año después de su titulación corresponden al promedio de los ingresos percibidos por las cohortes de titulados 2014, 2015 y 2016. Los ingresos al 4° año después de su titulación corresponden al promedio de los ingresos percibidos por las cohortes de titulados 2015, 2016 y 2017. Los ingresos al 3er año después de su titulación corresponden al promedio de ingresos percibidos por las cohortes de titulados 2016, 2017 y 2018. Los ingresos al 2° año después de su titulación corresponden al promedio de ingresos percibidos por las cohortes de titulados 2017, 2018 y 2019. Los ingresos al 1er año después de su titulación corresponden al promedio de ingresos percibidos por las cohortes de titulados 2018, 2019 y 2020. Los años de ingresos corresponden a los años 2019, 2020 y 2021 respectivamente para cada cohorte considerada.
26 Ver Anexo 10: Ingreso promedio mensual al quinto año de egreso ($2022).

estudios superiores de los individuos contenidos en la encuesta. Vale la pena relevar que en dichos datos se observa que, del total de la población entre 25 y 64 años, un 29% de la población con estudios superiores cursó una carrera del área STEM, superando el promedio entre los países OCDE que asciende a 26%.[27]

Figura 11: Ingreso promedio bruto mensual ($2022)

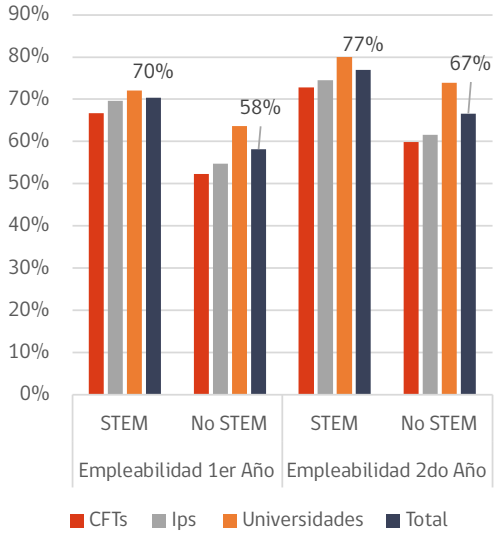


Fuente: Elaboración propia a partir de bases de datos Mifuturo.cl años 2022-23.

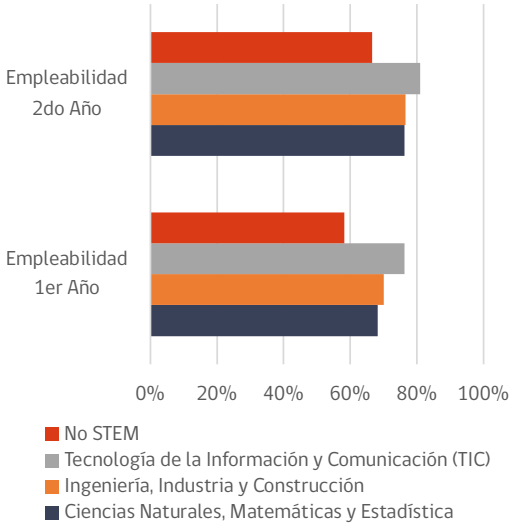
27 Ver Anexo 11: Población con estudios terciarios STEM en países OCDE.

Figura 12: Empleabilidad al primer y segundo año de egreso

Panel A: Por Institución



Panel B: Por subárea STEM



Fuente: Elaboración propia a partir de bases de datos Mifuturo.cl años 2022-23. Nota: Para el cálculo de la empleabilidad de 1er año se consideraron las cohortes 2018, 2019 y 2020, mientras que para la de 2° año las cohortes 2017, 2018 y 2019.

A través de una regresión econométrica de Mincer (1974) y controlando por otras variables que son relevantes para explicar el salario,[28] se estimó el coeficiente asociado a una variable dicotómica que toma el valor 1 para quienes estudiaron STEM y 0 para quienes cursaron otra área de estudios. De esta forma, considerando a todos los empleados mayores de 25 años, en promedio, individuos similares en variables sociodemográficas, educación, experiencia, industria y ocupación que estudiaron STEM perciben un salario por hora un 7% mayor a quienes estudiaron carreras de otras áreas (Tabla 2). Los retornos al área STEM son mayores para las cohortes más jóvenes, para quienes la prima por STEM es de estudiar un 8% (adultos entre 25 y 44 años), mientras que para la cohorte entre 44 y 65 años la prima no es significativa.

28 La clásica ecuación minceriana corresponde a: $\mathrm{Ln}(Y_i) = \alpha + \beta S_i + \gamma_1 EXP_i + \gamma_2 EXP_i^2$, donde Y corresponde al salario por hora, S a los años de escolaridad, exp a la experiencia y exp2 a la experiencia al cuadrado (Patrinos & Psacharopoulos, 2020). A la ecuación se agregan otras variables que son relevantes para explicar el salario por hora en Chile, incluyendo género, zona urbana, migrante, efectos fijos por industria y ocupación, efectos fijos por institución de educación superior y efectos fijos por región.

Tabla 2: Premio salarial STEM sobre no STEM (en porcentaje)

Variable	Mayores de 25	Adultos 25-44 años	Adultos 45-64 años
STEM	0.067***	0.082***	0.0287
Años de escolaridad	0.098***	0.103***	0.093***
Experiencia	0.028***	0.040***	0.051***
Experiencia2	-0.0004***	-0.0009***	-0.0008***
Hombre	0.124***	0.111***	0.150***
Urbano	0.061***	0.071***	0.051**
Migrante	-0.101***	-0.102***	-0.118**
Efecto fijo por industria	Si	Si	Si
Efecto fijo por ocupación	Si	Si	Si
Efecto fijo por institución ES	Si	Si	Si
Efecto fijo por región	Si	Si	Si
Observaciones	24147	16538	7609
R2 ajustado	0.398	0.387	0.417

Fuente: CASEN 2022. Notas: (1) * p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.001. (2) Solo se estima la regresión para personas empleadas. (3) El salario por hora corresponde al salario de la ocupación principal dividido por el número de horas de la ocupación principal.

Por otro lado, a diferencia de la comparación de ingreso al quinto año de egreso,[29] no existen diferencias significativas en el ingreso promedio entre las distintas subáreas STEM. En promedio, los mayores de 25 años con un grado de ingeniería, industria y construcción perciben un salario de 1.28 millones de pesos, mientras que los de ciencias, matemáticas y estadística y TICs de 1.29 millones y 1.21 millones respectivamente (Figura 13, panel A). Sin embargo, estas diferencias no son estadísticamente significativas.[30] En el caso de adultos mayores de 44 años, el salario promedio es mayor para quienes tienen un grado en ingeniería, industria y construcción, y para quienes estudiaron ciencias, matemáticas y estadística (Figura 13, panel A). La baja rentabilidad TIC para este grupo etario podría deberse a que el tipo de enseñanza que adquirieron en esta materia se encuentra desactualizada respecto a las demandas actuales del mercado laboral.

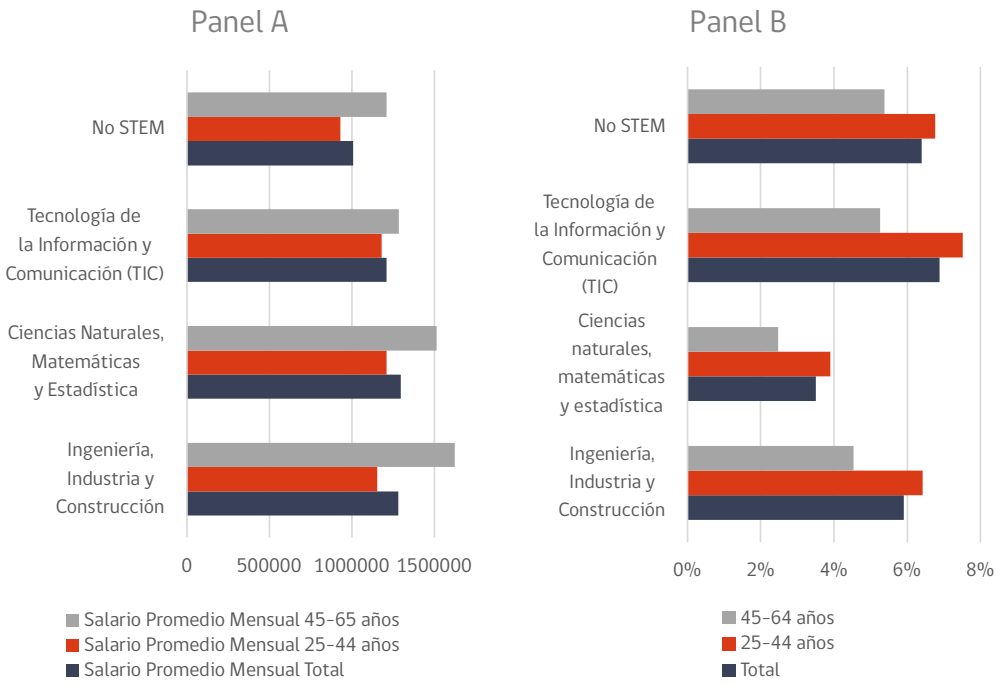
Respecto a la empleabilidad, no hay diferencias en las tasas de desempleo entre quienes siguieron una trayectoria STEM (6%) versus no STEM (6%). Sin embargo, la subárea de

29 Datos de Mifuturo.cl

30 Se realizó un test de medias del salario por hora para cada una de las subáreas STEM y no se encontraron diferencias significativas entre ellas.

ciencias, matemáticas y estadística presenta menor desempleo que el resto de las subáreas STEM, para todos los grupos etarios analizados (Figura 13, panel B).

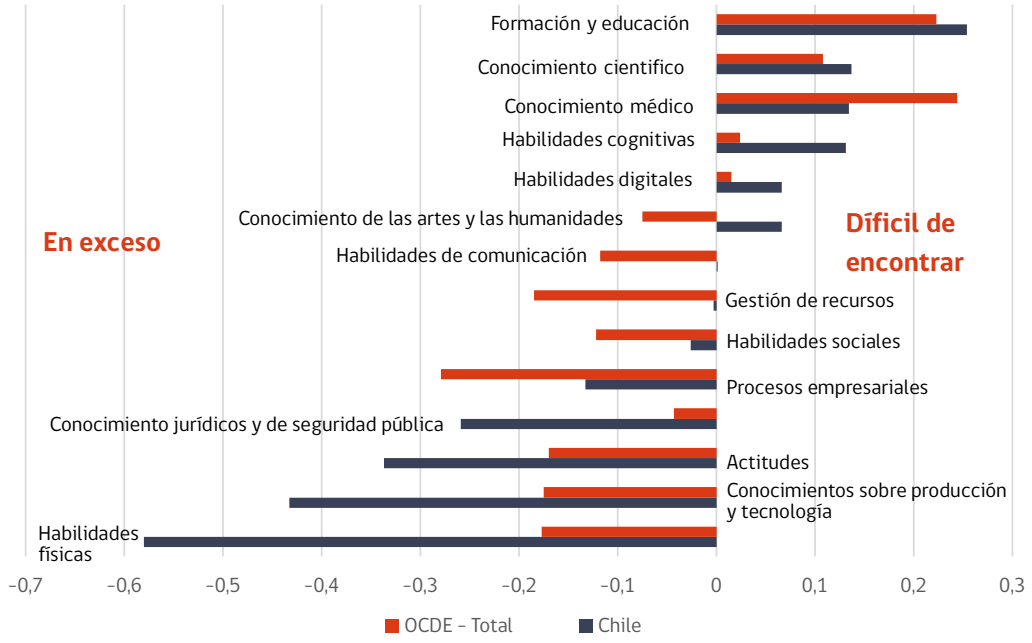
Figura 13: Ingreso y desempleo por área de estudio



Fuente: Elaboración propia a partir de CASEN 2022.

Ahora bien, tal y como se menciona en la literatura, STEM está compuesto por diferentes carreras que requieren diversas habilidades, de las cuáles algunas son más demandadas en el mercado laboral. Para el caso de Chile, no se cuenta con la información detallada de qué habilidades STEM son particularmente escasas y cuáles no. No obstante, la base de datos *Skills for Jobs* de la OCDE permite identificar, de todas las competencias, cuáles son difíciles de encontrar y cuáles están en exceso condicional a las dinámicas del mercado laboral del país (OCDE, 2022). De acuerdo con esta información, en Chile, hay escasez de las habilidades digitales, cognitivas y conocimiento científico. En los países OCDE estas habilidades también son escasas, pero son menos difícil de encontrar que en Chile (Figura 14).

Figura 14: Escasez de habilidades, Chile vs OCDE



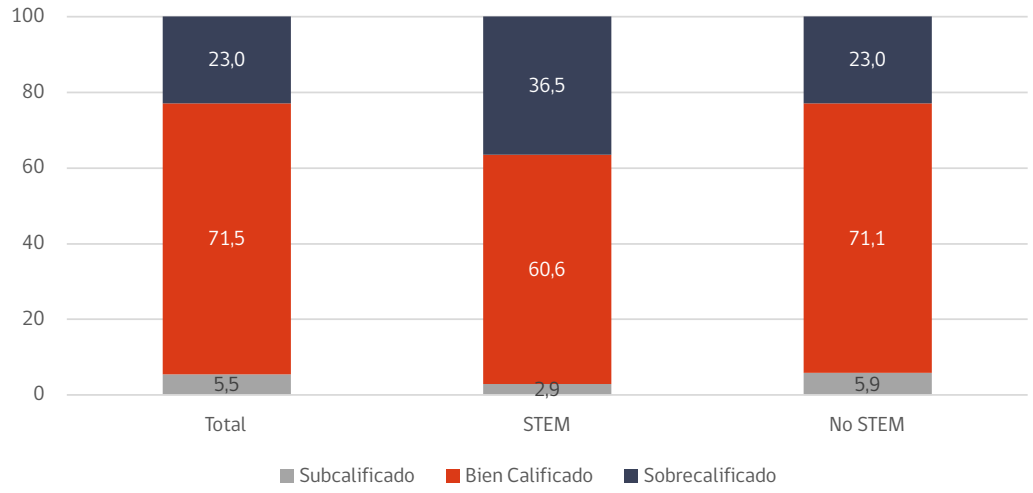
Fuente: Elaboración propia a partir de Skills for Jobs database, OCDE.

Por último, el enfoque sobre las habilidades tiene también relación con la importancia de que la oferta STEM (media técnica, superior, capacitación) esté en línea con las necesidades del mercado laboral. Existe evidencia de que, por ejemplo, egresados de carreras STEM tienden a estar más sobrecalificados en habilidades numéricas que quienes estudiaron otras áreas, es decir, tienen mayores habilidades numéricas que el promedio de los trabajadores de su ocupación (Figura 15). Sevilla y Farías (2020) muestran evidencia además de que graduados técnicos de educación superior en áreas STEM presentan mayores niveles de desajuste en habilidades numéricas (30% está sobre calificado) que sus pares universitarios (25% está sobre calificado). Los autores plantean que esta sobre calificación se explica porque en el área STEM los avances tecnológicos pueden incorporarse al sistema educativo de forma más rápida que al mercado laboral, aumentando la oferta de cualificaciones por sobre su nivel de demanda. De esta forma, según los autores se levanta la necesidad imperante de diseñar e implementar estrategias que mejoren la adecuación entre el sistema educativo y las necesidades del mercado laboral.

Para finalizar, se releva la importancia de investigar más en profundidad sobre las habilidades STEM que son y serán más demandadas en el mercado laboral. En este capítulo, el alcance de los datos no permite realizar lo anterior. En tanto, el análisis cuantitativo a

nivel escolar, superior y laboral se centra en las definiciones de STEM que se tiene para cada uno de estos niveles (centrado principalmente en la clasificación de carreras que componen el área STEM). Estas definiciones no permiten hacer un análisis de las competencias STEM que son relevantes para el mercado laboral actual, y que trascienden a todo tipo de carreras. Así, la formación laboral de individuos con trayectorias oportunas para los avances tecnológicos del mercado laboral no solo deben centrarse en la promoción de las carreras que componen STEM, sino también en una formación a nivel escolar, superior y de capacitación que permita a los trabajadores adquirir las habilidades necesarias para desenvolverse adecuadamente en un contexto de constante cambio. La medición de estas habilidades son cruciales para la elaboración de política pública en esta materia.

Figura 15: Mismatch de habilidades numéricas



Fuente: PIAAC (2015). Notas: El mismatch de habilidades numéricas se mide estimando la distribución de los niveles de las habilidades numéricas para cada ocupación. Si el individuo tiene más de 1 desviación estándar está sobre-calificado y si está 1 desviación estándar debajo está sub-calificado.

Desarrollo de políticas de educación STEM en Chile y comparativa internacional

El presente capítulo busca describir las políticas o iniciativas enfocadas en formación STEM en Chile para hacer un diagnóstico de su alcance y compararlas con iniciativas de países referentes en esta materia. Las iniciativas aquí descritas fueron recabadas a través de conversaciones con más de 20 expertos en educación STEM, así como a través de

revisiones de literatura, buscando entregar nociones acerca del tipo de iniciativas que están ocurriendo en el país, su alcance y quiénes son sus ejecutores.

Detalle de iniciativas de formación STEM en Chile

Para facilitar su comprensión, las iniciativas aquí presentadas se clasifican por nivel educacional y laboral, contando con ejemplos enfocados en educación primaria y secundaria, educación terciaria y mercado del trabajo.[31]

Educación Primaria y/o Secundaria

La gran mayoría de las iniciativas STEM en Chile se enfocan en la educación primaria y/o secundaria. Este nivel de intervención es relevante porque los niños están expuestos a oportunidades de aprender ciencias y matemáticas desde la infancia, incluyendo durante la educación y los cuidados de la primera infancia (Kermani and Aldemir, 2015; Lee et al., 2011) y el aprendizaje de ciencias y matemáticas está incorporado en los planes de estudios a nivel mundial. Por otro lado, si bien se espera que todos los niños tengan acceso a igualdad de oportunidades de instrucción y juegos didácticos en educación primaria (UNESCO, 2017), estudios han revelado un acceso diferenciado que favorece a los varones (Fleer, 1990; Simpson and Linder, 2016). Dado que las experiencias educacionales tempranas tienen un efecto positivo en la elección futura de cursos de matemáticas y ciencias, así como en las aspiraciones profesionales (Alexander et al., 2012; Kermani and Aldemir, 2015; Lee et al., 2011; Maltese and Tai, 2010), dicha brecha en participación en disciplinas STEM se hace aún más evidente en educación secundaria cuando comienza la especialización y los estudiantes deciden qué materia estudiar (Kolmos et al., 2013; Spearman and Watt, 2013). Asimismo, la matrícula terciaria depende, entre otras razones, del acercamiento y conocimientos del campo en la educación escolar (Deloitte, 2016; Rodríguez & Medina, 2018).

Esta investigación indica que existe una amplia diversidad de programas a nivel escolar, que se diferencian por sus objetivos, beneficiarios, quienes las desarrollan (agentes públicos o privados), entre otros. En cuanto a los objetivos, dentro de los programas de educación primaria y secundaria, algunos de ellos se enfocan principalmente en entregar competencias STEM a todos los estudiantes bajo el marco de las 'habilidades del siglo XXI', mientras que otros tienen como objetivo estimular la vocación científica e incentivar que más jóvenes elijan trayectorias educacionales y laborales en campos STEM.

En el marco de las políticas de Estado, el currículo de educación escolar introducido en 1996 y ajustado en 2003 y 2009, incorpora nuevos principios pedagógicos y objetivos de aprendizaje, así como contenido curricular que busca ayudar a los estudiantes chilenos

31 Aquellas iniciativas que cubren más de un área fueron clasificadas en el área en el cual centran su trabajo.

a desarrollar competencias para el siglo XXI, cobrando especial relevancia las materias STEM. En él, se definen objetivos de aprendizaje transversales a diferentes materias y muchas de las competencias para el siglo XXI introducidas por la reforma, como la ciudadanía, la ética, la relación entre el individuo y el medio ambiente y la autoevaluación, estaban relacionadas con estos objetivos transversales (Bellei and Morawietz, 2016). Sin embargo, la brecha entre las habilidades disponibles en los docentes y las nuevas capacidades docentes que el currículo demanda, así como la presión por aumentar puntajes en pruebas estandarizadas y la falta de integración entre las distintas asignaturas dificulta la implementación de este currículum en la práctica (Bellei and Morawietz, 2020).

En el contexto de la pandemia mundial de COVID-19, el MINEDUC realizó una 'priorización curricular' que tuvo como propósito reducir los impactos de la pandemia en el aprendizaje. La priorización curricular consistió en el desarrollo de un currículum que prioriza los objetivos de cada una de las asignaturas de manera de hacer factible su enseñanza pese a la reducción del año escolar que se experimentó en pandemia.

El diagnóstico de este proceso mostró que la priorización curricular y la flexibilidad en torno a la gestión del currículum abrió los espacios para su contextualización en atención a las necesidades específicas de cada centro educativo, y permitió que en muchos establecimientos educacionales se practicara integración curricular. Debido a esto, además de buscar incorporar la integración de asignaturas en la actualización curricular, el MINEDUC ha desarrollado manuales de orientación curricular para la integración de la enseñanza de asignaturas en el currículo vigente.[32]

En suma, pese a que el currículo nacional incorpora principios de enseñanza STEM y desde MINEDUC se reconoce la necesidad de un aprendizaje integrado de las materias STEM, las entrevistas realizadas en el presente estudio dan cuenta de que esto no es aún llevado a cabo en la práctica, continuándose la enseñanza de las disciplinas de forma parcelada.

Por otro lado, existe una variedad de iniciativas STEM de la sociedad civil, universidades y empresas privadas que intervienen a estudiantes y/o profesores. Dichas iniciativas buscan mejorar las competencias STEM de los estudiantes vía mentorías, capacitaciones o *bootcamps* y/o incentivar a que estudiantes mujeres elijan estudiar especialidades STEM, ya sea en la educación media técnico profesional o en la educación superior técnico-profesional o científico- humanista y ocurren principalmente fuera de la jornada

32 Documento de trabajo y proceso de diagnóstico y recolección de información. Actualización de la priorización curricular, MINEDUC, octubre de 2022.

escolar. En general, las iniciativas se concentran en el desarrollo de habilidades digitales en contraste con otras disciplinas STEM, como las ciencias básicas y las matemáticas.

La Tabla 3 describe algunas de las iniciativas más reconocidas que se han implementado en el país en los últimos años.

Tabla 3: Descripción de iniciativas STEM en Educación Primaria y Secundaria en Chile

Iniciativa	Público Objetivo	Descripción	Alcance	En conjunto con
Ingeniosas (2016-actualidad)	Estudiantes mujeres	Fundación que busca derribar estereotipos de género y acercar el mundo de la ciencia, la tecnología, la ingeniería, el arte y las matemáticas a niñas y jóvenes de entre 12 y 16 años. Para esto, realizan mentorías a estudiantes; talleres de aprendizaje basado en proyectos, charlas y entrega de material a docentes.	600 niñas y jóvenes, 9 establecimientos educacionales en 4 ciudades de Chile	MINEDUC y Ministerio de la Mujer.
Niñas pro (2016-actualidad)	Estudiantes mujeres	ONG que busca disminuir la brecha de género en STEM mediante charlas, talleres de introducción a nuevas metodologías, cursos de programación y mentorías.	1,820 niñas	
Explora (1995-actualidad)	Estudiantes y docentes	Programa creado por la CONICYT y que hoy forma parte del Ministerio de Ciencias. Su misión es contribuir a la creación de una cultura científica y tecnológica en jóvenes de edad escolar y promover el desarrollo profesional docente mediante talleres y concursos.	Todo Chile	
Enel: Back to school (2022-actualidad)	Estudiantes mujeres	El programa "Back to School" busca concientizar a las jóvenes y contrarrestar estereotipos de género. Para esto, ENEL realiza charlas en que sus mujeres profesionales dan a conocer su experiencia laboral a jóvenes y niñas.	295 estudiantes en 8 establecimientos educacionales.	
SIEMENS: Educación STEM Latinoamérica (2019-actualidad)	Estudiantes y docentes	SIEMENS coordina esta iniciativa en la que interactúan y comparten experiencias y logros para impulsar y ofrecer educación STEM de calidad que genere impacto en la región. En Chile, la iniciativa consta de 4 proyectos: 1) "Experimento blended: Ciencias desde Latinoamérica 4+, 8+, 10+", que contienen materiales tales como videos, hojas de actividades y guías para facilitadores; 2) recursos didácticos y curso	180 instituciones en 14 países	Universidad de Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

		e-learning sobre educación en Cambio Climático y Desarrollo Sostenible; 3) MICA: Mapa Interactivo del cambio climático y 4) Creación y puesta en marcha de la Red Latinoamericana de Decanas y Decanos de Educación - Resecando		
Fundación Ciencia Joven (2011-actualidad)	Estudiantes y docentes	Fundación que busca transformar la educación STEM en Latinoamérica y formar jóvenes líderes que participen activamente en la sociedad. Para esto, realizan campamentos, talleres extraprogramáticos, capacitación y reflexiones semanales con docentes.	+ de 2,000 jóvenes de Chile, Paraguay, Argentina y Uruguay	
Fundación Chile: aprendizaje para el futuro (2001*-actualidad)	Estudiantes y docentes	Las iniciativas buscan desarrollar capacidades clave para hoy y el futuro, como el pensamiento crítico, creatividad, mentalidad de crecimiento, pensamiento sistémico y talento digital. Sus varias iniciativas entregan recursos docentes (Educar Chile) y dan cursos de aprendizaje basado en proyectos (formación en movimiento), apoyan la formación integral de niños y niñas (Aprender A ser), desarrollan habilidades de innovación en torno a oportunidades del territorio (Ayllú Solar) y buscan apoyar la implementación de las bases curriculares, entre otros.		BHP, MINEDUC, Fundación VTR, Educación 2020, Kodea.
Comunidad Mujer: Las niñas pueden crear, emprender, innovar. (2016-actualidad)	Estudiantes mujeres	Campaña comunicacional cuyo foco es contribuir a 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.		CORFO y Banco Estado
Construcción de un modelo de enseñanza STEM para la educación técnico profesional (2016)	Docentes y directivos de liceos Técnico-Profesionales	La iniciativa buscó desarrollar habilidades de creatividad o pensamiento crítico en estudiantes de liceos técnicos mediante talleres impartidos en Chile e Inglaterra para que directivos y docentes desplieguen el enfoque de aprendizaje basado en proyectos en sus establecimientos.	12 liceos técnicos de Valparaíso.	Educación 2020, Universidad de Leeds y Universidad Técnica Federico Santa María.

Lab4u (2013- actualidad)	Docentes	Organización que desarrolla sensores de teléfonos inteligentes para convertirlos en herramientas para la experimentación, combinando su tecnología con recursos para que los educadores transformen la forma en que sus estudiantes aprenden ciencia.		
STEM+ Género (2022- actualidad)	Estudiantes mujeres	Programa que consiste en instancias especializadas en equidad y empoderamiento de mujeres en STEM con diversas actividades presenciales que abordan conversatorios e instancias de empoderamiento, invitación de colaboradoras de Escondida | BHP, salidas a terreno y experimentos o desafíos STEM.	300 estudiantes	Lab4u, Escondida, BHP.
Fundación Kodea (2015- actualidad)	Emprendedoras, docentes y estudiantes.	Kodea es una fundación creada por personas vinculadas a la innovación, la tecnología, la educación y el trabajo con sentido. Su propósito es transformar a Chile en un país creador de tecnología y dejar de ser sólo consumidores de recursos tecnológicos, a través de proyectos que buscan hacer de la industria TI un sector más inclusivo, incorporar la computación y la programación desde la infancia y sensibilizar a distintos actores sociales en la importancia de desarrollar habilidades digitales.	30 mujeres emprendedoras, 400 establecimientos educacionales, 940 profesores, 4,800 estudiantes.	BHP, El Mercurio, TVN, ONG Code.org, SENCE, entre otros.
Technovation girls Chile (2007- actualidad)	Estudiantes mujeres y docentes.	Technovation tiene el propósito de impulsar el interés de niñas y adolescentes chilenas por el desarrollo de nuevas tecnologías y la innovación digital para abrirles las puertas a nuevas oportunidades académicas y entregarles conocimientos relevantes para su futuro laboral. A través de diversas instancias de educación y participación y junto al apoyo de emprendedores, mentores y profesores, buscan que las niñas y adolescentes de Chile puedan desarrollar las habilidades necesarias para crecer y convertirse en líderes del mañana, involucrándose y estrechando lazos con sus comunidades.	400.000 niñas y adolescentes a nivel global	Motorola foundation, COMEDUC, Medtronic, CAP, WOM, OEA, entre otros.

Fuente: Elaboración propia a partir de búsquedas online e información recabada en las entrevistas realizadas. Nota: *La duración de las iniciativas de Fundación Chile varía: 2001 representa el año en que comenzó a operar el portal educarchile.cl.

Educación terciaria

El bajo número de iniciativas STEM en educación superior contrasta con la gran cantidad de iniciativas STEM en educación primaria y/o secundaria. Las iniciativas relacionadas con educación de pregrado se relacionan con la incorporación de mecanismos de acceso a la educación superior que incrementan el número de estudiantes que ingresa a carreras STEM. Este es el caso de los "campamentos STEM" impulsados por la Universidad Católica de Chile y la Universidad Técnica Federico Santa María, que consisten en talleres para estudiantes de educación media que promueven conocimientos STEM implementando una metodología de aprendizaje activo a través de la resolución de problemas y cuya aprobación permite acceder a procesos de admisión especial a la universidad.

Además, iniciativas descentralizadas como el 'ingreso Prioritario de Equidad de Género' de la Universidad de Chile, 'Mujeres en Ciencia' de la Pontificia Universidad Católica de Chile, 'Más Mujeres en Ingeniería' de la Universidad Austral y el 'Cupo Mujeres en Ciencia y Tecnología' de la Universidad de Santiago, entre otras, han buscado incrementar el número de mujeres en carreras en las que están tradicionalmente subrepresentadas. Cabe destacar, que el Comité Técnico de Acceso del Subsistema Universitario anunció que a partir del proceso de admisión 2024 las universidades podrán disponer cupos adicionales para mujeres en carreras STEM por vía centralizada. Estos cupos serán llamados como "Más Mujeres Científicas (+MC)" en donde las mujeres interesadas podrán acceder postulando vía regular a 409 programas de estudios disponibles en 32 universidades.

Por otro lado, la política de Becas de Magíster y Doctorado de la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID) es una política de formación de capital humano avanzado que ha sido definida como 'grande y audaz' (OECD, 2011). Si bien la política no prioriza el estudio de postgrados en áreas STEM en particular, en años recientes han incorporado selección diferenciada por 'áreas prioritarias' que son elegidas por el consejo Nacional de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación para el desarrollo (CTCI). El rol del Concejo CTCI es asesorar a la presidencia de la república con la elaboración y revisión, con mirada sistémica y de largo plazo, de la estrategia nacional en estas áreas, buscando anticiparse a los desafíos del país. En 2023 las áreas prioritarias fueron Seguridad e Inteligencia Artificial, acumulando el 70% de las becas adjudicadas para el nivel de magíster en el extranjero.

Además, el "programa de inserción de investigadores" de ANID busca conectar a sus becarios con la industria, academia y estado. El programa entrega subvenciones para la contratación de doctores y fondos concursables para la realización de tesis vinculados con el sector productivo. Pese a que el programa existe desde 2009 (con modificaciones), el número de beneficiarios efectivos es muy bajo, teniendo menos de 25 beneficiarios

por componente entre 2018 y 2021[33]. Actualmente y luego de una evaluación de DIPRES (DIPRES, 2022) el programa se encuentra en etapa de rediseño.

Mercado Laboral

El foco de las iniciativas STEM del mercado laboral es diverso. Mientras algunas iniciativas buscan mejorar las habilidades tecnológicas de los trabajadores para actualizar sus conocimientos y permitir un adecuado desempeño en el mercado laboral actual o la reinserción laboral, otras buscan aumentar la participación laboral STEM de mujeres. Dichas iniciativas se enfocan en la disciplina TIC dentro del campo STEM, en virtud de la pujante demanda de estas habilidades en el mercado laboral.

La mayoría de las iniciativas atingentes al mercado laboral provienen principalmente del sector privado. Dentro de ellas está *Girls in Tech* Chile, ONG cuyo trabajo se orienta a identificar, conectar y dar visibilidad a creadoras de tecnología en el país, convirtiéndolas en fuentes de inspiración para otras mujeres. La organización trabaja con mujeres emprendedores y diseña cursos y talleres especializados que las ayudan a concretar sus proyectos. Por otro lado, Laboratoria es una organización que opera en Chile, Perú, México, Brasil y Colombia que ha formado a más de 3.300 mujeres con alto potencial para trabajar y crecer en la industria *tech* mediante comunidades de aprendizaje gratuitas y bootcamps de programación. Por último, Globant es una empresa enfocada en soluciones tecnológicas innovadoras que, en 2022 y luego de 6 años en el país, abrió su tercera oficina en Chile. La organización se ha convertido en un actor relevante en la industria *tech* no sólo por su presencia en 18 países con más de 23.500 empleados entre los que se cuenta Google, Electronic Arts y Santander, entre otros, sino también por '*Globant University Campus*', iniciativa que permite a sus trabajadores desarrollar habilidades de manera continua mediante becas para aprender programación y cursos de inteligencia artificial, entre otros.

Dentro de las iniciativas provenientes del sector público destaca la iniciativa público-privada "Talento Digital" liderada por Fundación Chile que integra empresas, instituciones de formación y a los Ministerios de Economía y del Trabajo para desarrollar nuevas capacidades en trabajadores desempleados en sintonía con las demandas de la economía digital, dando acceso a empleos de calidad y generando más oportunidades de formación a lo largo de la vida. Desde 2019, año en que comenzó a operar la iniciativa, han capacitado a más de 20,000 trabajadores. Un seguimiento telefónico a los egresados de la iniciativa en

33 La evaluación de DIPRES concluyó que el programa tiene varios problemas. Entre ellos, que carece de una definición clara del problema que busca solucionar, así como una definición de capacidades I+D+ì y como operacionalizarlas,

2020 da cuenta de altas tasas de empleabilidad, con un 73% de mujeres y 82% de hombres que reportan haber encontrado trabajo luego de participar en la iniciativa.[34]

Diagnóstico del caso chileno

A partir de la descripción de las políticas e iniciativas STEM presentadas en la sección anterior, procedemos a realizar un diagnóstico de la situación de la formación de capital humano STEM en Chile. El tipo de iniciativas que se consideran de formación STEM son variadas e involucran iniciativas que buscan motivar el interés por las áreas de estudio STEM y/o fomentar la formación de capital humano avanzado en la materia, así como también entregar habilidades STEM 'genéricas', entendidas como habilidades para el Siglo XXI, o habilidades digitales más específicas vía capacitaciones y *bootcamps*.

En primer lugar, las iniciativas analizadas son pequeñas y atomizadas, provenientes principalmente de la sociedad civil, empresas privadas, o cooperación público-privada. Esto es problemático por varios motivos:

i. Financiamiento: La fragmentación del financiamiento hace que las organizaciones trabajen en nichos y que las iniciativas se implementen durante el tiempo en que las organizaciones cuentan con recursos, lo que no permite proyectar su permanencia en el tiempo.

ii. Cobertura: Iniciativas pequeñas y desarticuladas tienden a privilegiar sectores urbanos y/o a sostenedores que tienen la motivación y capacidades para recibir e implementar este tipo de iniciativas en sus establecimientos educacionales.

iii. Duplicación de labores: Se observa que hay muchas iniciativas similares que podrían beneficiarse de compartir conocimientos y experiencias sobre qué funciona y qué no bajo una lógica de acumulación de capacidades.

En segundo lugar, se observa que, en general, las iniciativas estudiadas funcionan por fuera del sistema educativo 'formal', es decir, las capacitaciones y *bootcamps* ocurren como actividades extraprogramáticas al horario de estudiantes y profesores. Una de las pocas excepciones a esto es "IdeoDigital", iniciativa a cargo de la fundación Kodea que ha desarrollado recursos educativos en línea con el currículo para incorporar las ciencias de la computación en el sistema educacional chileno. En menor escala, Lab4U y la organización "Conecta Ideas" tienen iniciativas que funcionan dentro del horario escolar, pero que son específicas a algunos establecimientos educacionales.

34 De acuerdo a información reportada en el Informe final "Evaluación de implementación iniciativa Talento Digital año 2021", realizada por Datavoz para SENCE.

En materia de formación docente y laboral se observa el mismo fenómeno: las iniciativas tienden a funcionar por fuera del sistema formal y las capacitaciones laborales estudiadas tienden a ocurrir fuera del horario de trabajo o en momentos de desempleo.

Tercero, el foco de casi todas las iniciativas está en disminuir los sesgos de género en STEM, lo que se relaciona a un diagnóstico compartido de que las mujeres están subrepresentadas en esta área. Dichas iniciativas buscan aumentar el número de mujeres en STEM no sólo para acrecentar el número de personas que trabaja en el área, sino también para lograr obtener los beneficios en productividad de grupos de trabajo diversos y disminuir la brecha de género persistente en el sistema educacional y el mercado laboral.

Una cuarta característica del sistema educacional chileno dice relación con la heterogeneidad de la oferta educativa STEM del sistema de educación superior, y su enfoque en los contenidos más que las habilidades a desarrollar. La libertad de oferta que caracteriza al sistema educacional superior chileno, junto con la clasificación de carreras exclusivamente de acuerdo con su contenido[35] y no a las habilidades que desarrolla. Esto ha resultado en una oferta educativa sumamente diversa en materia de instituciones que las imparten, las carreras que componen STEM, desarrollo de habilidades, duración de las carreras, calidad, empleabilidad, entre otros. Esto es problemático pues incentivos a aumentar la matrícula STEM a nivel superior podría resultar en un aumento de carreras que tratan contenidos STEM y no necesariamente en un mayor número de graduados con las habilidades necesarias para un mercado laboral en constante cambio.

Comparación Internacional

Los hacedores de política en todo el mundo han llegado a la conclusión de que las áreas relacionadas con STEM son esenciales para el crecimiento económico y la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos. Así, a nivel internacional hay una amplia variedad de políticas que buscan aumentar la oferta de trabajadores STEM en los distintos niveles de formación (educación escolar, nivel superior y capacitación), como también políticas industriales y de desarrollo tecnológico que permitan generar la demanda para estas habilidades en el mercado laboral.

Del diagnóstico del caso chileno se concluye que las iniciativas o intervenciones STEM en Chile se caracterizan por ser fragmentadas y de alcance reducido, implementadas mayoritariamente por organizaciones del sector privado que operan al margen del sistema formal de educación y formación y con foco en la reducción de las brechas de

35 La definición de carreras STEM a nivel superior sigue la categorización CINE-F que clasifica las carreras según su principal área de estudio. Así, el área STEM a nivel superior se compone por las carreras del área de Ingeniería, industria y construcción; Tecnología de información y la comunicación; y Ciencias naturales, matemáticas y estadística.

género. Dicho diagnóstico difiere significativamente del sistema de políticas STEM seguido por países líderes en el área y que se propondrán como modelos a seguir para el país en este campo.

Políticas sistémicas de STEM

Un ecosistema que propicie STEM debe contar con tres componentes fundamentales. El primero es políticas gubernamentales que incentiven la inversión en innovación e investigación científica para generar oportunidades laborales para los graduados del área STEM, hacer crecer la economía y acelerar el avance científico. El segundo, un sistema de educación (formal) que combine la enseñanza de la sala de clases con la experiencia con el mundo real. Tercero, una cultura STEM donde se creen circunstancias necesarias para que la población en general se acerque a las materias STEM, comprendan su importancia y tengan claridad de las oportunidades que ofrece esta área de estudio (Kramer et al., 2015).

La evidencia comparada indica que son pocos los países que han creado un ecosistema donde se desarrollen todos los componentes necesarios para potenciar la inversión e innovación en STEM, pero destacan algunos casos donde se han propiciado alguno de estos pilares. A continuación, se presentan ejemplos de países que han implementado políticas atingentes en cada uno de estos componentes.

1. Políticas Gubernamentales que incentiven la inversión en innovación e investigación científica para generar oportunidades laborales para los graduados del área STEM:

Corea del Sur destaca por su rápido crecimiento económico con políticas gubernamentales que promueven una estrategia industrial de STEM. Dentro de las políticas que desarrollaron destacan la liberación de las políticas de inversión extranjera directa y el aumento del gasto en I+D, invirtiendo en centros de innovación, parques tecnológicos, e incentivos tributarios para promover la innovación y la política industrial (Kramer et al., 2015). Esto en complemento con una política de educación nacional implementada en 2011 que promovió la integración de la enseñanza de la ciencia, la tecnología, la ingeniería, las artes y las matemáticas (STEAM en sus siglas en inglés) (Kang, 2019). Desde entonces, el gobierno surcoreano ha destinado parte importante de su presupuesto educativo a la promoción de STEAM, con foco en la generación de habilidades integrales al interior del sistema educacional formal y la preparación de profesores.

Por otro lado, el gobierno del Reino Unido ha llevado a cabo una serie de colaboraciones con empresas dentro de sectores económicos prioritarios para ayudar a desarrollar mano de obra STEM con las cualificaciones requeridas, mediante la coinversión en universidades y el financiamiento de programas de formación.

También destacan países en desarrollo que han implementado políticas nacionales para propiciar la educación STEM. En esta línea, de acuerdo con estadísticas de la UNESCO, los países con mayor proporción de graduados STEM en el mundo corresponden a países en vías de desarrollo (FDI Intelligence, 2023), indicando cómo hacedores de política en países emergentes han buscado promover habilidades que permitan el desarrollo económico, fomentar la innovación y atraer inversión extranjera al hacer frente a la escasez de talento técnico a nivel mundial (Kramer et al., 2015). Destacan casos como el de Malasia, donde se implementó una estrategia nacional de fomento industrial enfocado en el desarrollo de sectores económicos más complejos (TICs, industria manufacturera y más recientemente industria farmacéutica), en conjunto con inversión en la creación de un sistema de educación STEM robusto y el desarrollo de políticas de atracción de inversión extranjera directa, promoción propiedad intelectual, entre otras. En específico, la agenda de Malasia Blueprint de 2013-2025 contiene un camino a seguir para promover una educación integrada de STEM y aumentar la proporción de graduados STEM a un 60% (Idris et al., 2023), basado en tres focos principales: (i) mejorar el currículo y las estrategias de aprendizaje, (ii) capacitación continua a profesores, (iii) Entrega de información tanto a los estudiantes como sus padres sobre la importancia del área STEM y las oportunidades disponibles.

2. Sistema de educación (formal) que combine la enseñanza de la sala de clases con la experiencia con el mundo real:

Los países exitosos en la disciplina se centran en el conocimiento STEM y no equiparan la enseñanza con la gestión de clases y obtención de credenciales. Se espera que los profesores de STEM estén plenamente cualificados en su disciplina y enseñen en ese campo y no en otros. El fenómeno de profesores que enseñan asignaturas fuera de su especialidad ('*teaching out of field*') es común en otros países (Estados Unidos, Australia). Algunas de las propuestas implementadas en países asiáticos para resolverlo involucran compensaciones de mercado para profesores STEM, recursos adicionales para preparar a los futuros profesores de STEM, creación de una norma nacional de certificación de profesores STEM para aumentar la movilidad del profesorado y preparación de los profesores STEM para enseñar eficazmente los contenidos.

Por su parte, países fuertes en STEM han realizado reformas centradas en hacer que las ciencias y las matemáticas sean más atractivas y prácticas, mediante un aprendizaje basado en problemas y en la investigación, haciendo hincapié en la creatividad y el pensamiento crítico. Por ejemplo, como respuesta a la percepción de los estudiantes de que el plan de estudios STEM era poco atractivo, países como Corea del Sur y Estados Unidos han desarrollado planes de estudios con enfoque pedagógico que incorpora a las artes (STEAM) para mejorar el compromiso de los estudiantes y fomentar su creatividad. En China se reformaron los planes de estudio para incorporar el aprendizaje basado en la

investigación, centrado en la creatividad y en el alumno, con reformas respaldadas por la revisión de los libros de texto, la preparación de material didáctico y el desarrollo profesional de los profesores. Del mismo modo, en Singapur, las iniciativas *Teach Less*, *Learn More* (Enseñar menos, aprender más) y *Thinking Schools Learning Nations* (escuelas que piensan, naciones que aprenden) implicaron dejar atrás la tradicional dependencia del aprendizaje memorístico y los exámenes repetitivos para adoptar un aprendizaje basado en el descubrimiento y centrado en el alumno, que involucra a los estudiantes y promueve el aprendizaje permanente.

Al mismo tiempo, una alta proporción de estos países desarrollaron políticas innovadoras para aumentar la participación en STEM de grupos anteriormente excluidos. La necesidad de proporcionar formación STEM para todos y aumentar el rendimiento en la materia se subraya en las estrategias nacionales, especialmente en los países de Asia Oriental como Corea, China y Singapur. El énfasis en la ciencia para todos y en las cohortes STEM de alto nivel no son intrínsecamente contradictorios, ya que la ciencia para todos maximiza la cantidad de jóvenes con talento que siguen carreras STEM de alto rendimiento. Un ejemplo de esto es el proyecto sudafricano *Focus Schools* ("Escuelas Dinaledi"), el que proporciona recursos a determinadas escuelas de comunidades africanas con una enseñanza STEM. En tanto, la iniciativa apoya la enseñanza avanzada de ciencias y matemáticas, promoviendo que los estudiantes puedan acceder a programas de enseñanza superior basados en la ciencia.

Finalmente, referentes han implementado marcos estratégicos nacionales de STEM para proveer condiciones de enseñanza favorables, con programas financiados e impulsados de manera centralizada que incluyen reforma curricular y estándares de carrera docente, reclutamiento de talento científico internacional y nuevas cohortes de estudiantes con postgrado, junto con asociaciones para llevar actividades STEM a colegios y a la industria. Usualmente programas en la disciplina son liderados o facilitadas por institutos, centros o agencias que han sido específicamente creadas para avanzar la agenda nacional STEM.

En todos estos casos se observa que la política nacional establece un marco para los objetivos específicos de STEM y facilita la aplicación de estrategias y programas coherentes específicos de la materia. La política nacional de STEM suele abarcar más de un ministerio gubernamental y, en muchos casos, cuenta con el apoyo de estructuras que coordinan la actividad de STEM o de ciencia y tecnología entre jurisdicciones y organismos. Ejemplo de dichas políticas nacionales son la ley básica de ciencia y tecnología japonesa (Kagaku Gijutsu Kihon Hō), la '*High Tech Strategy*' y '*MINT (STEM) future*' en Alemania y '*Science for the future*' en Noruega, entre otros.

3. Cultura STEM:

El tercer pilar dice relación con la promoción de STEM en la cultura, con el fin de que la comunidad valore estas temáticas y exista un entendimiento de su aporte a la comunidad. En este pilar destacan políticas de acercamiento temprano de infantes y niños a las ciencias, como también iniciativas para romper las barreras de género y motivar a niñas a seguir trayectorias STEM. Un reporte de la Unesco (Unesco, 2019) describe una serie de intervenciones en esta materia, destacando casos de éxito tanto en países desarrollados (por ejemplo, *Discover!* en Reino Unido y *Girls Who Code* en Estados Unidos), como en países en desarrollo donde destacan las clínicas de educación en STEM desarrolladas en Ghana, campamentos de STEM en Kenya, y el programa *IndianGirlsCode* en India, entre otros (Unesco, 2019).

De la misma forma, la valoración de los diversos caminos educacionales también forma parte de este componente. El desarrollo de iniciativas de educación pública que busquen romper estereotipos sobre la educación técnica profesional también son parte de las políticas de valoración de los diversos caminos de formación para el desarrollo del capital humano requerido por el mercado laboral actual. La educación técnica es una vía de formación de capital humano que permite la generación de habilidades que se adecuan más rápido a las futuras necesidades de mano de obra técnica y de cualificación media. Destacan ejemplos como el de Alemania, donde tanto el gobierno, educadores y la industria trabajan conjuntamente para proyectar las necesidades del mercado laboral. En este contexto, las empresas se asocian con escuelas de formación profesional reguladas por el gobierno para poner directamente a disposición de los estudiantes oportunidades de aprendizaje y los estudiantes pueden combinar el aprendizaje en el aula con la práctica en el lugar de trabajo. De esta manera, el estrecho vínculo entre los educadores y la industria ha mantenido el aprendizaje dinámico y al día con la tecnología contemporánea.

Otras iniciativas STEM en países referentes

Además de las políticas sistémicas descritas en la sección anterior, algunos países han implementado iniciativas que, sin ser parte de un sistema, permiten avanzar en la promoción de habilidades STEM.

Dentro de las iniciativas concentradas en educación superior implementadas de manera exitosa en países referentes se puede mencionar la creación de universidades con foco en STEM. Algunos ejemplos de estos son UTEC (Universidad Tecnológica del Uruguay) y Tampere University of Applied Sciences en Finlandia. Ambas son universidades públicas, de perfil tecnológico y orientada a la investigación e innovación, con presencia regional en el interior de cada país.

Por otro lado, en países como Estados Unidos o Canadá las universidades han buscado adaptarse a las nuevas necesidades del mercado mediante la implementación de convenios con proveedores de *bootcamps* de programación.[36] La Unión Internacional de Telecomunicaciones (2018) destaca que los *bootcamps* tienen la capacidad de transmitir a las universidades su enfoque de resolución de conflictos y métodos de aprendizaje creativo y colaborativo, además de que pueden contribuir a la expansión de metodologías de aprendizaje rápido dentro de la educación formal. Otra virtud de los convenios con *bootcamps*, es la mejora en la capacidad de adaptación a las demandas de los estudiantes y los cambios de la industria, ya que para las universidades son una forma innovadora de atender las necesidades de sus estudiantes como de su fuerza laboral (Acrobatiq, s.f).[37] El número de estos convenios experimentó aumentos exponenciales en la última década. Por ejemplo, según HolonIQ (2022), si a 2015 solo existían un total de 24 convenios entre *bootcamps* y establecimientos de educación formal en el mundo, al primer semestre del 2022 el número de asociaciones es igual a 608, lo cual sugiere que este enfoque de colaboraciones llegó para quedarse.

Las microcredenciales son también una práctica común para incentivar la formación STEM. Una microcredencial es un conjunto de módulos de formación profesional a pequeña escala, personalizados y basados en competencias, desarrollados para el aprendizaje en cualquier momento y lugar (Baïa, 2017). Por lo general estas están diseñadas como un conjunto de módulos en línea que ofrecen métodos breves para adquirir nuevos conocimientos o habilidades en el campo STEM, ofreciendo menores barreras de entradas que la educación formal (ej. Menor costo y mayor flexibilidad) (ALA TechSource, 2019). Así, la formación mediante microcredenciales compone una educación continua y personalizada para el desarrollo de profesionales en la materia (NCSS, 2021). Bajo esta modalidad, los estudiantes pueden aprender de forma vertical (por ejemplo, secuencia de cursos cada vez más avanzados que se complementan entre sí), horizontal (por ejemplo, combinaciones que amplían las habilidades de los profesionales de tecnologías de la información y la comunicación [TIC] en un conjunto de diferentes herramientas de programación) o en otros dominios (por ejemplo, ingenieros u otros profesionales que adquieran habilidades de gestión de proyectos) (Cedefop, 2023). Al mismo tiempo, las

36 Los bootcamps son programas intensivos de habilidades digitales que se centran en un aprendizaje práctico y están diseñados para acercar a sus participantes a la industria. Algunos de los principales proveedores de bootcamps de programación son edX, Trilogy o Coding Dojo. Vale la pena destacar que los estudiantes que participan en bootcamps no necesitan tener una formación previa en campos STEM, ya que el principal objetivo de los campamentos es enseñar habilidades directamente aplicables en la industria de aquel campo (BID, 2019).

37 Sin embargo, estas colaboraciones no han estado exentas de críticas. Algunos críticos en USA han cuestionado si las universidades están comprometiendo su reputación al asociarse con proveedores externos de educación que carecen de garantías académicas debido a la falta de regulación.

microcredenciales pueden fomentar la formación de profesionales que no requieren un título STEM completo para ejercer su trabajo, mejorando la eficiencia en el aprendizaje (UNESCO, 2023). Ahora bien, una barrera para el desarrollo de las microcredenciales STEM es la falta de definiciones, estándares y regulaciones para dotarlas de confianza y credibilidad (Ibid.). Para su resolución, países referentes están incorporando las microcredenciales a sus marcos de formación formal, como es el caso de Australia (Ibid.)

También hay ejemplos de iniciativas que buscan aumentar la participación de estudiantes en STEM mediante una intervención en todos los niveles educativos. En Estados Unidos, el programa '*Engage to Excel'* de 2012 buscó aumentar a un millón el número de licenciados en STEM en la enseñanza superior, centrándose en el fortalecimiento de la educación STEM desde la educación primaria hasta la universidad, con el fin de preparar a los estudiantes para carreras en campos STEM y para satisfacer la creciente demanda de profesionales en estas áreas. En primer lugar, el programa buscó mejorar el acercamiento a los estudiantes de primaria y secundaria al campo STEM a modo de impulsar la elección de este campo en la educación superior. Segundo, la iniciativa abogó por una mayor inversión en educación superior en STEM, incluida la expansión de programas de becas y subvenciones para estudiantes que buscan títulos en campos STEM. Así también se buscó mejorar la preparación del profesorado STEM en todos los niveles. Tercero, se crearon asociaciones y colaboraciones entre las diversas partes interesadas, incluyendo educadores, empresas, agencias gubernamentales y organizaciones sin fines de lucro, para abordar los desafíos en STEM. En tanto, ello incluyó fomentos al I+D en el área.

Otra iniciativa referente dentro de Estados Unidos es la '*NY tech talent pipeline'*, programa de la alcaldía de Nueva York creada en 2014 para tender un puente entre el gobierno de la ciudad, los empleadores y los educadores para apoyar la creciente industria tecnológica de la ciudad. En educación superior trabajan con universidades para aumentar el número de graduados STEM y mejorar sus tasas de empleo. Para esto, proporcionan apoyo para crear nuevas líneas de profesorado, contratar asesores específicos de tecnología y conectar a los estudiantes con prácticas, entre otros. El componente de capacitaciones trabaja con metodología de *bootcamps* tecnológicos para desarrollar y aplicar prácticas clave que amplíen las reservas de talento y ayuden a los graduados a ser contratados. Estos programas de formación tecnológica ofrecen formación acelerada a personas que desean iniciar una carrera en el sector. También funcionan como plataforma de contratación de talentos diversos y como vínculo para prácticas, donde crearon un modelo de incorporación de ingenieros asociados para que empresas como Google, LinkedIn, Spotify y Foursquare encuentren, contraten y desarrollen talento tecnológico local cualificado. Estos modelos de incorporación dan forma a aprendizajes que permiten a las empresas crear una solución de contratación a más largo plazo, encontrar talento de fuentes tradicionalmente ignoradas e incorporar talento de una manera que conduce a una mayor retención.

Conclusión y recomendaciones de política

A nivel global, la educación STEM es considerada clave para la formación de capital humano avanzado y el aumento de la productividad y competitividad de los países. El presente capítulo buscó describir la relación entre STEM y productividad, documentar la situación de la educación STEM en Chile en educación escolar y universitaria, hacer un análisis de las intervenciones o políticas STEM en Chile y describir las políticas o iniciativas STEM utilizadas en países referentes en la materia.

Del análisis de cifras sobre STEM en educación escolar se desprende que el país presenta un rezago en materia de formación STEM respecto a países OCDE, lo que se observa en los bajos puntajes PISA en matemáticas y ciencias. En educación terciaria se observa que la tasa de entrantes y titulados en carreras STEM es bastante similar al promedio OCDE pero que existen diferencias significativas por subárea: mientras en Chile la mayoría de la matrícula y titulación STEM proviene de carreras ligadas a la ingeniería, la proporción de estudiantes en las subáreas de TIC, y Ciencias Naturales, Matemáticas y Estadística están por debajo del promedio OCDE. Además, se observa una gran cantidad de carreras STEM según tipo de institución, contenidos, calidad del programa duración, entre otros, presentando una alta heterogeneidad entre ellas.

Del análisis del mercado laboral se observa que titulados de carreras STEM perciben salarios más altos y tienen mayor empleabilidad que titulados de carreras en otras áreas. En particular, quienes completan carreras STEM tienen un salario promedio 7% mayor que quienes finalizaron carreras en otras áreas, y esta diferencia es aún más alta para cohortes más jóvenes (25-44 años). Tanto la alta empleabilidad como el premio salarial dan cuenta de la alta valoración y/o escasez relativa de las habilidades STEM en el mercado laboral chileno actual. Este análisis se centra en la prima asociada a carreras que son clasificadas dentro del área STEM, sin embargo, se releva la importancia de investigar más en profundidad sobre las habilidades STEM que son y serán más demandadas en el mercado laboral y que trascienden a todas las carreras. La formación laboral de individuos con trayectorias oportunas para los avances tecnológicos del mercado laboral no solo debe centrarse en la promoción de las carreras que componen STEM, sino también en una formación a nivel escolar, superior y de capacitación que permita a los trabajadores adquirir las habilidades necesarias para desenvolverse adecuadamente en un contexto de constante cambio. La medición de estas habilidades es crucial para la elaboración de política pública en esta materia.

El diagnóstico del caso chileno arrojó que, si bien en Chile existen múltiples iniciativas públicas y privadas para promover la educación STEM, estas son principalmente pequeñas, atomizadas, enfocadas en disminuir brechas de género y que funcionan fuera del sistema educativo formal. Se observa una falta de políticas nacionales integrales en la

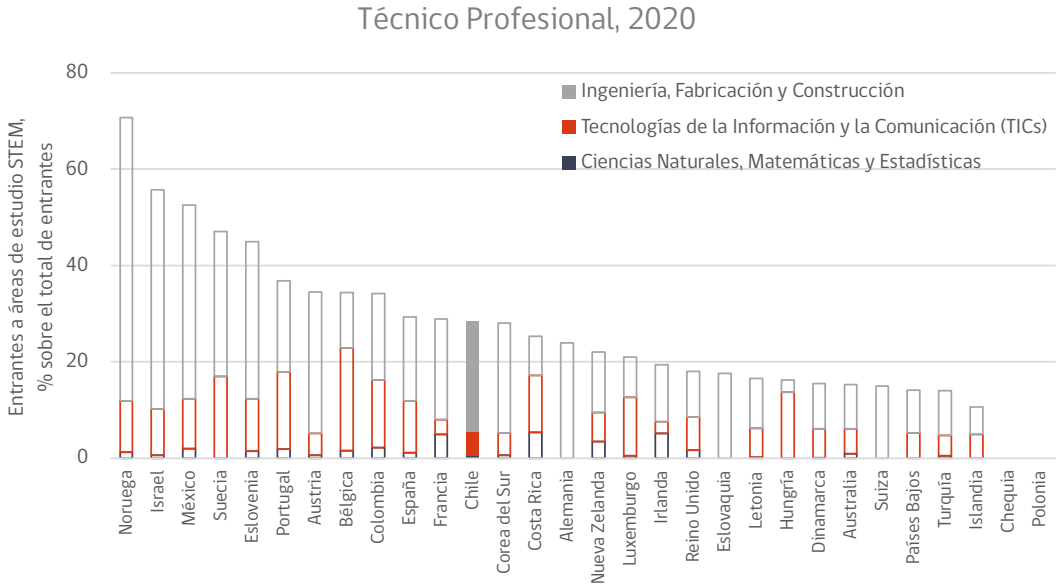
materia, en contraste con países referentes que cuentan con estrategias interministeriales de largo plazo, con el foco puesto en reformas curriculares, mejora de la formación docente e integración empresa-academia.

Existe amplio consenso internacional en la importancia de la educación STEM para el bienestar de los países. No obstante, al compararse con referentes Chile muestra una formación en la disciplina descoordinada entre los actores involucrados, presentando rezago tanto a nivel escolar, a nivel superior como en materia de innovación. Al tomar ejemplos de países exitosos en la materia, se desprende que para avanzar en la formación de capital humano STEM y obtener los beneficios asociados en productividad e innovación, es necesario que Chile cuente con una política coordinada en la materia que fomente tanto la oferta como la demanda de las habilidades STEM.

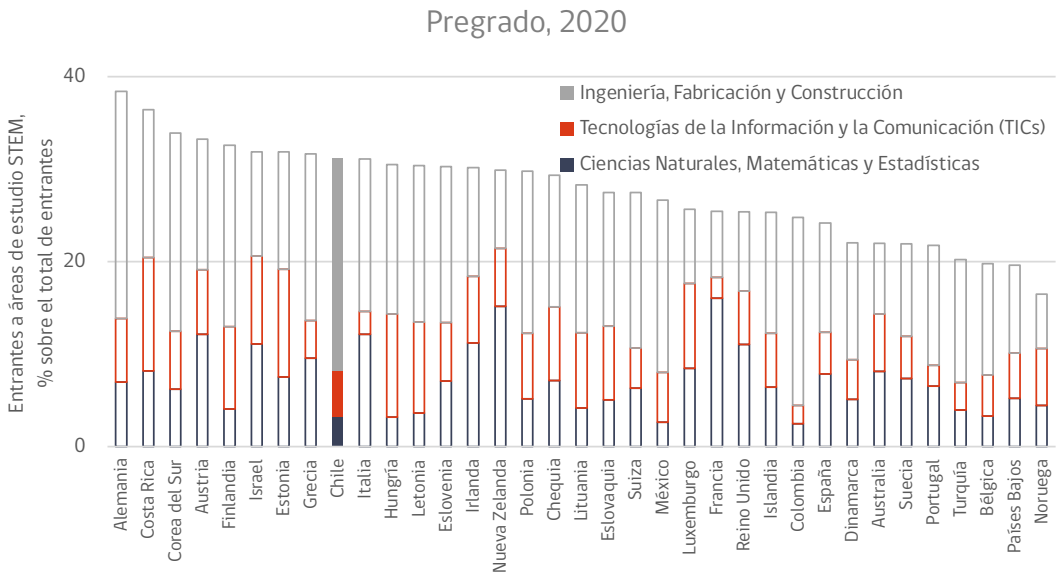
En conclusión, promover STEM en Chile es clave para impulsar el desarrollo económico, la innovación y la competitividad del país. Para fomentar esta área a nivel escolar, el país debe contribuir a fomentar el interés y participación a través de una reforma curricular que introduzca programas de educación STEM desde las primeras etapas escolares, y que destaque la relevancia de las disciplinas STEM en la vida cotidiana y en la resolución de problemas, con una mirada transversal que trascienda las materias que lo componen. Segundo, se debe potenciar la formación de profesores, a través de formación continua que les permite actualizar sus conocimientos en materias tecnológicas. Tercero, se debe continuar potenciando los programas extracurriculares, y reforzar alianzas con organizaciones y empresas que hayan demostrado ser exitosas en sus objetivos. A nivel superior, se debe seguir avanzando en la promoción de carreras STEM para grupos históricamente rezagados (mujeres, estudiantes de bajo nivel socioeconómico). La creación de cupos especiales y programas de admisión especial para estas áreas van en la dirección correcta. Por su parte, se debe seguir promoviendo la vinculación de universidades con la industria, con el fin de generar planes de estudio (u otras modalidades de estudio como *bootcamps*) que estén alineados con la actual demanda de empresas que están necesitando capital humano avanzado en materia STEM. Por último, una política sistémica de STEM debe contemplar la promoción de innovación en el país con el objetivo de generar una demanda que sea capaz de absorber capital humano especializado en la materia.

Anexos

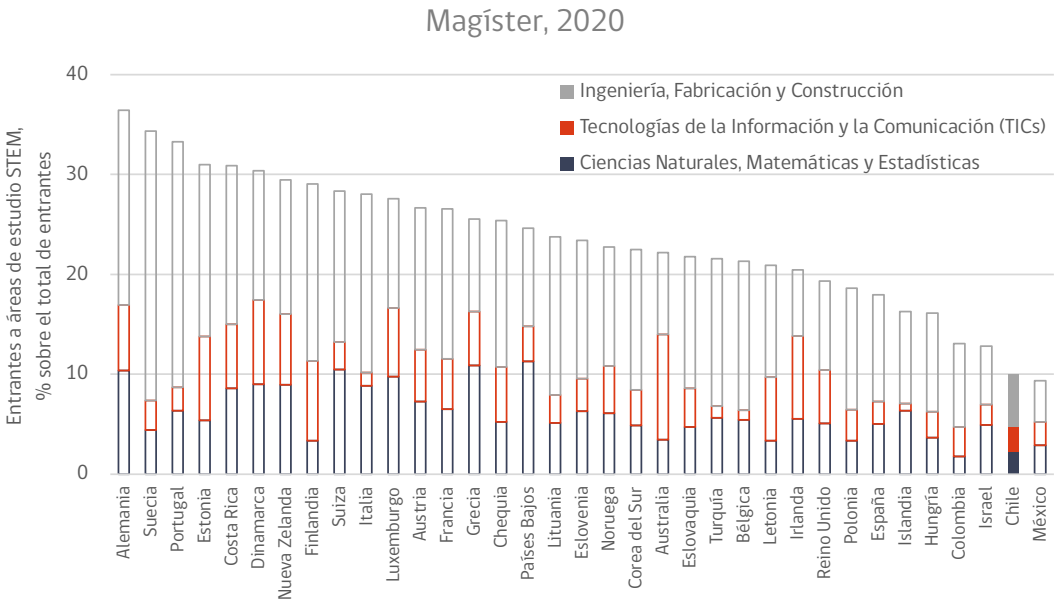
Anexo 1: Entrantes a áreas de estudio STEM en países OCDE según nivel educativo



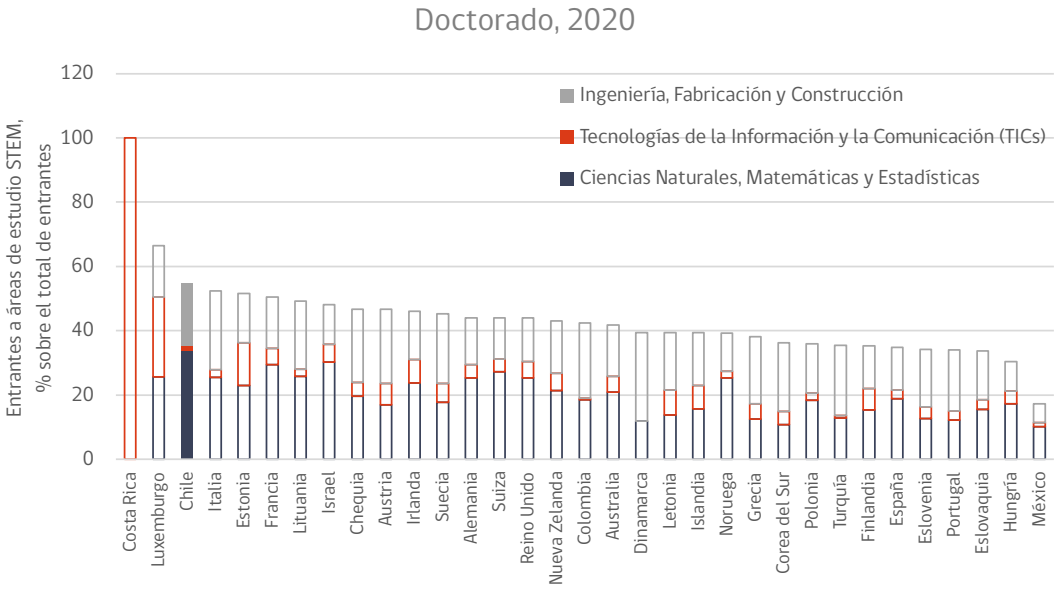
Fuente: Elaboración propia con base en OCDE Education at a Glance.



Fuente: Elaboración propia con base en OCDE Education at a Glance.

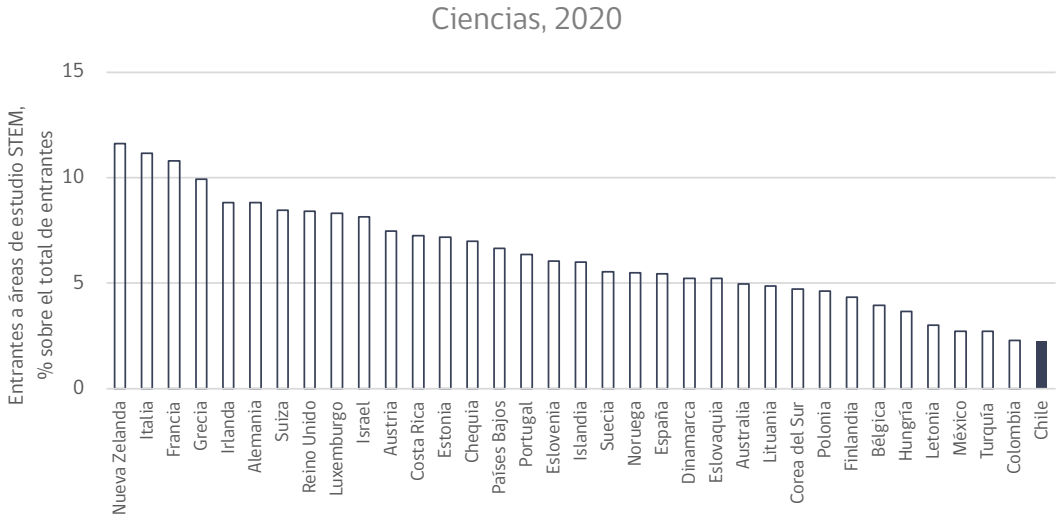


Fuente: Elaboración propia con base en OCDE Education at a Glance.

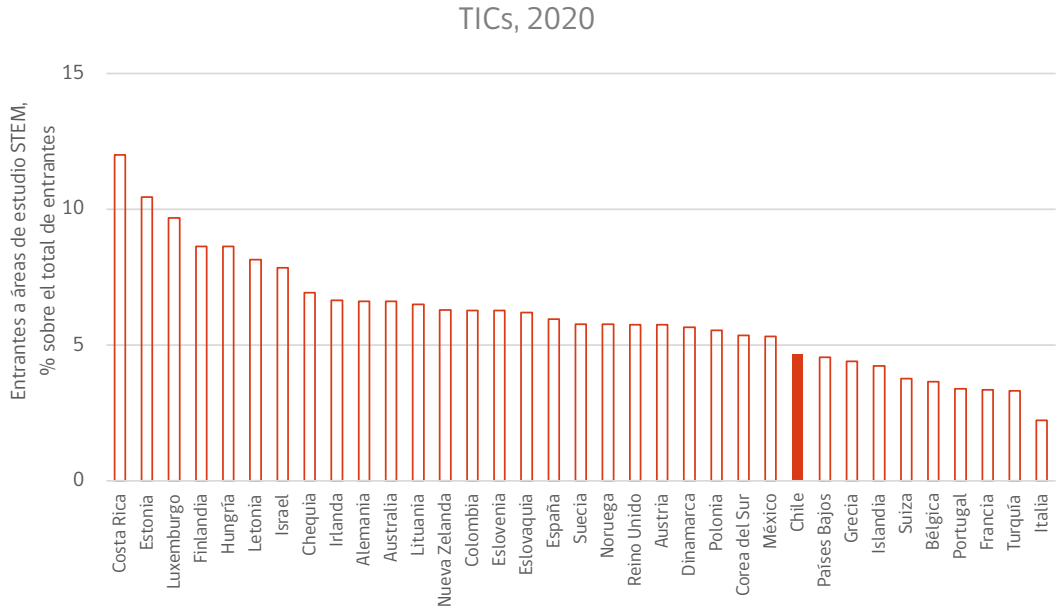


Fuente: Elaboración propia con base en OCDE Education at a Glance

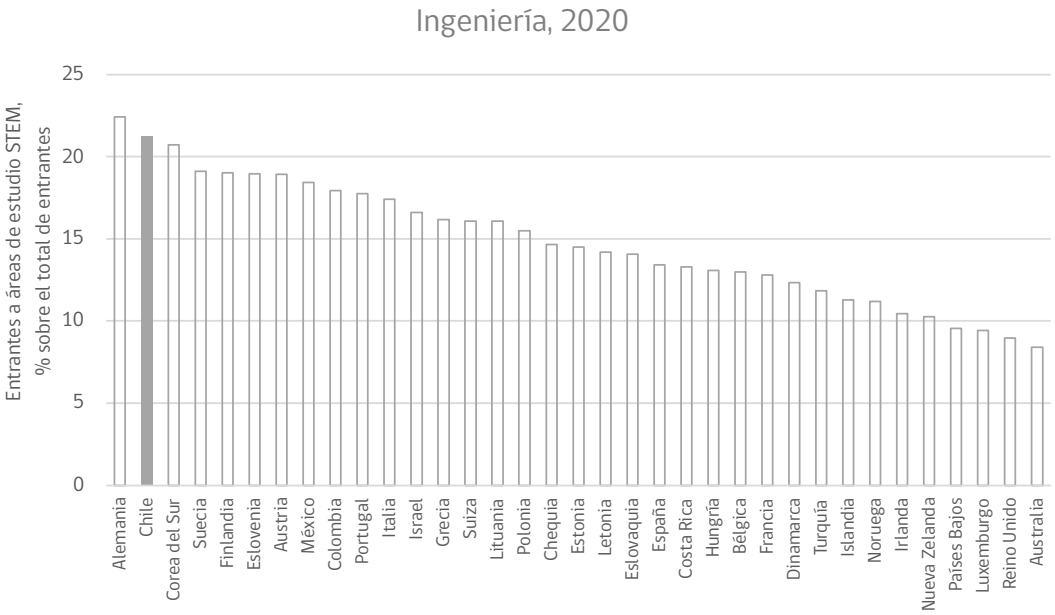
Anexo 2: Entrantes según subárea STEM en países OCDE, 2020



Fuente: Elaboración propia con base en OCDE Education at a Glance.



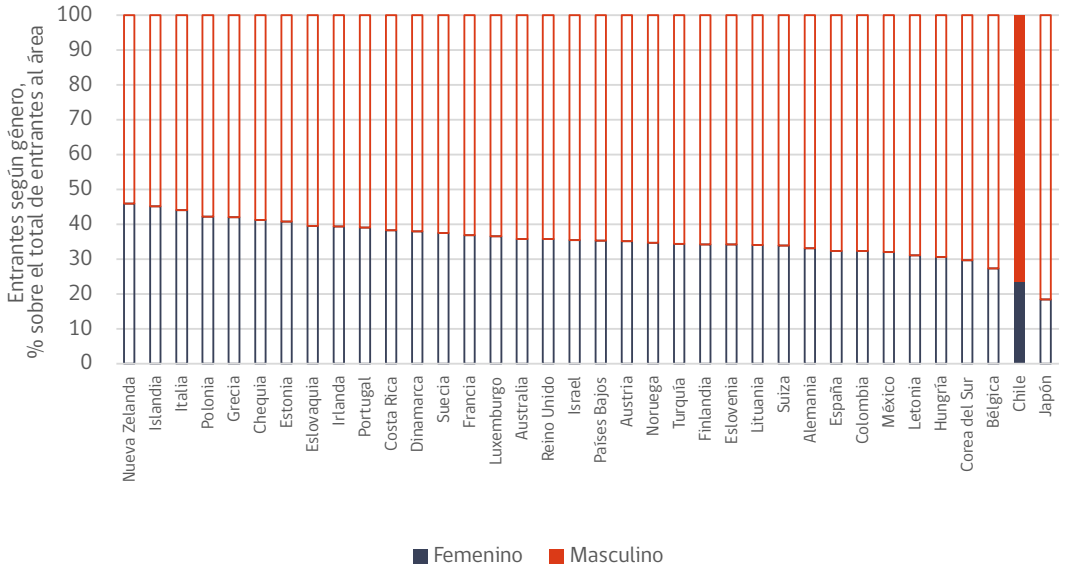
Fuente: Elaboración propia con base en OCDE Education at a Glance



Fuente: Elaboración propia con base en OCDE Education at a Glance.

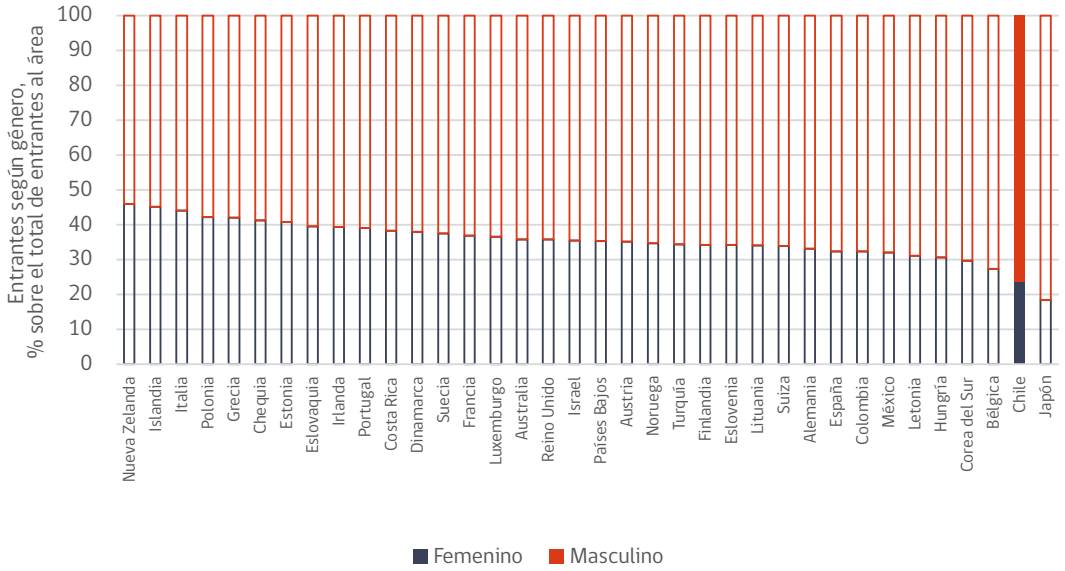
Anexo 3: Distribución de género en las áreas de estudio STEM

Entrantes, 2020



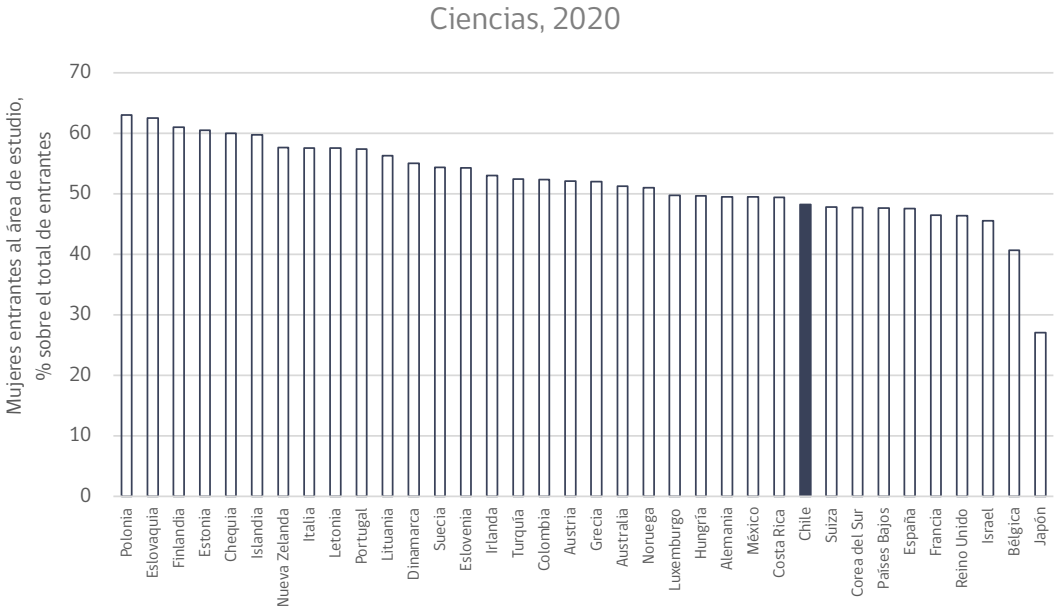
Fuente: Elaboración propia con base en OCDE Education at a Glance.

Egresados, 2020

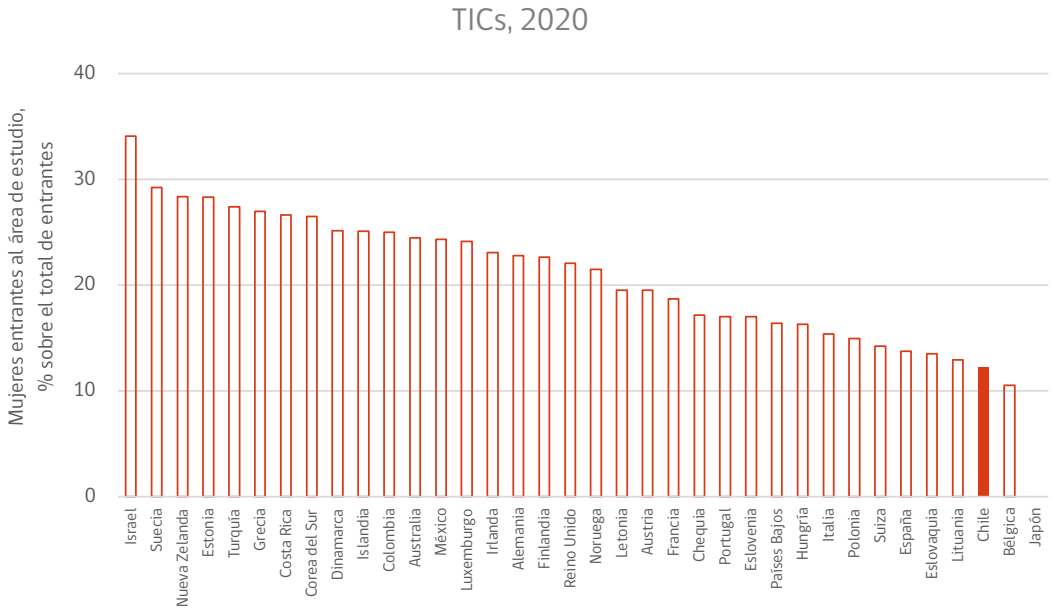


Fuente: Elaboración propia con base en OCDE Education at a Glance.

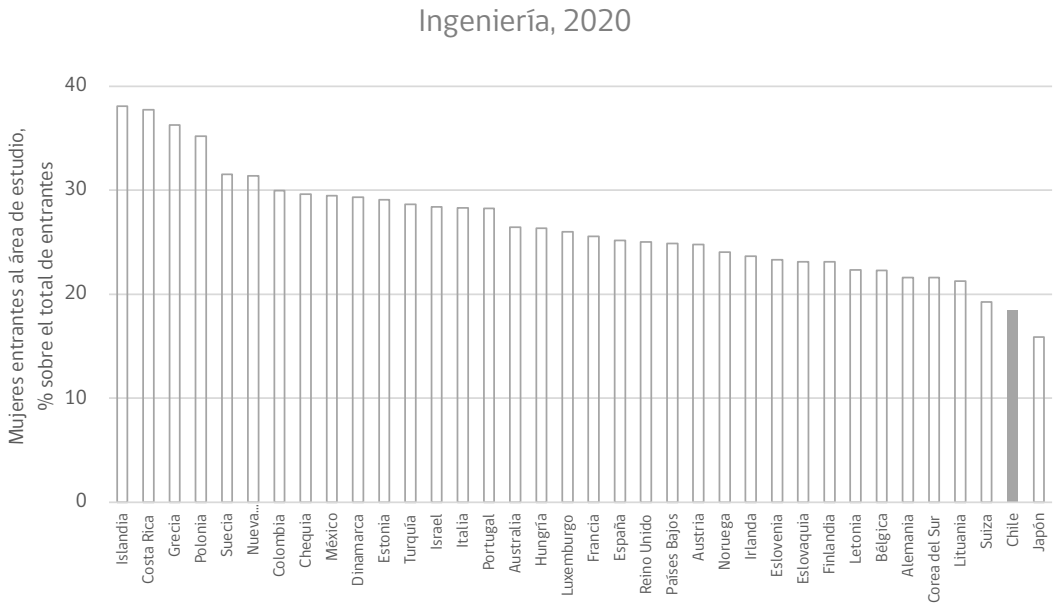
Anexo 4: Entrada de mujeres según subárea STEM en países OCDE, educación superior 2020



Fuente: Elaboración propia con base en OCDE Education at a Glance.

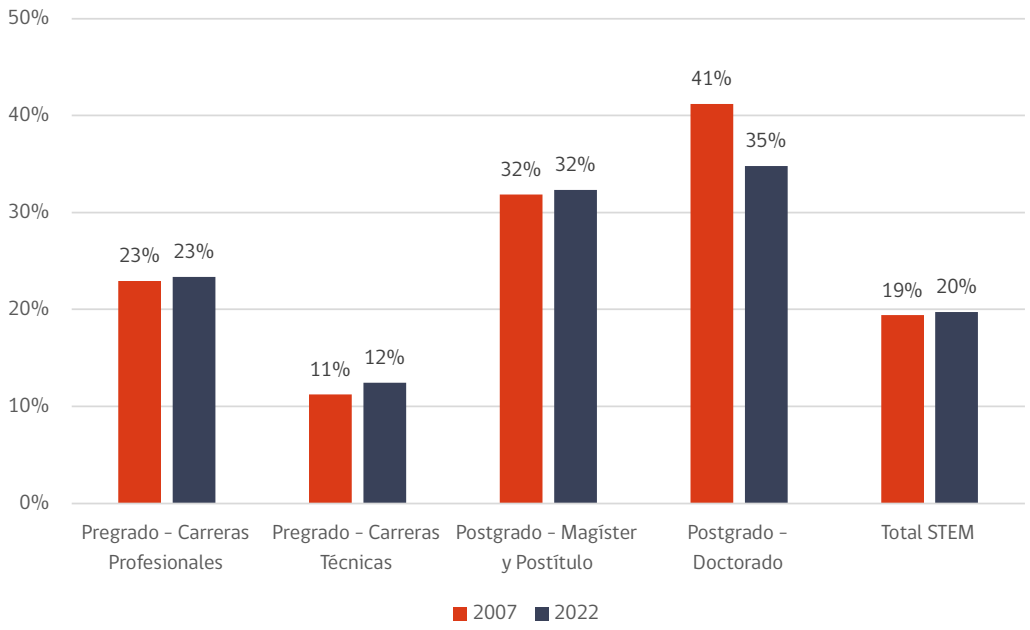


Fuente: Elaboración propia con base en OCDE Education at a Glance.



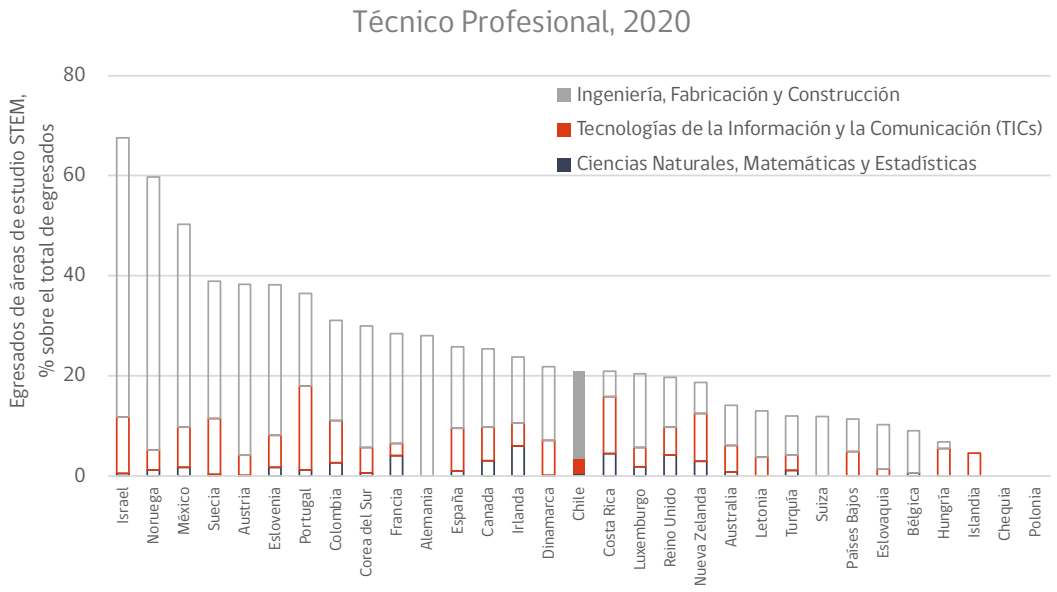
Fuente: Elaboración propia con base en OCDE Education at a Glance.

Anexo 5: Proporción de mujeres en STEM por tipo de carrera

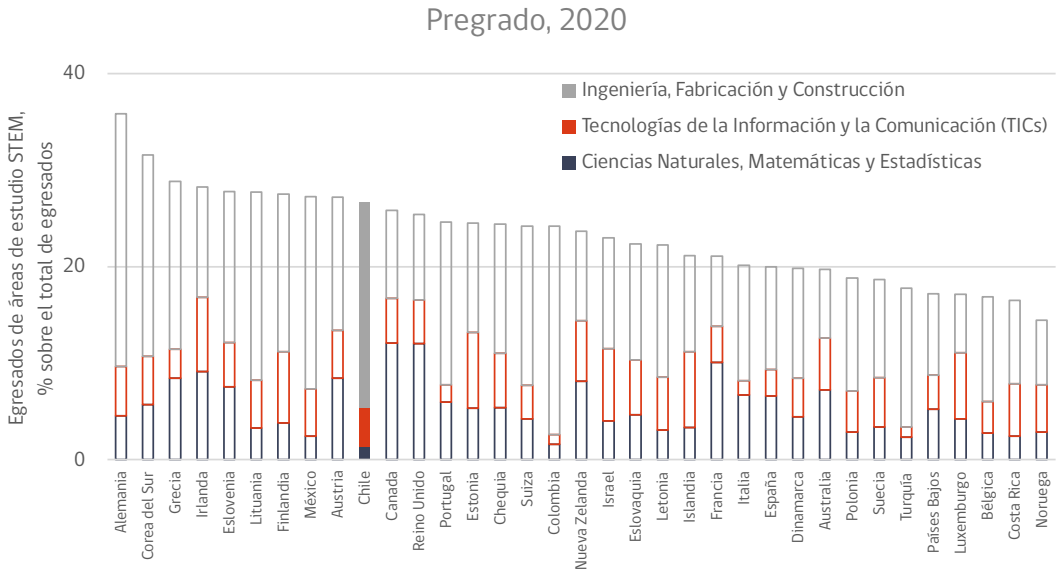


Fuente: Elaboración propia a partir de bases de datos de matrícula Mineduc.

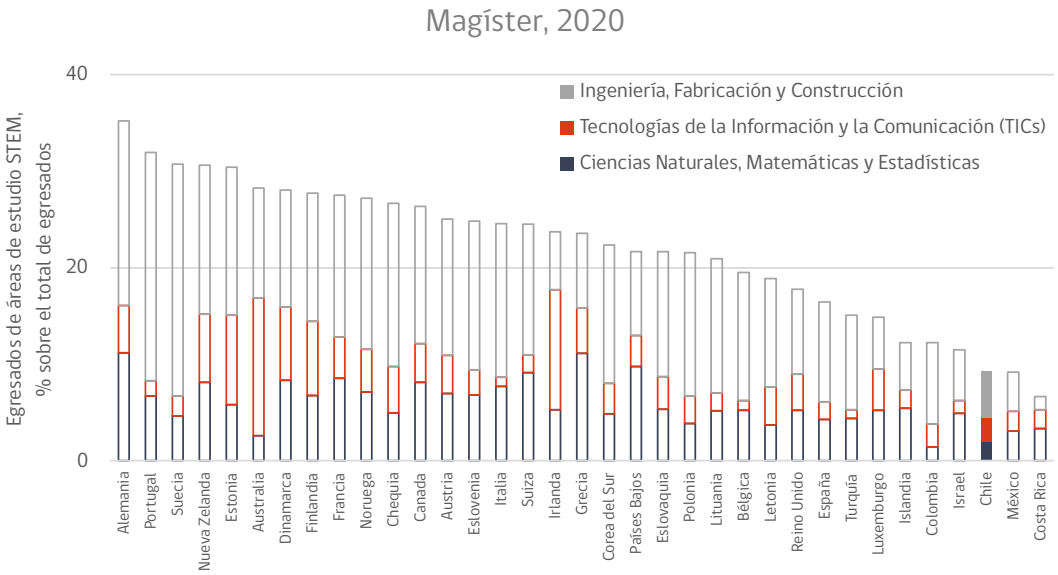
Anexo 6: Egresados de áreas de estudio STEM en países OCDE según nivel educativo



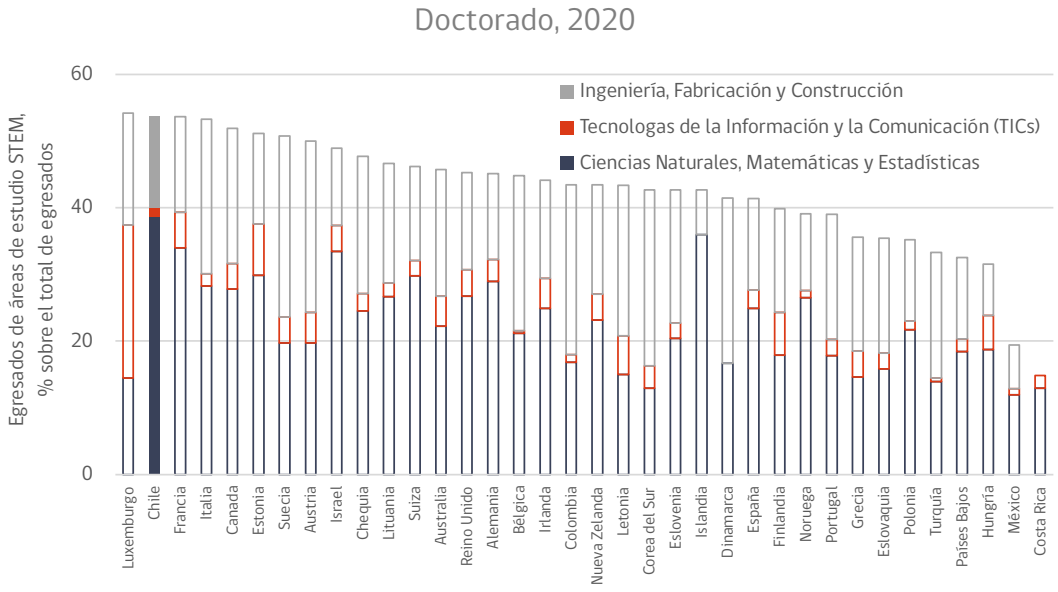
Fuente: Elaboración propia con base en OCDE Education at a Glance.



Fuente: Elaboración propia con base en OCDE Education at a Glance.

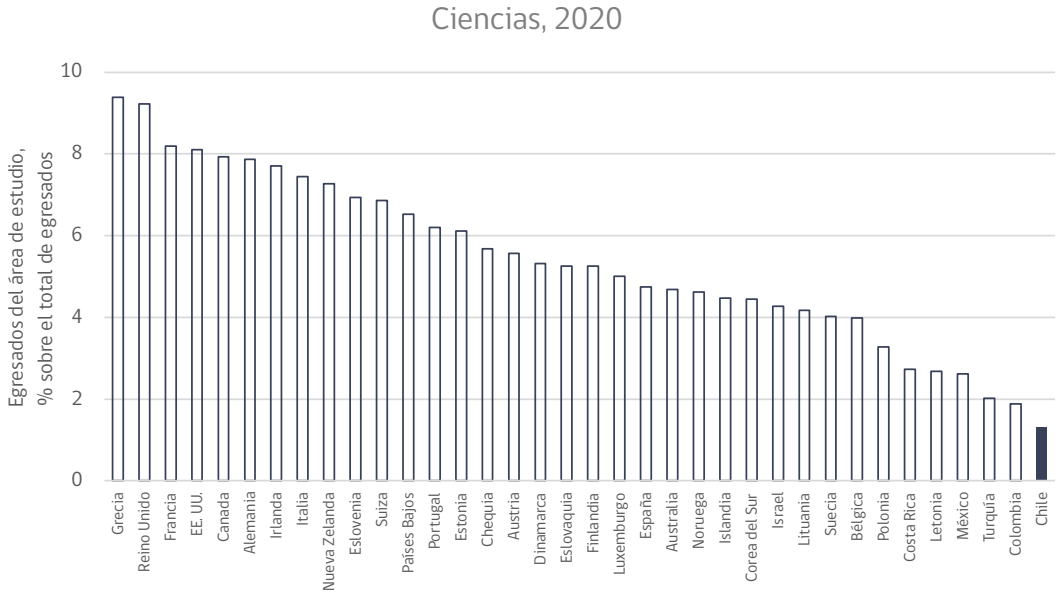


Fuente: Elaboración propia con base en OCDE Education at a Glance.

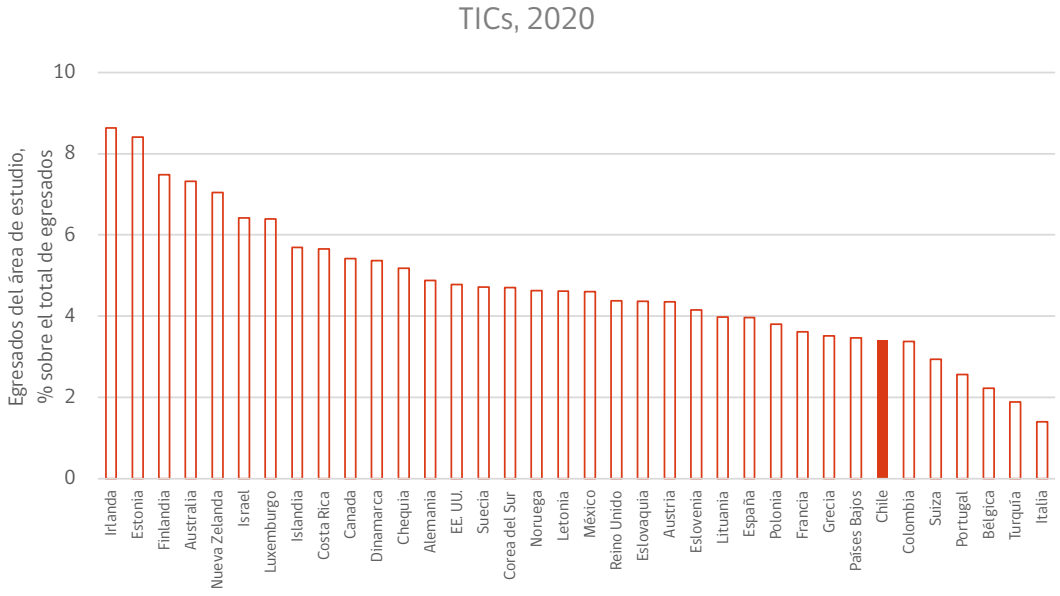


Fuente: Elaboración propia con base en OCDE Education at a Glance.

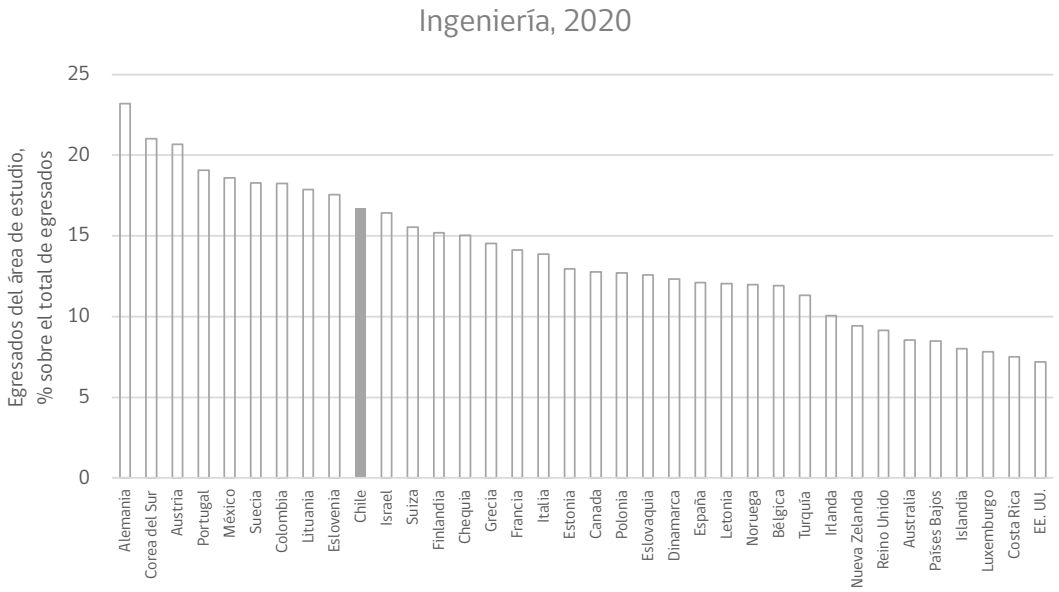
Anexo 7: Egresados según subárea de estudio STEM en países OCDE, 2020



Fuente: Elaboración propia con base en OCDE Education at a Glance.



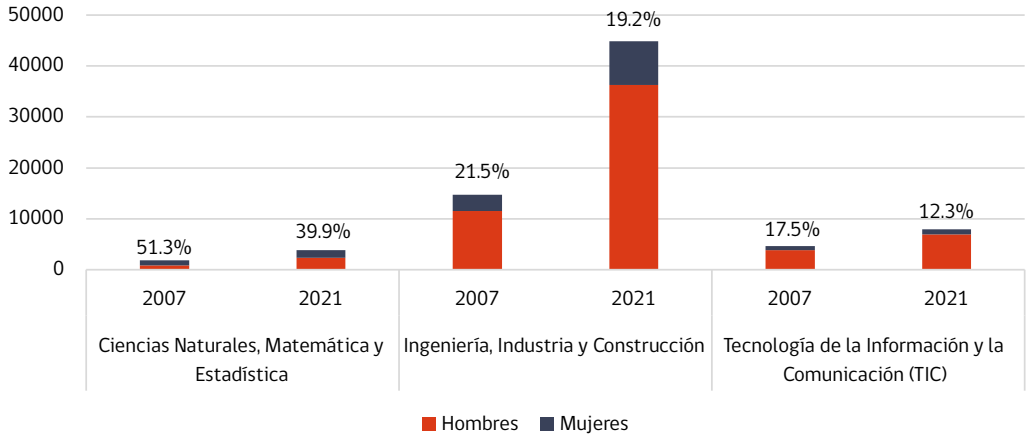
Fuente: Elaboración propia con base en OCDE Education at a Glance.



Fuente: Elaboración propia con base en OCDE Education at a Glance.

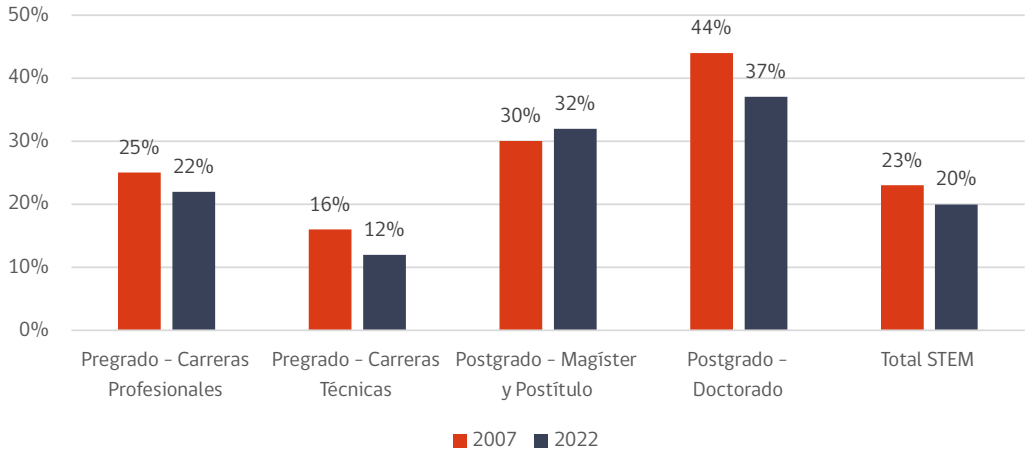
Anexo 8: Proporción de mujeres según sub-área STEM y por tipo de carrera

A.- Según sub-área STEM



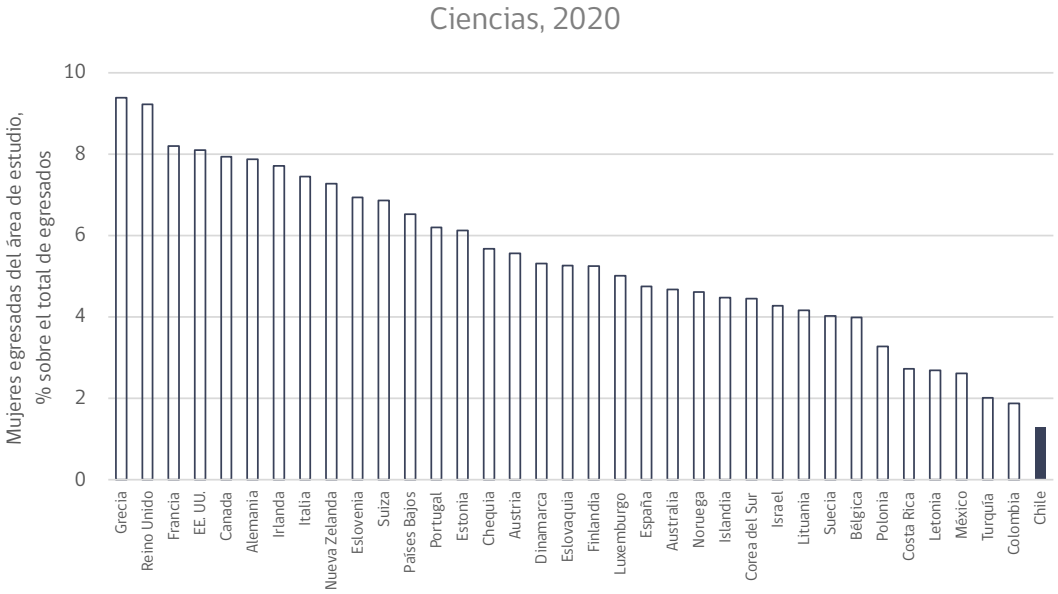
Fuente: Elaboración propia a partir de bases de datos de matrícula Mineduc.

B.- Según tipo de carrera

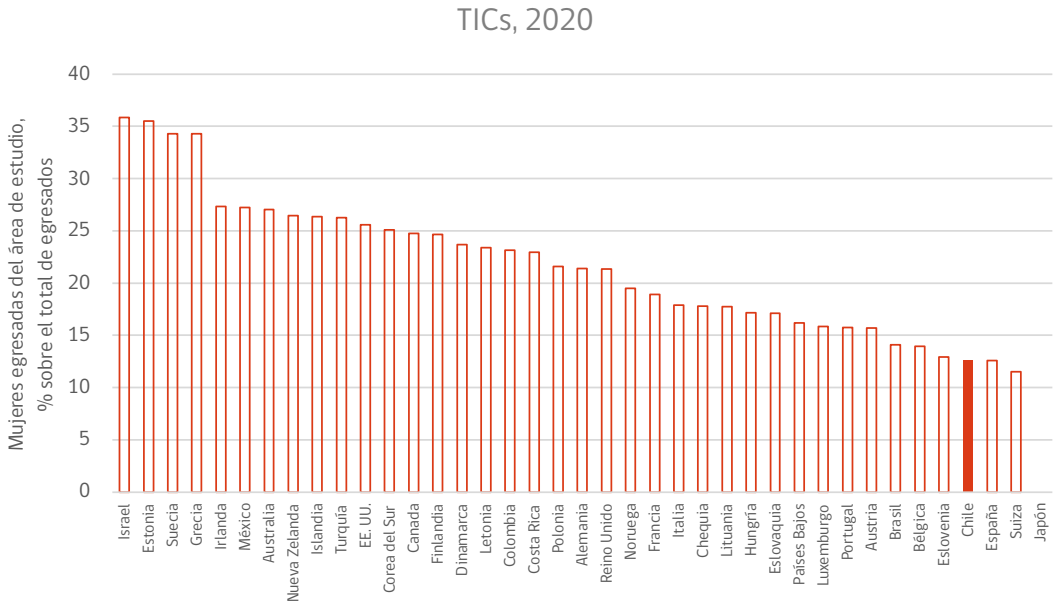


Fuente: Elaboración propia a partir de bases de datos de matrícula Mineduc

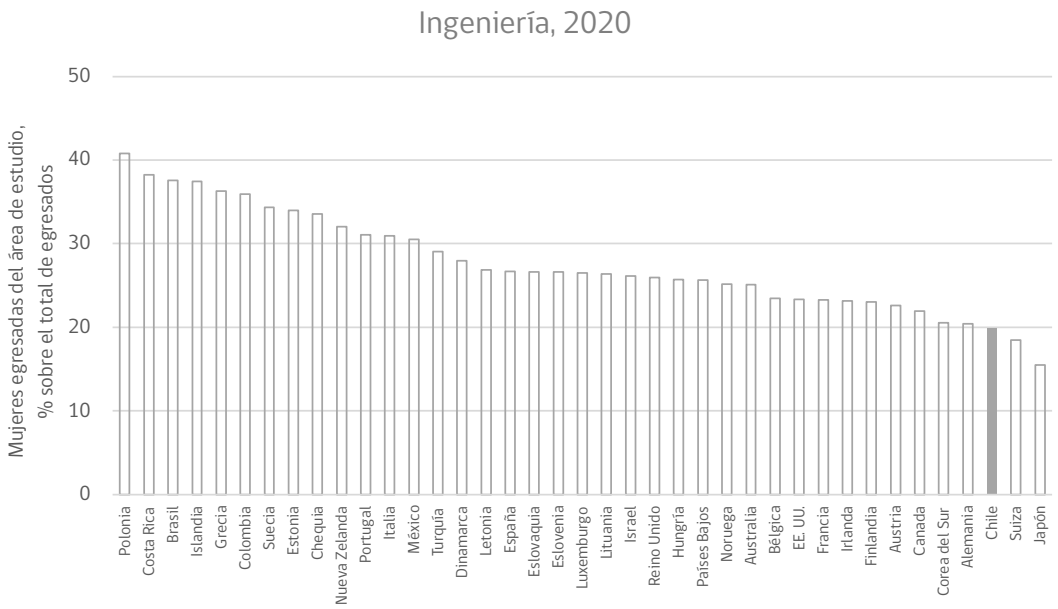
Anexo 9: Egreso de mujeres según subárea STEM en países OCDE, ed. Terciaria



Fuente: Elaboración propia con base en OCDE Education at a Glance.



Fuente: Elaboración propia con base en OCDE Education at a Glance.



Fuente: Elaboración propia con base en OCDE Education at a Glance.

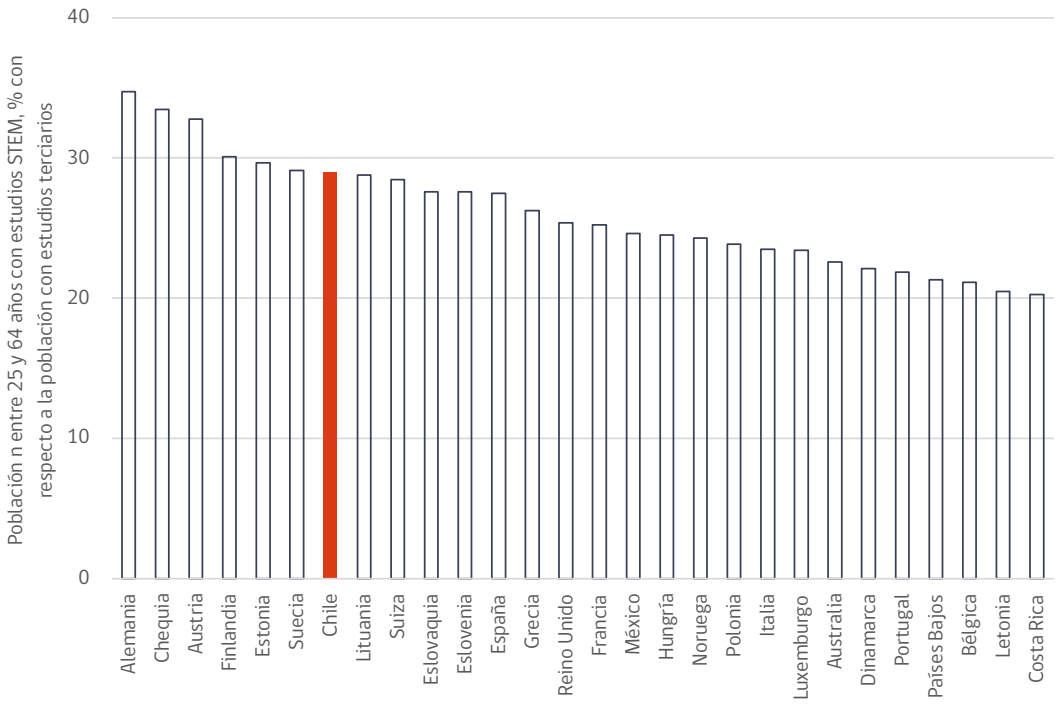
Anexo 10: Ingreso promedio mensual al quinto año de egreso ($2022)

Tabla 2: Premio salarial STEM sobre no STEM (en porcentaje)

Área carrera	CFTs	Ips	Ues
Ciencias Naturales, Matemáticas y Estadística	$971.826	$1.313.572	$1.607.507
Ingeniería, Industria y Construcción	$1.162.526	$1.269.384	$1.882.620
Tecnología de la Información y Comunicación (TIC)	$1.178.736	$1.444.242	$1.741.899
No STEM	$871.436	$1.011.548	$1.371.804

Fuente: Elaboración propia a partir de bases de datos Mifuturo.cl años 2022-23.

Anexo 11: Población con estudios terciarios STEM en países OCDE



Fuente: Elaboración propia con base en OCDE Education at a Glance y CASEN 2022 para Chile.

Bibliografía

Acemoglu, Daron. "Why Do New Technologies Complement Skills? Directed Technical Change and Wage Inequality." *The Quarterly Journal of Economics* 113, no. 4 (1998): 1055-89. https://www.jstor.org/stable/2586974.

Acrobatiq. s.f. "The Many Ways Universities Are Exploring the Coding Bootcamp Trend". https://universityventures.com/images/Universities-Exploring-Coding-Bootcamps-Acrobatiq.pdf

Agencia de Calidad de Educación (ACE). PISA 2018 Entrega de Resultados (2019). http://archivos.agenciaeducacion.cl/PISA_2018-Entrega_de_Resultados_Chile.pdf

Aghion, Philippe, Benjamin F. Jones, and Charles I. Jones. "Artificial Intelligence and Economic Growth." Working Paper. Working Paper Series. National Bureau of Economic Research (2017). https://doi.org/10.3386/w23928

Ahmadov, Dayanat. "Science, Technology, Engineering, and Math (STEM) Effect on GDP in EU Countries: Labor Force Perspective." *Journal of Eastern European and Central Asian Research (JEECAR)* 7 (2020): 114-21. https://doi.org/10.15549/jeecar.v7i1.236

Alexander, J., Johnson, K., Kelley, K., 2012. Longitudinal analysis of the relations between opportunities to learn about science and the development of interests related to science - Alexander - 2012 - Science Education - Wiley Online Library. Sci. Educ. 96, 763-786.

Bacovic, Maja, Zivko Andrijasevic, and Bojan Pejovic. "STEM Education and Growth in Europe." *Journal of the Knowledge Economy* 13, no. 3 (2022): 2348-71. https://doi.org/10.1007/s13132-021-00817-7

Banco Mundial. "The Long Term Growth Model : Fundamentals, Extensions, and Applications." Banco Mundial (2022). https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail

Barro, Robert J. "Economic Growth in a Cross Section of Countries." *The Quarterly Journal of Economics* 106, no. 2 (1991): 407-43. https://doi.org/10.2307/2937943

Bellei, Cristián. "Educación para el siglo XXI, en el siglo XXI.¿ Tomamos el tren correcto." Horizontes y propuestas para transformar el sistema educativo chileno (2020): 79-103.

Bellei, Cristian, and Liliana Morawietz. "Strong content, weak tools. Twenty-first-century competencies in the Chilean Educational Reform." FM Reimers y C. Chung, Teaching and

Learning for the Twenty-First-Century: Educational Goals, Policies, and Curricula from Six Nations (2016): 93-126.

Benhabib, Jess, and Mark M. Spiegel. "The Role of Human Capital in Economic Development Evidence from Aggregate Cross-Country Data." *Journal of Monetary Economics* 34, no. 2 (1994): 143-73. https://doi.org/10.1016/0304-3932(94)90047-7.

Biagi, Federico, and Maria Laura Parisi. "Are ICT, Human Capital and Organizational Capital Complementary in Production? Evidence from Italian Panel Data." JRC Publications Repository (2012). https://doi.org/10.2791/99567

Banco Interamericano de Desarrollo (BID). "La disrupción del talento: El advenimiento de los bootcamps de programación y el futuro de las habilidades digitales." (2019) http://dx.doi.org/10.18235/0001651

Bils, Mark, and Peter J. Klenow. "Does Schooling Cause Growth?" *American Economic Review* 90, no. 5 (2000): 1160-83. https://doi.org/10.1257/aer.90.5.1160

Black, Sandra E., Chandra Muller, Alexandra Spitz-Oener, Ziwei He, Koit Hung, and John Robert Warren. "The Importance of STEM: High School Knowledge, Skills and Occupations in an Era of Growing Inequality." *Research Policy* 50, no. 7 (2021): 104249. https://doi.org/10.1016/j.respol.2021.104249

Boon Ng, Soo. "Exploring STEM competences for the 21st century." (2019).

Brookings. "Machines of Mind: The Case for an AI-Powered Productivity Boom." Brookings (2023). https://www.brookings.edu/articles/machines-of-mind-the-case-for-an-ai-powered-productivity-boom/.

Brown, Josh. "The current status of STEM education research." Journal of STEM Education: Innovations and Research 13.5 (2012).

Brynjolfsson, Erik, Daniel Rock, and Chad Syverson. "Artificial Intelligence and the Modern Productivity Paradox: A Clash of Expectations and Statistics." Working Paper. Working Paper Series. National Bureau of Economic Research, November 2017. https://doi.org/10.3386/w24001

Bunyamin, M. A. H., Talib, C. A., Ahmad, N. J., Ibrahim, N. H., & Surif, J. (2020). Current Teaching Practice of Physics Teachers and Implications for Integrated STEM Education. Universal Journal of Educational Research, 8(5A), 18-28.

Cardona, M., T. Kretschmer, and T. Strobel. "ICT and Productivity: Conclusions from the Empirical Literature." *Information Economics and Policy*, ICT and Innovation, 25, no. 3 (2013): 109-25. https://doi.org/10.1016/j.infoecopol.2012.12.002.

Carlino, Gerald A., Satyajit Chatterjee, and Robert M. Hunt. "Urban Density and the Rate of Invention." *Journal of Urban Economics* 61, no. 3 (2007): 389-419. https://ideas.repec.org//a/eee/juecon/v61y2007i3p389-419.html.

Carnevale, Anthony P., Nicole Smith, and Michelle Melton. "STEM: Science Technology Engineering Mathematics." Georgetown University Center on Education and the Workforce, 0 2011. https://eric.ed.gov/?id=ED525297.

Cedefop, Eurofound. *Skills forecast: Trends and challenges to 2030*. Reference Series No 108 (2018). http://data.europa.eu/doi/10.2801/4492

CNEP (2018). *Formación de Competencias para el Trabajo en Chile*. Tech. rep., Comisión Nacional de Productividad. https://cnep.cl/wp-content/uploads/2020/08/Formacion-de-Competencias-para-el-Trabajo-en-Chile.pdf

Dæhlen M. (2023). The twin transition century: A call for bold investment in research to make Europe a global powerhouse. The Guild of European Research-Intensive Universities.

Deloitte, 2016. Women in STEM: how can businesses tackle the gender pay gap? [WWW Document]. Deloitte U. K. URL https://www2.deloitte.com/uk/en/pages/growth/articles/technology-career-pathways-gender-pay-gap.html (accessed 11.9.23).

Drori, Gilis S. "A Critical Appraisal of Science Education for Economic Development." In *Socio-Cultural Perspectives on Science Education: An International Dialogue*, edited by William W. Cobern, 49-74. Science & Technology Education Library. Dordrecht: Springer Netherlands, (1998). https://doi.org/10.1007/978-94-011-5224-2_4.

Even, William E., Takashi Yamashita, and Phyllis A. Cummins. "The STEM Wage Premium Across the OECD." *New Horizons in Adult Education and Human Resource Development* 35, no. 1 (2023): 5-19. https://doi.org/10.1177/19394225231171575.

FDI Intelligence. (2023). The push for Stem graduates in developing countries [Artículo Web]. https://www.fdiintelligence.com/content/data-trends/the-push-for-stem-graduates-in-developing-countries-83121

Fleer, M., 1990. Gender issues in early childhood science and technology education in Australia. Int. J. Sci. Educ. 12, 355-367. https://doi.org/10.1080/0950069900120403

Foro Económico Mundial. (2022). Twin Transition Playbook: 3 phases to accelerate sustainable digitization. [Artículo Web]. https://www.weforum.org/agenda/2022/10/twin-transition-playbook-3-phases-to-accelerate-sustainable-digitization/

Forsthuber, B., Motiejunaite, A., de Almeida Coutinho, A.S., 2011. Science Education in Europe: National Policies, Practices and Research, Education, Audiovisual and Culture Executive Agency, European Commission. Education, Audiovisual and Culture Executive Agency, European Commission. https://doi.org/10.2797/7170

Frascati Manual 2002: Proposed Standard Practice for Surveys on Research and Experimental Development. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development, 2002. https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/frascati-manual-2002_9789264199040-en.

Goldman Sachs. "Generative AI Could Raise Global GDP by 7%." Goldman Sachs, July 18, 2023. https://www.goldmansachs.com/intelligence/pages/generative-ai-could-raise-global-gdp-by-7-percent.html.

Hall, Bronwyn H. "Innovation and Productivity." Working Paper. Working Paper Series. National Bureau of Economic Research, June 2011. https://doi.org/10.3386/w17178.

Harvard Gazette. "Increasing Access and Opportunity in STEM Crucial, Say Experts." *Harvard Gazette* (blog), November 18, 2021. https://news.harvard.edu/gazette/story/2021/11/increasing-access-and-opportunity-in-stem-crucial-say-experts/.

HolonIQ. 2022. "Now 2,627+ OPM, Bootcamp and Pathways Partnerships with Universities globally." https://www.holoniq.com/notes/2627-opm-bootcamp-and-pathways-partnerships-with-universities-around-the-world

Idris, R., Govindasamy, P., & Nachiappan, S. (2023). Challenge and Obstacles of STEM Education in Malaysia. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, *13*(4), 820-828.

ITU. 2018. "Digital Skills Toolkit." https://www.itu.int/en/ITU-D/Digital-Inclusion/Documents/ITU%20Digital%20Skills%20Toolkit.pdf

Kang, N. H. (2019). A review of the effect of integrated STEM or STEAM (science, technology, engineering, arts, and mathematics) education in South Korea. *Asia-Pacific Science Education*, *5*(1), 1-22.

Kramer M., Tallant K., Amanda M., Goldberger O. & Lebus F. (2015). The Global STEM Paradox. The New York Academy of Sciences.

Kermani, H., Aldemir, J., 2015. Preparing children for success: integrating science, math, and technology in early childhood classroom. J. Early Child Dev. Care 185, 1504-1527. https://doi.org/10.1080/03004430.2015.1007371.

Kolmos, A., Mejlgaard, N., Haase, S., Holgaard, J.E., 2013. Motivational factors, gender and engineering education. Eur. J. Eng. Educ. 38, 340-358. https://doi.org/10.1080/03043797.2013.794198

Larrañaga, O., Cabezas, G. y Dussaillant, F. (2014). Trayectorias educacionales e Inserción laboral en la Enseñanza Media Técnico Profesional. Estudios Públicos, 134

Lee, J., Moon, S., Hegar, R.L., 2011. Mathematics Skills in Early Childhood: Exploring Gender and Ethnic Patterns. Child Indic. Res. 3, 353-368. https://doi.org/10.1007/s12187-010-9088-9

Leiponen, Aija. "Skills and Innovation." *International Journal of Industrial Organization* 23, no. 5 (June 1, 2005): 303-23. https://doi.org/10.1016/j.ijindorg.2005.03.005.

Lucas, Robert E. "On the Mechanics of Economic Development." *Journal of Monetary Economics* 22, no. 1 (July 1, 1988): 3-42. https://doi.org/10.1016/0304-3932(88)90168-7.

Maisonneuve, Christine de la, Balázs Égert, and David Turner. "Quantifying the Macroeconomic Impact of COVID-19-Related School Closures through the Human Capital Channel." Paris: OECD, October 17, 2022. https://doi.org/10.1787/eea048c5-en.

Maltese, A.V., Tai, R.H., 2010. Eyeballs in the Fridge: Sources of early interest in science. Int. J. Sci. Educ. 32, 669-685. https://doi.org/10.1080/09500690902792385

Mankiw, N. Gregory, David Romer, and David N. Weil. "A Contribution to the Empirics of Economic Growth*." *The Quarterly Journal of Economics* 107, no. 2 (May 1, 1992): 407-37. https://doi.org/10.2307/2118477.

Marginson, Simon, Russell Tytler, Brigid Freeman, and Kelly Roberts. *STEM: Country Comparisons*. Australian Council of Learned Academies, 2013.

Martín-Páez, T., Aguilera, D., Perales-Palacios, F.J., Vílchez-González, J.M., 2019. What are we talking about when we talk about STEM education? A review of literature. Sci. Educ. 103, 799-822.

Mayo, Robert D. Atkinson, Merrilea. "Refueling the U.S. Innovation Economy: Fresh Approaches to STEM Education," December 7, 2010. https://itif.org/publications/2010/12/07/refueling-us-innovation-economy-fresh-approaches-stem-education/.

Mincer, J. (1974). Schooling, Experience, and Earnings. Human Behavior & Social Institutions No. 2.

NCVER. "Defining 'STEM' Skills: Review and Synthesis of the Literature. Support Document 1." National Centre for Vocational Education Research Ltd, 0 2016. https://eric.ed.gov/?id=ED570655.

Neil Anderson, Kristina Potocnik, Jing Zhou. "Innovation and Creativity in Organizations: A State-of-the-Science Review, Prospective Commentary, and Guiding Framework - 2014," 2014. https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0149206314527128.

NSF - National Science Foundation. "Diversity and STEM: Women, Minorities, and Persons with Disabilities 2023," 2023. https://ncses.nsf.gov/pubs/nsf23315/report/stem-unemployment.

OECD. *Education at a Glance 2020: OECD Indicators*. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development, 2020. https://www.oecd-ilibrary.org/education/education-at-a-glance-2020_69096873-en.

OECD, 2011. Revisión de Políticas Nacionales de Educación - Programa Becas Chile [WWW Document]. URL https://www.oecd.org/chile/revisiondepoliticasnacionalesdeeducacion-programabecaschile.htm (accessed 6.22.19).

OECD (2019). Skills for jobs. Country note: Chile. Recuperado de: https://www.oecdskillsforjobsdatabase.org/data/country_notes/Chile%20country%20note.pdf

OECD (2021). What Happened to Jobs at High Risk of Automation?. https://www.oecd.org/els/what-happened-to-jobs-at-high-risk-of-automation-10bc97f4-en.htm

OECD (2022). Skills for jobs 2022. Key insights, OECD Publushing, Paris. Recuperado de: https://www.oecdskillsforjobsdatabase.org/data/S4J2022_results.pdf

OECD (2023), PISA 2022 Results (Volume I): The State of Learning and Equity in Education, PISA, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/53f23881-en

Ortega-Gras, J. J., Bueno-Delgado, M. V., Cañavate-Cruzado, G., & Garrido-Lova, J. (2021). Twin transition through the implementation of industry 4.0 technologies: Desk-research analysis and practical use cases in Europe. Sustainability, 13(24), 13601.

Parlamento Europeo (2015). Encouraging Stem Studies for the Labour Market .

Patrinos, H. A., & Psacharopoulos, G. (2020). Returns to education in developing countries. In The Economics of education (pp. 53-64). Academic Press.

Powell, Thomas C., and Anne Dent-Micallef. "Information Technology as Competitive Advantage: The Role of Human, Business, and Technology Resources." *Strategic Management Journal* 18, no. 5 (1997): 375-405. https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0266(199705)18:5<375::AID-SMJ876>3.0.CO;2-7

Ray, Rita. "STEM Education and Economic Performance in the American States." MPRA Paper, June 12, 2015. https://mpra.ub.uni-muenchen.de/65517/.F

Romer, Paul M. "Endogenous Technological Change." *Journal of Political Economy* 98, no. 5 (1990): S71-102. https://www.jstor.org/stable/2937632.

Rodríguez, K. C. A., & Medina, D. E. M. (2018). Choice of university careers in areas of science, technology, engineering and mathematics (STEM): review of the literature. *Revista Interamericana de Educación de Adultos Año*, *40*(2).

Sala-I-Martin, Xavier X. "I Just Ran Two Million Regressions." *The American Economic Review* 87, no. 2 (1997): 178-83. https://www.jstor.org/stable/2950909.

Samek, Lea, Mariagrazia Squicciarini, and Emile Cammeraat. "The Human Capital behind AI: Jobs and Skills Demand from Online Job Postings." Paris: OECD, September 22, 2021. https://doi.org/10.1787/2e278150-en.

Secretary-General, Un, and World Commission on Environment and Development. "Report of the World Commission on Environment and Development :: note /: by the Secretary-General.," August 4, 1987. https://digitallibrary.un.org/record/139811.

Sevilla, Jaime, Lennart Heim, Anson Ho, Tamay Besiroglu, Marius Hobbhahn, and Pablo Villalobos. "Compute Trends Across Three Eras of Machine Learning." arXiv, March 9, 2022. https://doi.org/10.48550/arXiv.2202.05924

Sevilla, María Paola, Paola Bordón, and Fernanda Ramirez-Espinoza. "Reinforcing the STEM Pipeline in Vocational-Technical High Schools: The Effect of Female Teachers." *Economics of Education Review* 95 (August 1, 2023): 102428. https://doi.org/10.1016/j.econedurev.2023.102428

Sevilla, M. P. (2021). *Serie Asuntos de genero N 160*, *La educacion tecnico-profesional y su potencial para mejorar la trayectoria educativa y laboral de las mujeres en àreas STEM. Una revision regional*. CEPAL, https://repositorio.cepal.org/handle/11362/47563.

Sevilla, M. P., Luengo-Aravena, D., & Farías, M. (2023). Gender gap in STEM pathways: the role of secondary curricula in a highly differentiated school system—the case of Chile. International Journal of STEM Education, 10(1), 58.

Sevilla, M. P., & Farías, M. (2020). Labour market mismatch in emerging countries: the case of Chile. Compare: A Journal of Comparative and International Education, 50(2), 276-293.

Shapiro, H., Ostergård, S. F., & Hougard, K. F. (2015). *Does the EU need more STEM graduates?* Publications Office of the European Union. https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/d19a5afb-cbd3-11e5-a4b5-01aa75ed71a1

Solow, Robert M. "A Contribution to the Theory of Economic Growth." *The Quarterly Journal of Economics* 70, no. 1 (February 1, 1956): 65-94. https://doi.org/10.2307/1884513.

Soriano, Franklin, and Ruel Abello. "Modelling the Relationships between the Use of STEM* Skills, Collaboration, R&D and Innovation among Australian Businesses." *Australian Journal of Labour Economics (AJLE)* 18, no. 3 (2015): 345-74. https://ideas.repec.org//a/ozl/journl/v18y2015i3p345-374.html.

UNESCO (2019). Descifrar el código: la educación de las niñas y las mujeres en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM). París: UNESCO. Recuperado de https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000366649

UNESCO (2021). Proyecto SAGA UNESCO en Chile: Diagnóstico sobre indicadores y políticas con perspectiva de género desarrolladas por el Estado de Chile en áreas STEM. Santiago, Chile.

UNESCO-IBE (2020). Designing a contemporary STEM curriculum. Ginebra: IBE. Recuperado de https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374146

UNESCO. "Niñas, mujeres y STEM: Cómo la Fundación Ingeniosas ayuda a descubrir vocaciones en ciencias y tecnología en Chile y América Latina," 2023. https://www.unesco.org/es/articles/ninas-mujeres-y-stem-como-la-fundacion-ingeniosas-ayuda-descubrir-vocaciones-en-ciencias-y.

UNESCO. "Cracking the Code: Girls' and Women's Education in Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM)," 2017. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000253479

Villavicencio, Xuzel, Christina Myers, and Caitlin Coflan. "Iniciativas para el desarrollo de habilidades STEM de las adolescentes en la región de ALC." EdTech Hub, April 27, 2022. https://doi.org/10.53832/edtechhub.0091.

Violante, Giovanni L. "Skill-Biased Technical Change." In *The New Palgrave Dictionary of Economics*, 1-6. London: Palgrave Macmillan UK, 2016. https://doi.org/10.1057/978-1-349-95121-5_2388-1.

WEF. "Methodology and Computation of the Global Competitiveness Index 2017-2018," 2018.

Winters, John V. "STEM Graduates, Human Capital Externalities, and Wages in the U.S." *Regional Science and Urban Economics* 48 (September 1, 2014): 190-98. https://doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2014.07.003

Xue, Y., & Larson, R. C. (2015). STEM crisis or STEM surplus? Yes and yes. Monthly Labor Review. https://www.bls.gov/ opub/mlr/2015/article/stem-crisis-or-stem-surplus-yes-andyes.htm

Zachariadis, Marios. "R&D-Induced Growth in the OECD?" *Review of Development Economics* 8, no. 3 (2004): 423-39. https://doi.org/10.1111/j.1467-9361.2004.00243.x