Comisión Nacional de **Evaluación** y **Productividad**

INFORME ANUAL DE PRODUCTIVIDAD 2023

Comisión Nacional de Evaluación y Productividad

Comisión
Nacional de
Evaluación y
Productividad

INFORME ANUAL
DE PRODUCTIVIDAD 2023

Comisión Nacional de
Evaluación y Productividad

Índice

Resumen Ejecutivo 5

01 Productividad Total de Factores en Chile Hasta 2023 9
- 1.1 Introducción 10
- 1.2 Evolución de la productividad total de factores en Chile 11
- 1.3 Productividad laboral 20
- 1.4 Conclusión 23
- 1.5 Anexos 24

02 STEM y Productividad 25
- 2.1 Introducción 26
- 2.2 Revisión de la literatura 26
- 2.3 STEM en Chile en cifras y su comparativa con niveles internacionales 29
- 2.4 Desarrollo de políticas de educación STEM en Chile y comparativa internacional 45
- 2.5 Conclusión y recomendaciones de política 55
- 2.6 Anexos 57

03 Estudios Finalizados y en Proceso Durante 2023 75
- 3.1 Análisis de permisos sectoriales prioritarios para la inversión en Chile 76
- 3.2 Productividad en las telecomunicaciones 76
- 3.3 Estudios en proceso en 2023 77

04 Bibliografía

Resumen Ejecutivo

Introducción

La Comisión Nacional de Productividad (CNP) fue creada en 2015 a través de un decreto de ley, en el marco de un conjunto de medidas que contempló la Agenda de Productividad, Innovación y Crecimiento. Como una entidad de carácter técnico, independiente, autónomo y permanente ha generado dieciséis estudios, ocho informes anuales y nueve estudios exploratorios. Además, ha organizado una amplia variedad de seminarios, audiencias, talleres y encuentros con especialistas para generar recomendaciones basadas en análisis técnicos, evidencia y mejores prácticas, tanto a nivel local como internacional, obedeciendo a mandatos del ejecutivo, ya sea directamente desde Presidencia o bien de alguno de sus Ministerios, con el objetivo de potenciar la productividad del país y elevar el bienestar de la población. Todos los estudios, informes anuales, oficios, actas e información general están disponible en la página web www.cnep.cl.

En agosto de 2021, se reformó su reglamento con el objetivo de expandir su alcance y convertirse en una comisión evaluadora de políticas públicas, para optimizar la calidad de las regulaciones existentes y las que se encuentran en proceso de análisis. En virtud de las nuevas atribuciones, la Comisión Nacional de Productividad se convirtió en la Comisión Nacional de Evaluación y Productividad (CNEP).

En este contexto, la CNEP generará, anualmente, dos nuevos productos de relevancia. Uno es la "Agenda de Evaluación de Mediano Plazo", cuyo objetivo principal es la realización de un catastro de los instrumentos de evaluación de políticas públicas en Chile y el desarrollo de un diagnóstico que establece los lineamientos institucionales, metodológicos y regulatorios para fortalecer y fomentar la evaluación en el país. Con este catastro, se establecerá una hoja de ruta a cinco años conducente a promover la transparencia y el desarrollo sostenible de las políticas públicas en Chile.

El segundo producto es un Informe Anual de Evaluación, análogo al presente "Informe Anual de Productividad", con el objetivo de examinar detalladamente los sistemas e instrumentos evaluativos implementados durante cada año presupuestario. El Informe Anual de Evaluación tendrá también "Estudios Exploratorios" como es el caso de los Informes Anuales de Productividad de la CNEP. El Estudio Exploratorio del Informe Anual de Evaluación 2024 será un análisis de la Evaluación de Planificación y Ordenamiento Territorial, resaltando su importancia en el contexto nacional, para generar recomendaciones de políticas públicas que busquen optimizar la coordinación, el enfoque sistémico y la eficiencia de estos instrumentos.

Este Informe Anual de Productividad tiene tres capítulos. El primero presenta un análisis de la productividad en Chile durante el año 2023, junto con un análisis de su evolución desde 1990 a la fecha. El segundo analiza cómo un fortalecimiento de la educación STEM en el país podría impactar positivamente en la productividad. Finalmente, se ofrece un resumen de los trabajos realizados por la CNEP durante el año en curso.

Informe de Productividad 2023

Como cada año, y por mandato presidencial, la Comisión Nacional de Evaluación y Productividad (CNEP) presenta las cifras de la evolución de la productividad en Chile, mediante la estimación de la Productividad Total de Factores (PTF). El objetivo de la publicación de estas cifras es monitorear la evolución de la productividad en Chile, tanto agregada como sectorial, de forma de identificar espacios de mejora y oportunidades de política pública.

En esta edición del Informe Anual de Productividad, se proyecta para 2023 una variación de la PTF entre -1,8% y -2,4% para la economía agregada, y entre -1,8% y -2,6% para la economía sin minería. Dicha contracción se da en un año en donde la actividad económica no habría crecido, aun cuando el empleo y el stock de capital se habrían expandido moderadamente, lo que implica un deterioro en la productividad del uso de los factores. En concreto, se espera una variación del PIB de 0,0%. Mientras que, el empleo, aún afectado por la pandemia, muestra una débil recuperación con un crecimiento interanual promedio de las horas totales

efectivamente trabajadas del 1.9%.[1] Por otra parte, la inversión mantiene un bajo crecimiento, proyectándose un aumento del 3.0% en el stock de capital.

La contracción de la productividad agregada en 2023 sugiere que no ha cambiado el comportamiento tendencial de esta variable, la que ha permanecido estancada durante más de una década. Si bien en 2020 y 2021 se experimentó un crecimiento de la PTF, las seguidas contracciones de 2022 y 2023 absorben el alza, alcanzando un nivel prácticamente idéntico al previo a la pandemia. Así, los últimos 15 años han sido años perdidos en términos del crecimiento de la productividad agregada, ratificando la necesidad de generar medidas para impulsarla. Asimismo, los cambios tecnológicos recientes, como la masificación del tele-trabajo, sugieren la importancia de revisar la evidencia y diseñar políticas que permitan aprovechar estos desarrollos para favorecer la eficiencia laboral hacia adelante.

Pese a lo anterior, se ha avanzado en el diagnóstico de reformas sectoriales y en la evidencia de brechas específicas, para reducir la diferencia en la productividad de nuestro país y de economías más avanzadas. Por ejemplo, y como resultado de varios estudios específicos, la CNEP ha analizado el sistema de permisos para la inversión, constatando que este sistema es inestable, ineficiente e incierto jurídicamente. Este diagnóstico es compartido transversalmente en Chile. Y la agenda que está impulsando la autoridad para eliminar estas falencias del sistema es un paso en la dirección correcta.

Continuando con la evolución reciente de la productividad en nuestro país, este informe constata que, a nivel de sectores[2] y en línea con la caída de productividad agregada en 2022,[3] seis de los ocho sectores productivos redujeron su PTF. Las principales contracciones se dieron en comercio, hoteles y restaurantes (-11,8%), minería (-9,4%), e industria (-8,4%), mientras que, tanto Electricidad Gas y Agua como Transporte y Comunicaciones experimentaron una expansión de su productividad con un 6,7% y 2,5%, respectivamente.

Además, por primera vez, la CNEP aborda el análisis de la Productividad Laboral, donde se evidencia un crecimiento sostenido desde 1990. Pese a que Chile ha logrado converger hacia el promedio de la OCDE, aún se sitúa 42 puntos porcentuales por debajo de esta. Asimismo, se muestra una disminución en el ritmo de crecimiento desde 2011 en adelante, con un crecimiento anual promedio de en torno al 1%. Ello contrasta con los crecimientos anuales por sobre el 2% experimentados entre 2001 y 2010, y sobre el 4% entre 1990 y el 2000.

Paradojalmente, la pandemia generó un aumento excepcional de la productividad laboral en 2020, con un alza interanual de más del 12%. Dicha alza se dio principalmente por la profundización del capital dado por la fuga de empleo experimentada durante la pandemia, la cual fue más profunda en aquellos sectores más intensivos en el contacto físico, que tienden a ser los sectores menos productivos. No obstante, al dispersarse el shock, la productividad laboral volvió a su comportamiento habitual.

La convergencia de la PTF a valores previos a la pandemia resalta la importancia de analizar las cifras con una perspectiva de largo plazo, considerando que los factores que la establecen[4] se reflejan en horizontes de varios años. La productividad se encuentra estancada hace más de una década siendo necesario, por tanto, trabajar constantemente en políticas que busquen eliminar los cuellos de botella que restringen el crecimiento de la productividad, de forma que esta sea un motor del crecimiento económico sostenido, aporte a un desarrollo sustentable y eleve el bienestar de la población.

STEM y Productividad

En esta edición del Informe Anual de Productividad se ofrece un capítulo temático que analizará comprehensivamente la incorporación del enfoque al aprendizaje integrado de las disciplinas de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM), en el marco educacional chileno, con especial interés en reconocer su efectividad para la formación de profesionales en el campo. A nivel mundial, el enfoque STEM es cada vez más común

1 Dado por un aumento de 2.3% del número de ocupados y una reducción de la jornada laboral semanal promedio de -0.4%, según cifras de la Encuesta Nacional de Empleo del Instituto Nacional de Estadísticas.
2 Cuyas cifras son reportadas con un año de rezago.
3 Para 2022, según cálculos de esta comisión, la PTF se contrajo entre un 3,4% y un 4,0%.
4 Como la adopción de tecnología, cambios organizacionales, la eficiencia en la asignación de los recursos o los incentivos que genera la regulación y estructura de permisos.

en los marcos educativos y se reconoce por la integración del aprendizaje de las materias que lo componen: ciencias, tecnologías, ingenierías y matemáticas. Este enfoque no solo tiene el potencial de mejorar las habilidades y competencias de los estudiantes al promover el desarrollo de habilidades cognitivas y no cognitivas valoradas en el mercado laboral, sino que también se percibe como una fuente de aumento de productividad e innovación de las naciones, contribuyendo en la investigación y desarrollo y la adopción eficiente de nuevas tecnologías en empresas. Este estudio analiza el desarrollo del enfoque STEM en el marco educacional chileno, con especial interés en reconocer su efectividad para la formación de profesionales en el campo.

En este estudio se muestra que, aproximadamente el 30% de los estudiantes científico-humanistas (educación secundaria) opta por materias electivas avanzadas en STEM, y alrededor del 40% de los estudiantes técnico-profesionales elige especialidades relacionadas con STEM. Mientras que en la modalidad científico-humanista la distribución de género es equitativa, con un 51% de mujeres, en la modalidad técnico-profesional existen diferencias significativas de género, con solo un 20% de mujeres entre los estudiantes de especialidades STEM.

En la educación terciaria, la proporción de estudiantes que ingresan a carreras STEM se ha mantenido relativamente constante desde 2007 y se encuentra en línea con el promedio de la OCDE, representando un 27% del total de nuevos ingresantes en 2022. Sin embargo, Chile presenta una baja proporción de ingresos a carreras de ciencias, matemáticas y estadísticas, así como en tecnología de la información y la comunicación, en comparación con el promedio de la OCDE. La mayoría de los ingresantes a carreras STEM en Chile opta por estudiar ingeniería, industria y construcción (IIC), situando al país entre los que tienen un mayor ingreso en esta área en comparación con los países de la OCDE. Persiste una baja representación femenina en las carreras STEM, donde las mujeres constituyen alrededor del 20% del total de ingresos, muy por debajo del promedio de la OCDE (35.5%). Además, la tasa de ingreso a programas de maestría en áreas STEM es baja, colocando a Chile como el segundo país de la OCDE con la tasa de ingreso más baja.

La oferta de carreras STEM ha experimentado un considerable aumento en la última década, con un incremento del 54% desde 2007 hasta 2022, impulsado principalmente por el aumento de programas ofrecidos por los Institutos de Formación Profesional (IPs), que casi duplicaron su número en ese período. Sin embargo, existe una gran heterogeneidad en las carreras STEM en términos de institución, contenidos, calidad, duración, entre otros.

En Chile, los individuos con títulos STEM perciben un salario por hora un 7% más alto que trabajadores similares en términos sociodemográficos, educación, experiencia, que trabajan en la misma industria y ocupación, pero que estudiaron en otras áreas. Esta diferencia es aún mayor en cohortes más jóvenes (25-44 años), alcanzando un 9%. Sin embargo, para adultos de 45 a 64 años, no existe una diferencia salarial significativa entre aquellos con títulos STEM y aquellos sin ellos.

En Chile, las iniciativas STEM están fragmentadas, tienen un alcance limitado y se realizan fuera del sistema educativo formal, siendo lideradas principalmente por el sector privado. Estas iniciativas se enfocan en cerrar las brechas de género y enfrentan problemas de coordinación debido a la impredecibilidad de los recursos financieros disponibles, su limitada cobertura, la duplicación de labores y falta de conocimiento consolidado sobre prácticas efectivas.

Internacionalmente, hay políticas y proyectos que Chile podría adoptar para crear un ecosistema STEM más integrado. Los casos destacados apuntan a un ecosistema integral que fomenta tanto la oferta como la demanda de habilidades STEM Ejemplos notables incluyen políticas de Corea del Sur que fomentan la inversión en I+D+i, generando oportunidades laborales para graduados STEM. Las iniciativas del Reino Unido alinean la capacitación STEM con sectores económicos clave. Respecto de la oferta, países como Singapur, China y Sudáfrica han realizado reformas a la educación formal en que combinan teoría y práctica mejorando planes de estudio, realizando reformas curriculares, modificaciones en los métodos pedagógicos y preparación docente. También se destacan políticas inclusivas para grupos menos representados.

Otros países han desarrollado estrategias que promueven habilidades STEM independientemente de un sistema unificado. Por ejemplo, la creación de universidades especializadas en STEM en Uruguay y Finlandia, acuerdos entre universidades y bootcamps en EE.UU. y Canadá, y el uso de microcredenciales STEM en Australia.

Estudios finalizados y en proceso durante 2023

El Capítulo 3 de este informe ofrece un repaso de los estudios realizados por la Comisión Nacional de Evaluación y Productividad (CNEP) durante el año 2023:

Análisis de Permisos Sectoriales Prioritarios para la Inversión en Chile: En respuesta a un mandato del presidente de la República, la CNEP emprendió un análisis exhaustivo de los permisos que impactan las inversiones en Chile. Este estudio se centró en 63 permisos críticos de un total de 309 identificados. La recopilación de datos fue minuciosa e incluyó información sobre la frecuencia de uso, tasas de aprobación, tiempos de tramitación y otros aspectos relevantes. El estudio reveló patrones, como que los permisos de menor complejidad (clase 1) tenían plazos de tramitación cortos y tasas de rechazo bajas, mientras que los permisos más complejos (clase 3) experimentaban demoras significativas y tasas de rechazo más altas. Como respuesta a estos desafíos, la CNEP propuso diversas medidas, desde revisiones externas de expedientes hasta una mayor coordinación interinstitucional. El objetivo es mejorar el proceso de inversión sin comprometer la protección de áreas críticas para la sociedad. Este estudio se completó en octubre de 2023.

Productividad en las Telecomunicaciones: Este estudio, encomendado por la Presidencia de la República en marzo de 2022, se enfocó en identificar las barreras que obstaculizan el crecimiento productivo en varios sectores y los beneficios derivados del aumento en la oferta de servicios de telecomunicaciones. El estudio puso de relieve problemas en los procesos de autorización, la gestión del espectro radioeléctrico y la brecha digital. Se formularon recomendaciones para abordar estos desafíos, como la implementación de subastas para asignar espectro y una mayor transparencia en los procesos de licitación. También se abordó la calidad del servicio de internet y la importancia de contar con un mapa de conectividad. Este estudio se entregó en diciembre de 2023.

Adicionalmente, la Comisión Nacional de Evaluación y Productividad (CNEP) tiene en marcha varios estudios durante el año 2023. El primero, "Eficiencia en la gestión de compras y manejo de inventarios de insumos médicos en la red pública de hospitales" analiza la importancia de asegurar un suministro adecuado de estos insumos para el funcionamiento del sector salud. Se han entrevistado a diversos actores relevantes para esta materia, incluyendo representantes de hospitales y proveedores, de modo de identificar desafíos y proponer recomendaciones que mejoren la gestión de compras e inventarios en hospitales públicos.

La CNEP también recibió el mandato principal para la realización del estudio de "Medición de los tiempos de tramitación de permisos de inversión mineros", como parte de la discusión sobre el Royalty Minero. Con este fin, la CNEP está construyendo una línea base para entender los plazos asociados a estos proyectos y monitoreará las variaciones en el tiempo para evaluar el cumplimiento de las metas de reducción de plazos establecidas por el gobierno.

Además de estos estudios específicos, la CNEP lanzó una "Agenda de Evaluación de Mediano Plazo", que busca analizar los instrumentos de evaluación de políticas públicas en Chile y desarrollar un diagnóstico para fortalecer la evaluación en el país en los próximos cinco años. En el marco de esta agenda se está preparando un "Informe Anual de Evaluación" que se publicará en mayo de 2024, que examinará los sistemas e instrumentos implementados durante 2023, con un enfoque cuantitativo. Este informe, además, contará con un capítulo temático especial que se centrará en la Evaluación de Planificación y Ordenamiento Territorial.

01 PRODUCTIVIDAD TOTAL DE FACTORES (PTF) EN CHILE HASTA 2023

Como cada año, la Comisión Nacional de Evaluación y Productividad (CNEP), por mandato de la Presidencia de la República, elabora y presenta las cifras de la evolución de la productividad en Chile medida a través de la Productividad Total de Factores (PTF). Este ejercicio se replica, tanto para la economía agregada como para la economía sin minería, y para cada uno de los sectores de la economía con un año de rezago,[5] y se realiza con el objetivo de monitorear la evolución de la productividad en Chile.

5 Debido al rezago en la publicación de las cifras del stock de capital de cuentas nacionales por sector económico, las cifras de PTF para los sectores se entregan con un año de atraso. Así, en el informe de 2023 se publican las cifras sectoriales de 2022.

1.1 Introducción

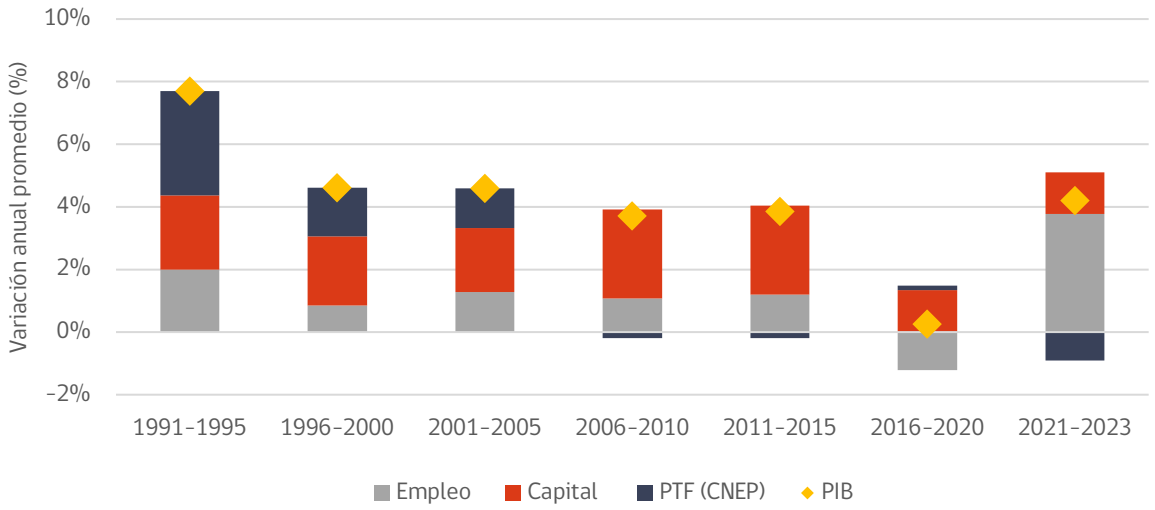
Para contextualizar las cifras y el análisis de este capítulo, es importante recordar qué se entiende por productividad. Esta es la relación entre la cantidad de bienes producidos y los recursos utilizados con ese fin, es decir, constituye una medida de cuánto puede generarse con un determinado nivel de insumos (OCDE, 2001).

Así, la productividad es un medio que permite aumentar la capacidad de generar valor agregado, incluso manteniendo constante el nivel de insumos. Esto es relevante porque una mayor productividad permite, entre otras cosas, fomentar el crecimiento económico; distribuir más bienes y servicios entre la población y aumentar el nivel de ingresos (OCDE, 2023), liberando horas trabajadas para ocio y recursos invertidos para consumo; y a satisfacer las necesidades de las personas utilizando menos recursos naturales, cuidando mejor el medioambiente.

Con todo, la productividad es un motor importante para un crecimiento económico sostenido,[6] lo que permite aumentar el bienestar de la población (Baumol et al., 1992). Sin embargo, en Chile, la influencia de la PTF en el crecimiento económico ha decaído con el tiempo. Si bien, entre 1991 y 1995 el crecimiento de la PTF fue responsable de cerca de la mitad (44%) del crecimiento anual promedio[7] (Figura 1), entre 1996 y 2000 la PTF ya explicó solo un tercio del crecimiento. Mientras que, desde el 2006 en adelante, la influencia de la PTF en el crecimiento económico ha sido prácticamente nula.

En definitiva, mayores niveles de productividad, ya sea mediante avances tecnológicos, mejores modelos de negocio, nuevas ideas o reasignación de recursos hacia usos más eficientes, reflejan una mayor capacidad de dar uso a los insumos productivos (trabajo y capital) para la producción de bienes y servicios, fomentando el crecimiento económico y aumentando los niveles de vida y bienestar de la población, de manera sostenida y sustentable.

Figura 1: Descomposición del crecimiento anual promedio del PIB según quinquenio



Notas: (1) Variación anual promedio calculada con base en el promedio geométrico. Fuente: Elaboración propia con base en metodología CNEP (2023).

6 El modelo de contabilidad clásica de crecimiento económico indica que se puede crecer mediante la acumulación de los factores utilizados en la producción como trabajo y capital, o bien, mediante una mayor eficiencia en la forma con que estos factores son utilizados, es decir, a través de una mayor productividad.

7 Correspondiente a 3,4 puntos porcentuales de 7,7.

1.2 Evolución de la Productividad Total de Factores en Chile

Determinantes de la Productividad Total de Factores

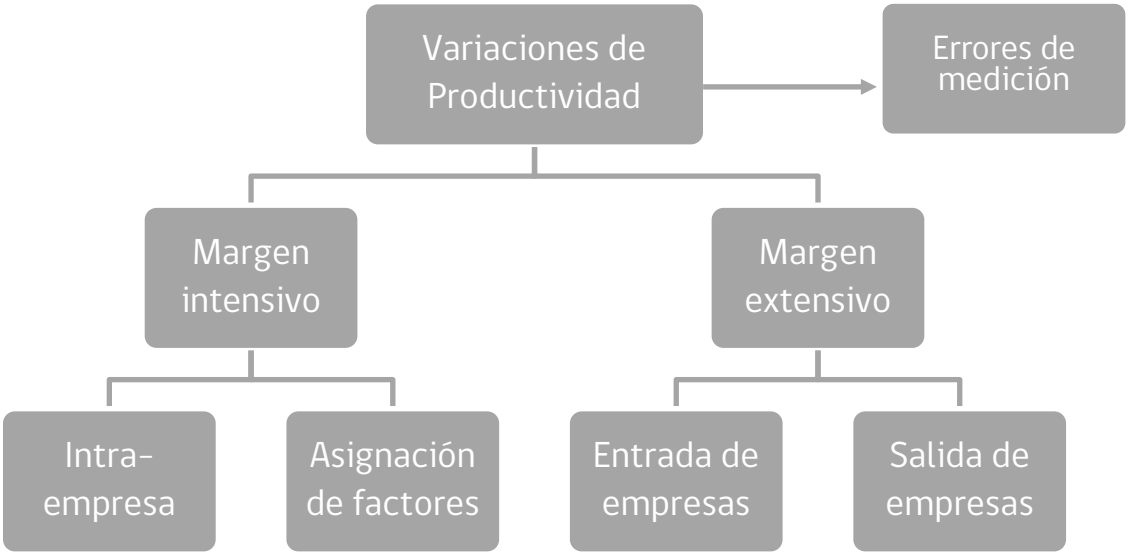
Las cifras que anualmente entrega la CNEP dan cuenta de la dinámica de productividad de Chile a nivel agregado. Lo que implica un nivel adicional de complejidad, toda vez que, como se muestra en la figura 2, las variaciones de productividad pueden ser determinadas por cambios en la productividad de empresas incumbentes (margen intensivo), en la salida y entrada de empresas (margen extensivo) o, incluso, en errores de medición (Melitz & Polanec, 2015).

Por ejemplo, por el lado de las empresas incumbentes, se puede dar una variación positiva de la productividad dentro de la empresa si, dada una determinada acumulación de factores en un período, la producción aumentó relativamente más de lo que aumentó la dotación de factores.[8] Lo que puede ver su origen en la adopción de nuevas tecnologías o mejores modelos de negocios que permiten dar un uso más eficiente de los recursos disponibles (OCDE, 2001). Asimismo, la asignación de recursos entre empresas también afecta el nivel de productividad agregado, de forma que, si los recursos son asignados en mayor medida a las empresas relativamente más productivas, el nivel de productividad aumenta. Estos dos componentes determinan el margen intensivo.

Por otra parte, la entrada y salida de empresas afecta el nivel agregado de productividad si, por ejemplo, salen del mercado las empresas menos productivas y en su lugar, entran empresas relativamente más productivas que las que salen. Entonces, manteniendo todo lo demás constante, la productividad aumenta.

Por último, la productividad al ser medida en base al residuo de la contribución de los factores productivos, es altamente sensible a la precisión con la que son medidas las cifras de empleo, producción y capital agregado. De esta forma, si alguna de estas cifras no captura bien lo ocurrido en la economía durante un período determinado, puede generar que se le atribuya a productividad un margen que no le corresponde. Este fenómeno es particularmente relevante en economías en vías de desarrollo con un gran mercado informal, para el cual es difícil medir su valor agregado y empleo (OCDE, 2001).

Figura 2: Determinantes de la variación de la productividad.



Fuente: Elaboración propia con base en Melitz & Polanec (2015) y OCDE (2001).

8 Recordar que, toda variación de la producción que no se explica por la acumulación de factores se atribuye a variaciones de la productividad.

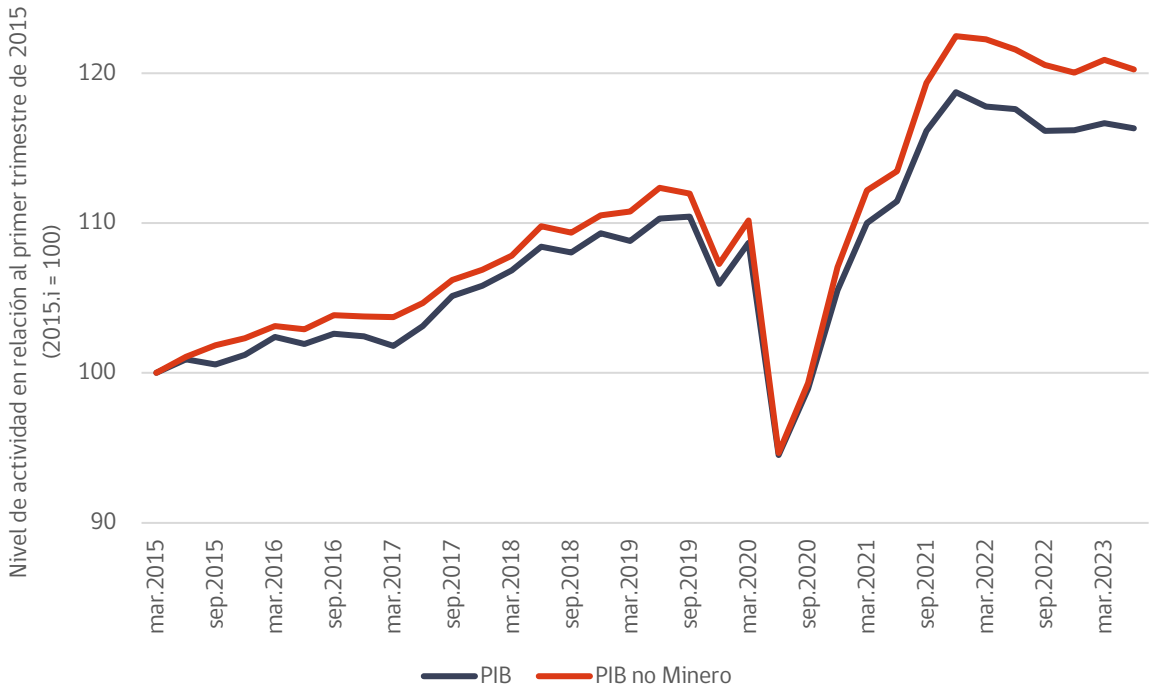
En síntesis, cambios en el nivel de productividad de una economía reflejan una combinación de efectos, desde la adopción de cambios tecnológicos, mejoras en la eficiencia en la asignación de recursos, entrada y salida de empresas e incluso, errores de medición (OCDE, 2001). Es por ello que la CNEP recomienda mirar e interpretar las variaciones de la PTF en ciclos de mediano o largo plazo (CNEP, 2016).

Índice de Productividad agregada en 2023 y revisión de cifras anteriores

La PTF representa la eficiencia con la que se utilizan, en conjunto, los factores de producción, es decir, está dada por la fracción de la producción que no se explica por las acumulaciones de los factores (capital y trabajo). Así, antes de hablar de las cifras de productividad es relevante analizar el comportamiento del PIB, el capital y el trabajo durante los últimos años.

Primero, la actividad económica en Chile, medida mediante el PIB,[9] da cuenta de una economía que cayó fuertemente en 2020 producto de la pandemia por el COVID-19, seguida luego de una importante expansión, en particular para la actividad no minera. Luego, a contar del primer trimestre de 2022 se muestra un producto estancado decayendo levemente (Figura 3). Para 2023, las proyecciones[10] estiman un crecimiento nulo del PIB, esperando una variación de un 0,0% con respecto al año anterior. Mientras que, para el caso del PIB no minero, se espera una contracción de 0,4% en 2023.

Figura 3: Evolución del PIB (2015.T1 = 100)



Fuente: Elaboración propia con base en datos de Cuentas Nacionales. Notas: (1) Cifras de PIB reportadas son a precios encadenados de 2018, desestacionalizadas y en relación al valor del primer trimestre de 2015.

9 El Banco Central de Chile define el Producto Interno Bruto (PIB) como: "el valor total de la producción de bienes y servicios de una economía, para un período determinado, realizada por los agentes económicos (empresas, hogares y gobierno) que residen dentro del territorio nacional" (Banco Central de Chile, 2021). Así, el PIB es considerado uno de los principales indicadores de actividad económica de un país.

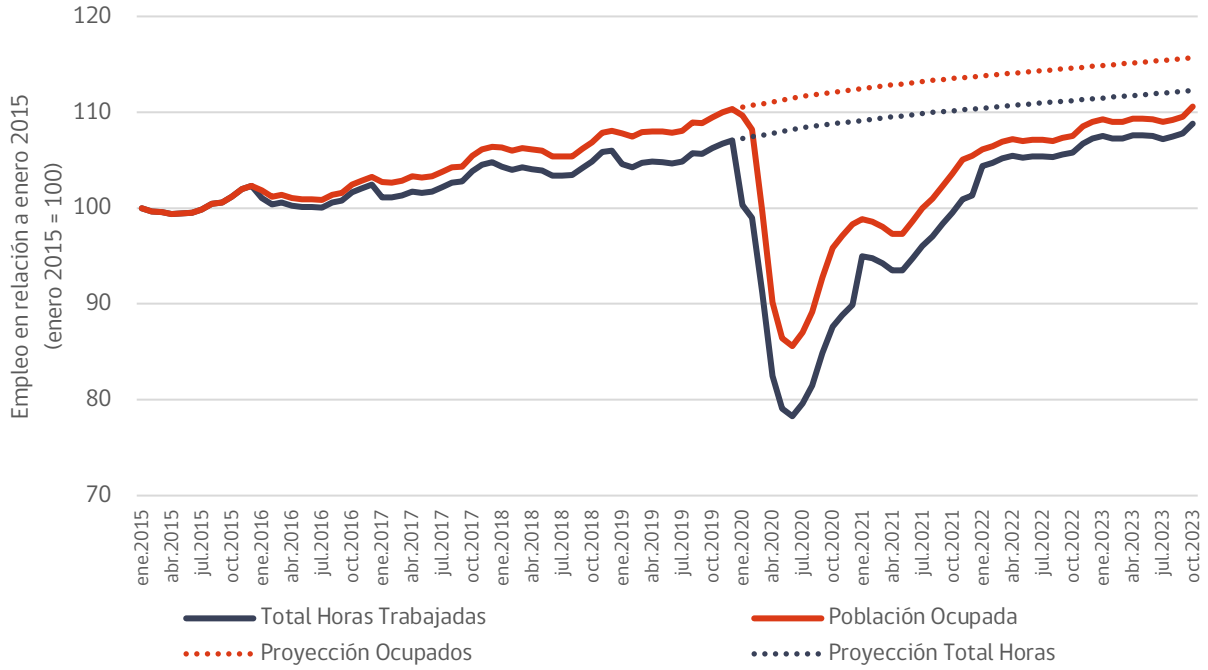
10 Para la medición de la PTF, en particular para la PTF agregada, se utiliza la proyección realizada por el Banco Central de Chile, publicada en su último Informe de Política Monetaria del año. Mientras que para la economía agregada sin minería se considera los datos del último trimestre de la Encuesta de Expectativas Económicas. Para más detalle consultar la metodología CNEP.

Segundo, en cuanto al empleo, este fue fuertemente golpeado en pandemia y ha mostrado una débil recuperación desde entonces (Figura 4). De hecho, si se considera el crecimiento de la población, aún existe una brecha en el número de ocupados al comparar con diciembre de 2019. En concreto, si se proyecta el número de ocupados y las horas trabajadas con base en el crecimiento de la población en edad de trabajar, se evidencia que la brecha supera las 300 mil personas.[11]

Además, si bien desde el segundo semestre de 2020 y durante gran parte de 2021 se experimentó una recuperación en el número de empleados y el total de horas trabajadas, la tasa de crecimiento disminuyó a contar del primer trimestre de 2022. En concreto, el crecimiento interanual promedio del número de horas trabajadas en 2023 es de 1.9%,[12] cifra inferior a la experimentada en 2021 y 2022 con un 9.3% y 11.2%, respectivamente.

Además, es importante señalar que existe una tendencia a la baja en las horas efectivamente trabajadas a la semana, pasando de una jornada laboral efectiva de cerca de 40 horas en 2010, a una jornada promedio de menos de 38 horas en 2023.[13] Esto significa una presión adicional sobre la recuperación del trabajo ya que cada trabajador estaría ofreciendo un menor número de horas.

Figura 4: Evolución del número de ocupados y las horas trabajadas



Fuente: Elaboración propia con base en datos de la Nueva Encuesta Nacional de Empleo (2023). Notas: (1) Proyección del número de ocupados se realiza considerando la tasa de crecimiento de la población en edad de trabajar y suponiendo que se mantiene la tasa de participación en la fuerza de trabajo de diciembre de 2019. (2) Proyección del total de horas trabajadas se realiza considerando la tasa de crecimiento de la población en edad de trabajar, manteniendo la jornada laboral efectiva promedio observada en diciembre de 2019 y suponiendo que se mantiene la tasa de participación en la fuerza de trabajo de diciembre de 2019.

11 Tomando como referencia el número de ocupados y la participación laboral observada en diciembre de 2019.

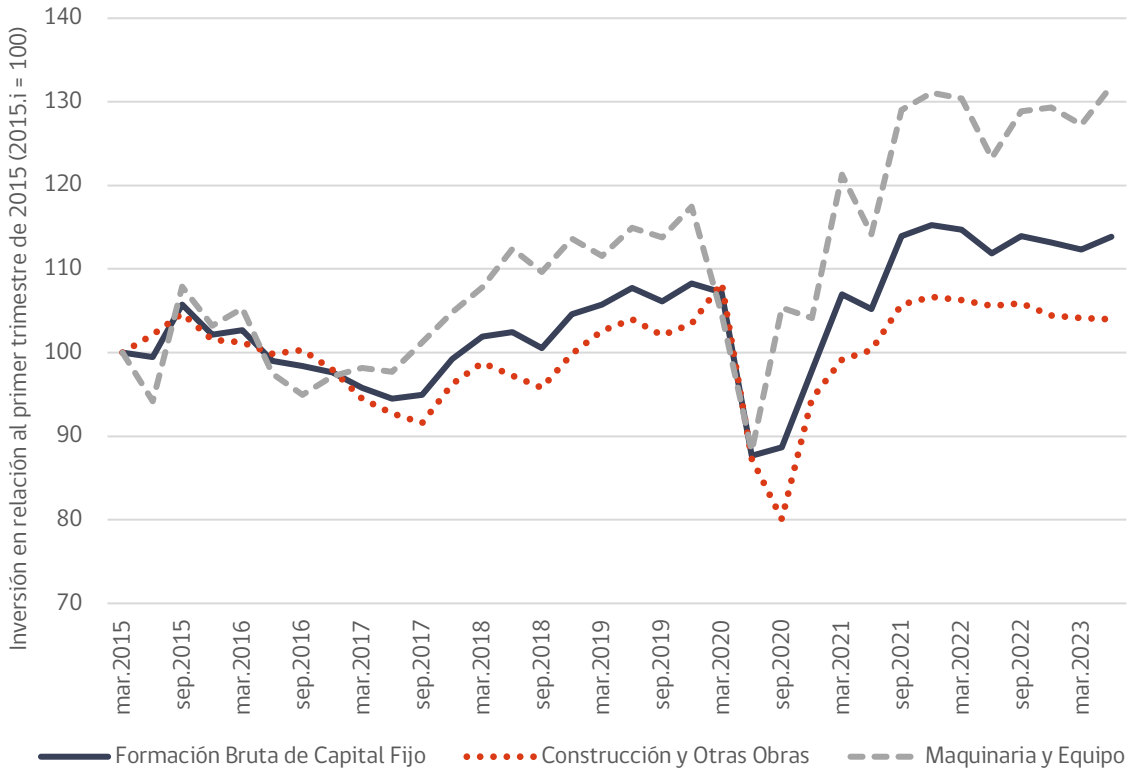
12 El crecimiento interanual promedio del número de ocupados en 2023 es de 2.3%, se da por un aumento de 1.3% del número de ocupados y una reducción de la jornada laboral efectiva de un 0.4%.

13 Es importante recalcar que, el promedio de las horas efectivas trabajadas incluye tanto a trabajadores con jornada completa como incompleta, es por ello que su valor tiende a ser inferior al máximo legal.

Por último, al igual que el PIB y el empleo, la formación bruta de capital fijo [14] (inversión) cayó significativamente durante el primer año de pandemia, para luego recuperarse durante 2021 y comienzos de 2022. No obstante, en lo que va de 2023 la inversión ha mantenido un bajo crecimiento, más allá de cierta mejora del componente de maquinaria y equipos (Figura 5). Así, considerando la formación bruta de capital fijo en 2022, se proyecta que para 2023 el stock de capital crecerá un 3.0%.

En síntesis, en 2023 se espera una variación anual de la actividad económica de 0,0%, acompañada de un crecimiento moderado del capital y empleo con un crecimiento de 3.0 y 2.3%, respectivamente. En otras palabras, en 2023 se produjo aproximadamente lo mismo que en 2022 con más factores productivos, lo que implica que, en promedio, la productividad con la que se produjo, cayó.

Figura 5: Evolución de la formación bruta de capital fijo y sus componentes (serie desestacionalizada)



Fuente: Elaboración propia con base en datos de Cuentas Nacionales (2023)

Utilizando la metodología de la CNEP,[15] los cálculos confirman la intuición anterior, se proyecta una contracción de la PTF para 2023 tanto para la economía agregada como para la economía no minera.

El detalle se muestra en la Tabla 1 y da cuenta que la variación proyectada de la PTF para 2023 es de entre -1,8 y -2,4% para la economía agregada, mientras que de entre un -1,8 y -2,6% para la economía no minera.

14 El Banco Central de Chile define la Formación Bruta de Capital Fijo (FBCF) como "los gastos que adicionan bienes nuevos duraderos a (las) existencias de activos fijos, menos sus ventas netas de bienes similares de segunda mano. (…) La FBCF está compuesta por la Construcción y Otras obras; y Maquinaria y equipos" (BCCh, 2021).

15 Para más detalle consultar el anexo metodológico.

Tabla 1: Variación anual de la Productividad Total de Factores

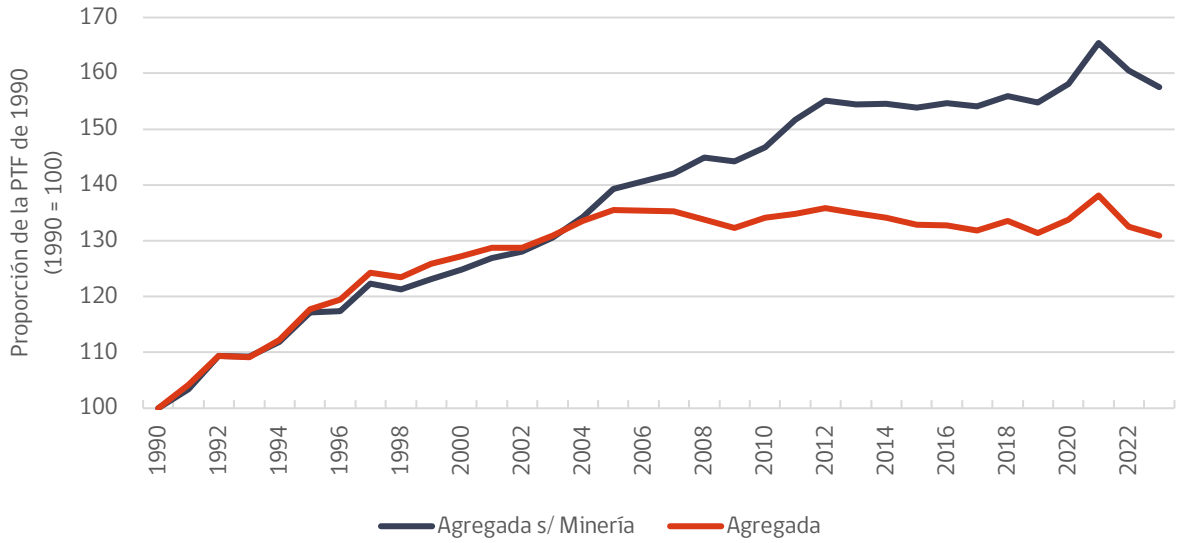
Periodo	Agregada			Agregada sin minería		
	Ajuste de Capital CNEP	Ajuste de Capital DIPRES	Sin Ajustar	Ajuste de Capital CNEP	Ajuste de Capital DIPRES	Sin Ajustar
1991-1995	3.3%	3.9%	4.0%	3.2%	3.9%	3.9%
1996-2000	1.6%	1.5%	1.7%	1.3%	1.2%	1.4%
2001-2005	1.3%	1.0%	1.5%	2.2%	2.0%	2.4%
2006-2010	-0.2%	0.0%	0.4%	1.1%	1.2%	1.7%
2011-2015	-0.2%	-0.2%	0.2%	1.0%	1.0%	1.4%
2016-2020	0.1%	0.3%	0.1%	0.5%	0.7%	0.5%
2021-2023	-0.9%	-1.4%	-1.0%	-0.1%	-0.7%	-0.2%
2020	1.8%	3.7%	2.3%	2.2%	4.4%	2.8%
2021	3.2%	2.1%	3.1%	4.6%	3.3%	4.5%
2022	-4.0%	-4.1%	-3.5%	-3.0%	-3.0%	-2.4%
2023 (p)	-1.8%	-2.2%	-2.4%	-1.8%	-2.3%	-2.6%

Fuente: Elaboración propia con base en metodología CNEP (2023) Notas: (1) Los ajustes de capital CNEP y DIPRES buscan ajustar las cifras por el grado de utilización del capital en el ciclo económico. Se diferencian en la forma de estimar la utilización del capital. (2) El ajuste de capital CNEP ajusta la utilización de capital considerando el número de asalariados y su desviación con respecto a su tendencia de largo plazo, mientras que el ajuste de capital DIPRES lo hace considerando la tasa de desempleo y su desviación con respecto a la tasa de desempleo natural. Para más detalle consultar el Manual de Construcción de Cifras para la Productividad Total de Factores de la CNEP. (3) Las cifras Sin Ajustar representan el valor de la variación de la PTF asumiendo que no cambia el grado de utilización del capital.

La variación negativa de la PTF 2023 implica una convergencia hacia la tendencia observada previo a la pandemia de una productividad agregada estancada (Figura 6). De hecho, si bien, durante 2020 y 2021 la productividad se expandió, en 2022 y 2023 se contrajo de tal forma que, en 2023 el nivel de la PTF es prácticamente idéntico al observado en 2019.[16] Ello sugiere que, a pesar del shock producido por la pandemia, la evolución de la PTF sigue estancada y resalta la relevancia de analizar las cifras con una perspectiva de largo plazo.

16 Incluso, para la economía agregada, el nivel de la PTF en 2023 es un 1,0% menor que en 2019. Mientras que, para la economía agregada sin minería, el nivel de la PTF en 2023 es un 2,0% mayor que en 2019. Ambas cifras muy cercanas al valor original de 2019.

Figura 6: Evolución de la Productividad Total de Factores (1990 = 100)



Fuente: Elaboración propia con base en metodología CNEP (2023)

Con la contracción de la PTF en 2023, la media móvil de su crecimiento vuelve a fluctuar en torno a 0%, en línea con lo experimentado desde finales de la década de los 2000 (Figura 7), sin embargo, esto no siempre fue así, sino más bien el ritmo del crecimiento anual de la PTF ha decaído, pasando de tasas por sobre el 3% a comienzos de la década de los años 90', al crecimiento en torno al 0% de los últimos años. Así, en términos del crecimiento de la productividad, los últimos 15 años han sido años perdidos.

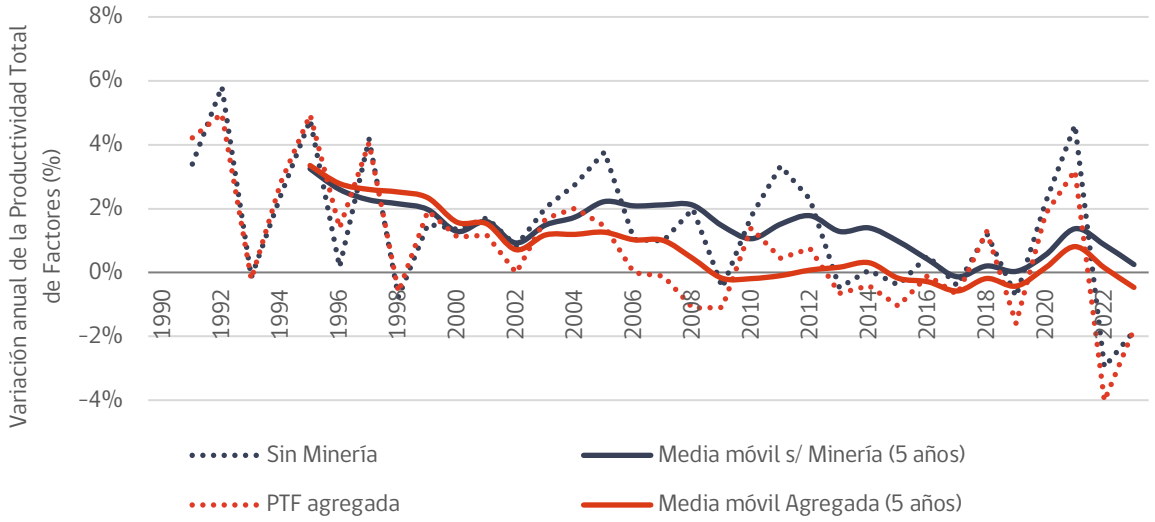
Es importante mencionar dos elementos en torno al estancamiento del crecimiento de la PTF. Primero, la desaceleración en la PTF agregada habría sido menor de no ser por la caída en la productividad minera por el deterioro de la ley del mineral (CNEP, 2016). Pero incluso para la PTF sin minería ha caído el ritmo de crecimiento. De hecho, al analizar el crecimiento anual promedio según quinquenios (Figura 8) es claro el estancamiento: mientras que entre 1991 y 1995 la PTF sin minería crecía por sobre el 3,0%, en el quinquenio entre 2016 y 2020 el ritmo de crecimiento anual promedio cayó hasta un 0,5%.

En suma, la desaceleración de la productividad es un fenómeno de largo plazo, que se ha visto agravado por la caída en la productividad minera, pero que es transversal en la economía nacional.

Segundo, la desaceleración de la PTF en el período previo a la pandemia del COVID-19 es un fenómeno global. De hecho, este comportamiento ha sido foco de múltiples estudios y es usualmente referido como la paradoja de la productividad, dado que esta desaceleración ocurrió en un período con importantes cambios tecnológicos asociados a las tecnologías digitales (OCDE, 2023).

Si bien, no existe un consenso en los motivos detrás de esta desaceleración, en la literatura se han planteado diversas hipótesis. Algunos autores sugieren que a pesar de que las nuevas tecnologías (TIC, por ejemplo) sean revolucionarias tienen un menor potencial que sus predecesoras (Cowen, 2011; Gordon, 2012). En otras palabras, es la escala y naturaleza transformadora de los nuevos avances tecnológicos y su contraste con las revoluciones tecnológicas anteriores (como la difusión del motor de combustión, la electricidad, entre otros) una posible explicación del estancamiento de la productividad.

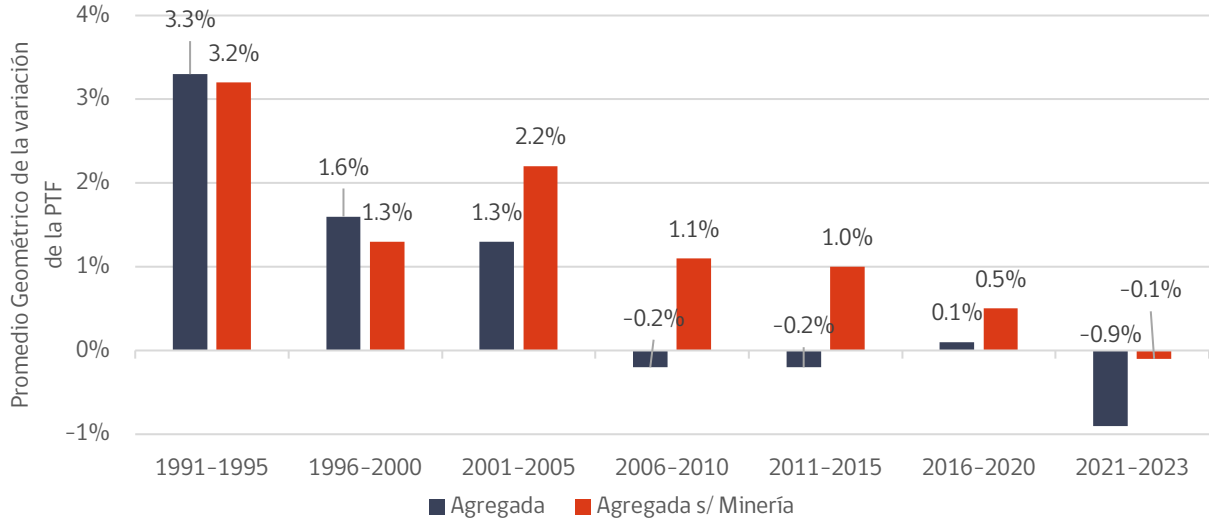
Figura 7: Variación anual de la Productividad Total de Factores (media móvil 5 años)



Fuente: Elaboración propia con base en metodología CNEP (2023).

Por otro lado, otros argumentan que el deterioro en el crecimiento de la productividad no se debe al potencial de las nuevas tecnologías, sino a que su adopción es más compleja, requiriendo innovaciones paralelas en modelos de negocio y estructuras organizativas (Brynjolfsson y McAfee, 2011; Baily, Manyika y Gupta, 2013). También requiere del desarrollo de habilidades, siendo, por ejemplo, el déficit de habilidades digitales una barrera para la difusión y uso de las nuevas tecnologías (Andrews, Nicoletti & Timiliotis, 2018). De esta forma, estas barreras estarían reduciendo el ritmo con el que se adoptan las innovaciones tecnológicas en las empresas, en especial entre las firmas de menor tamaño (OCDE, 2015; Andrews, Criscuolo & Gal, 2016).

Figura 8: Variación de la Productividad Total de Factores según quinquenio



Notas: (1) Variación de la PTF se realiza con base en la serie con ajuste de capital CNEP. (2) Variación promedio según quinquenio se calcula en base al promedio geométrico. Fuente: Elaboración propia con base en metodología CNEP (2023).

Índice de Productividad Total de Factores según sector económico en 2022 y revisión de cifras anteriores

Las cifras de PTF sectoriales permiten descomponer el comportamiento de la PTF agregada según sectores.[17] Con esto, es posible identificar qué sectores están impulsando la productividad agregada y cuáles no. Esto es relevante pues la literatura da cuenta que, en general, las variaciones de productividad se deben a cambios en la productividad dentro de los sectores y no entre sectores (OCDE, 2023) y Chile no es la excepción (Hunneus et al., 2021).

La variación anual de la PTF sectorial entre 1990 y 2022[18] se resume en la Tabla 1. De allí, es posible desprender que, para 2022, en línea con la caída de la PTF agregada en 2022 de 4%, 6 de los 8 sectores redujeron su productividad.[19]

Las mayores caídas interanuales se observan en comercio, hoteles y restaurantes (-11,8%), minería (-9,4%), e industria (-8,4%). Por otro lado, tanto Electricidad Gas y Agua (EGA) como Transporte y Comunicaciones experimentaron una expansión de su productividad en 2022 de un 6,7 y 2,5%, respectivamente.

Tabla 2: Productividad Total de Factores CNEP en 2022 (crecimiento anual)

	Variación anual (%)							
	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2010	2011-2015	2016-2020	2021-2022	2022
Agricultura, caza y pesca	5.0%	3.8%	7.2%	4.9%	2.5%	2.9%	0.8%	-2.7%
Minería	2.0%	3.3%	-8.8%	-8.0%	-7.9%	-2.3%	-5.8%	-9.4%
Industria	3.9%	1.9%	1.0%	-0.5%	-0.2%	-1.0%	-2.8%	-8.4%
Electricidad, gas y agua	8.8%	-1.3%	2.4%	-10.4%	0.5%	-2.4%	1.3%	6.7%
Construcción	2.8%	-3.4%	-1.8%	-7.5%	-2.0%	-1.2%	-2.0%	-4.2%
Comercio, hoteles y restaurantes	6.3%	2.1%	3.5%	3.2%	1.5%	0.5%	-1.2%	-11.8%
Transporte y comunicaciones	7.6%	8.5%	4.7%	2.3%	-0.9%	0.6%	1.1%	2.5%
Servicios	-0.5%	-0.1%	1.7%	2.0%	0.1%	-0.1%	-0.5%	-1.0%

Fuente: Elaboración propia con base en metodología CNEP (2023). Nota: (1) Variaciones anuales de la PTF sectorial reportadas son corregidas bajo el ajuste de capital CNEP, es decir, se ajusta el grado de utilización del capital según el ratio de asalariados sobre la fuerza de trabajo y su desviación con respecto a la tendencia de largo plazo.

En una mirada de largo plazo, 5 de los 8 sectores han aumentado su productividad con respecto a 1990 (Figura 9). Dentro de estos destaca el crecimiento de la productividad de la agricultura y pesca y Transporte y comunicaciones cuya productividad en 2022 es más de 3 veces la de 1990. Por otro lado, la productividad del comercio, hoteles y restaurantes también aumentó fuertemente en la década de los 90 y comienzos de los 2000, más que duplicando la PTF en 1990, para luego estancarse desde 2010 en adelante.[20] Si bien la productividad de la industria y servicios ha aumentado con respecto a 1990, dicho aumento es acotado en relación a los otros sectores, aumentando entre un 14% y 18% en 32 años.

Por otra parte, 3 industrias han caído, en su productividad desde 1990. Tal es el caso de la minería, construcción y la electricidad, gas y agua (EGA), con una contracción de la productividad de un 84, 52 y 12%, respectivamente.

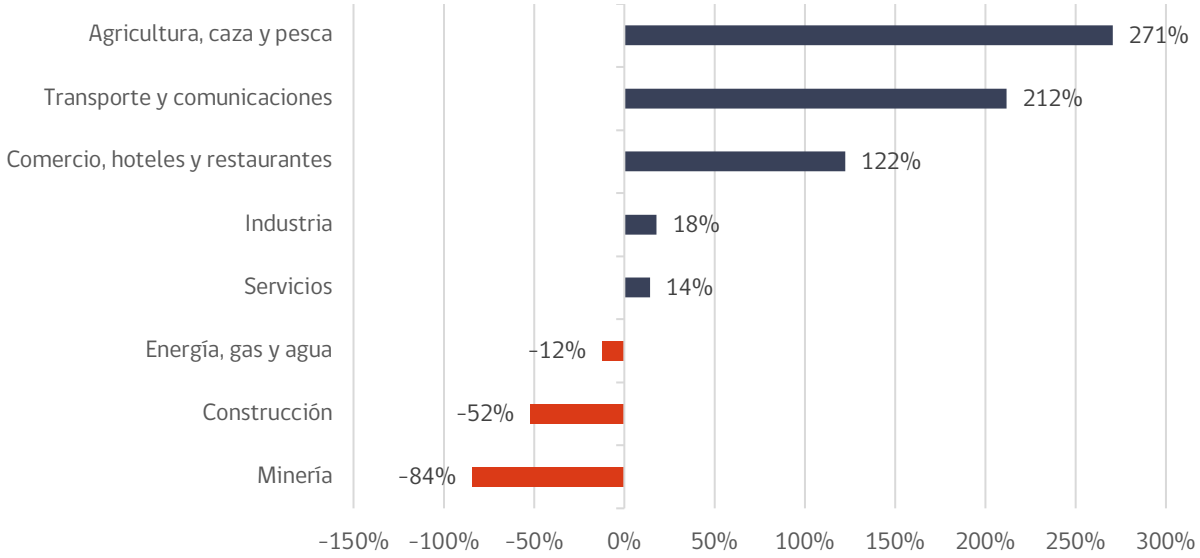
17 Se identifican 8 sectores económicos: 1) agricultura, caza y pesca; 2) minería; 3) industria; 4) Energía, gas y agua; 5) construcción; 6) comercio, hoteles y restaurantes; 7) transporte y comunicaciones; 8) servicios.

18 A diferencia de las cifras de PTF agregadas, dada la disponibilidad de información, las cifras de PTF sectorial se publican para el año anterior, en este caso para 2022. Esto ocurre principalmente debido que para actualizar las cifras sectoriales para el año en curso se requiere datos respecto al stock de capital, los cuales no son publicados sino hasta el siguiente año por el Banco Central.

19 Con todo, se debe considerar con cautela la información sobre la productividad sectorial dado que los datos sectoriales son definidos por información tributaria, la cual es recolectada con fines distintos a la medición del PIB. A lo que se suma que no se cuenta con un ajuste de uso del capital específico para cada sector, sino que se utiliza el ajuste de asalariados de la economía agregada no minera, lo que no permite capturar shocks sectoriales sobre la productividad.

20 Consultar gráfico A.1 en anexos para más detalle acerca del comportamiento de la productividad sectorial en el tiempo.

Figura 9: Variación de la PTF de 2022 con respecto a 1990, según sector económico



Fuente: Elaboración propia con base en metodología CNEP (2023)

El comportamiento disímil de los sectores económicos da cuenta como, incluso dentro de una misma economía, se pueden obtener resultados distintos según lo vinculantes que son los cuellos de botella para cada sector económico. En concreto, es posible agrupar los obstáculos para el crecimiento de la productividad en 5 categorías (CNEP, 2016; Hausmann, Klinger & Wagner, 2008).[21]

Primero, un posible cuello de botella para el crecimiento de la productividad puede deberse a frenos institucionales, donde el Estado en su función regulatoria y fiscalizadora induce a un sistema regulatorio complejo que traba o retrasa el desarrollo de proyectos, mermando la productividad de las empresas.[22]

Segundo, el desaprovechamiento del potencial de capital humano debido, por ejemplo, a deficiencias en la calidad del sistema educacional o en la asignación del talento que restringe la capacidad de diversificar y desarrollar nuevas actividades, así como también a adoptar efectivamente las nuevas tecnologías o estructuras organizacionales.

Tercero, la presencia de fallas de mercados que reduzcan la competitividad de los mercados induce a menores incentivos a adoptar nuevas tecnologías, al ingreso de nuevos actores y en definitiva generar una asignación eficiente de los recursos.

Por otra parte, aspectos culturales como la actitud frente al esfuerzo también pueden frenar el desarrollo de la productividad. Así como también la presencia de desequilibrios macroeconómicos o financieros.

Cada sector económico puede ser afectado por uno o varios frenos a la productividad, siendo algunos más vinculantes que otros. Por ejemplo, para el caso de la construcción y minería, se argumenta que, los frenos institucionales son vinculantes pues estos sectores requieren de los permisos para efectuar sus proyectos.[23] De esta forma, la extensa permisología asociada al desarrollo de proyectos inmobiliarios o mineros sería una de las posibles causas del comportamiento negativo de la productividad de estos sectores.

En definitiva, el estudio de estos cuellos de botella es relevante para las políticas públicas que buscan fomentar la productividad, toda vez que su estudio

21 Es importante señalar que, esta lista no es exhaustiva, sino que pueden existir otros potenciales frenos para el crecimiento de la productividad (CNEP, 2016).

22 Toda vez que deben destinar recursos y tiempo a cumplir con las regulaciones y permisos, en lugar de dedicar sus esfuerzos a la producción.

23 Para más detalle consultar el informe Análisis de Permisos Sectoriales Prioritarios para Invertir de la CNEP (2023).

permite comprender y sugerir un campo de acción para poder superar las barreras y fomentar el crecimiento de la productividad en Chile.

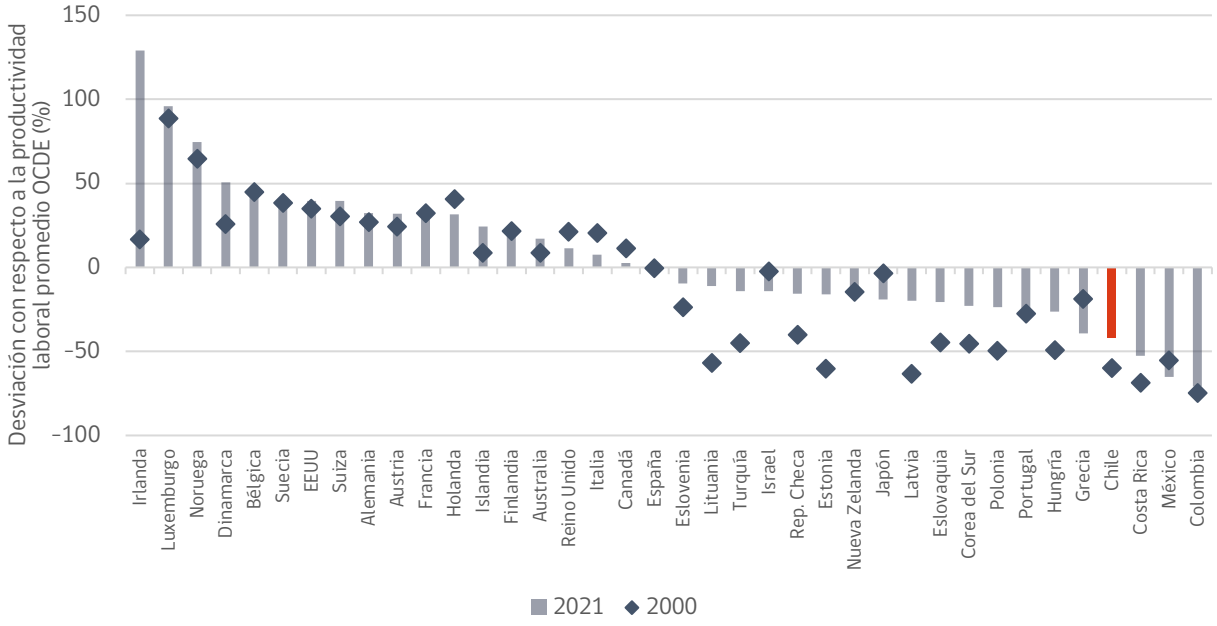
1.3 Productividad Laboral

La productividad laboral es un indicador de productividad que muestra cuán productivo es el trabajo para generar valor agregado en un tiempo determinado. Se define como el valor agregado producido por unidad de trabajo,[24] y al ser una medida de productividad de un solo factor -a diferencia de la PTF que considera dos insumos-, permite realizar comparaciones más sencillas entre países y, con ello, situar a Chile en el contexto global en términos de productividad laboral.

Sin embargo, es importante mencionar que, debido a su naturaleza simplista, refleja parcialmente los cambios en las capacidades de los trabajadores o la intensidad de sus esfuerzos (OCDE, 2001), pues también depende en gran medida a la presencia de otros insumos como el stock de capital físico, influencia de economías de escala o cambios organizacionales (OCDE, 2023).[25] Así, la productividad laboral refleja el nivel de eficiencia con el que se utiliza el trabajo combinado con otros factores de producción, cuántos de estos otros factores están disponibles por trabajador y qué tan rápido se incorpora el cambio técnico (OCDE, 2001). Esto hace que sea un buen indicador para analizar la evolución de la productividad, en particular si es complementado con medidas multifactoriales como la PTF (OCDE, 2001).

Al comparar el nivel de productividad laboral de los países de la OCDE, es posible notar que existen grandes disparidades en el nivel de productividad laboral (Figura 10). Si bien, Chile se ha ido acercando al promedio de productividad laboral de la OCDE, aún se encuentra entre los países con un menor producto por hora trabajada, ubicándose 42 puntos porcentuales por debajo del promedio OCDE en 2021.

Figura 10: Productividad laboral en relación al promedio OCDE



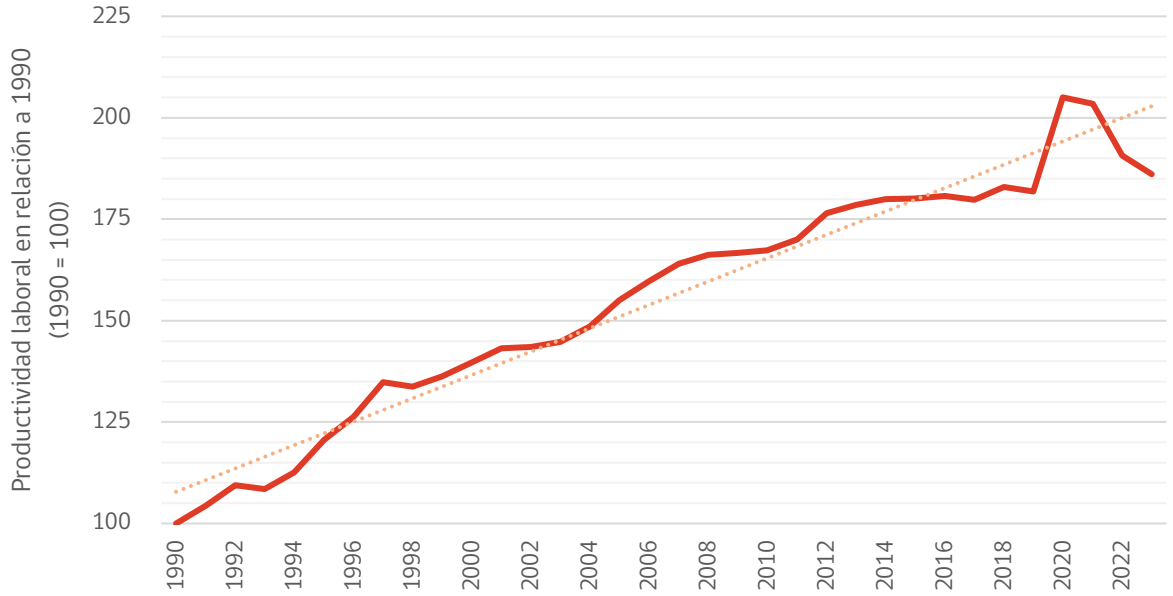
Fuente: OCDE Productivity Compendium Indicators (2023)

24 En términos matemáticos, está dado por el cociente entre el valor agregado y las unidades de trabajo utilizadas para generar dicho valor agregado (OCDE, 2001).

25 Así, cambios en la productividad laboral, no necesariamente se deben a cambios en las capacidades de los trabajadores o en la intensidad de sus esfuerzos y su interpretación debe tener en cuenta que el ratio entre el PIB y el trabajo depende en gran medida de la presencia de otros inputs (OCDE, 2001).

En nuestro país, la productividad laboral[26] ha aumentado significativamente desde 1990, con un salto importante en 2020 durante la pandemia (Figura 11), año en el que creció 13% para la economía agregada. No obstante, en línea con el comportamiento de la PTF, el ritmo de crecimiento de la productividad laboral cayó significativamente desde el 2010 en adelante. De hecho, el crecimiento anual promedio entre 2010 y 2019 (previo a la pandemia) fue de solo 1%. Mientras que entre 1991 y 2000 el crecimiento anual promedio fue de 4% y entre 2001 y 2010 de 2%.

Figura 11: Evolución de la productividad laboral (1990 = 100)



Fuente: Elaboración propia con base en datos de Cuentas Nacionales, Encuesta Nacional de Empleo y CASEN.

La productividad laboral crece cuando aumenta la producción por hora trabajada en la economía.[27,28] Así, se pueden alcanzar mayores niveles de productividad laboral si más capital es utilizado en la producción, si aumenta la calidad de los trabajadores o bien, si el trabajo y el capital son utilizados en su conjunto de forma más eficiente, es decir, si se cuenta con una mayor PTF.

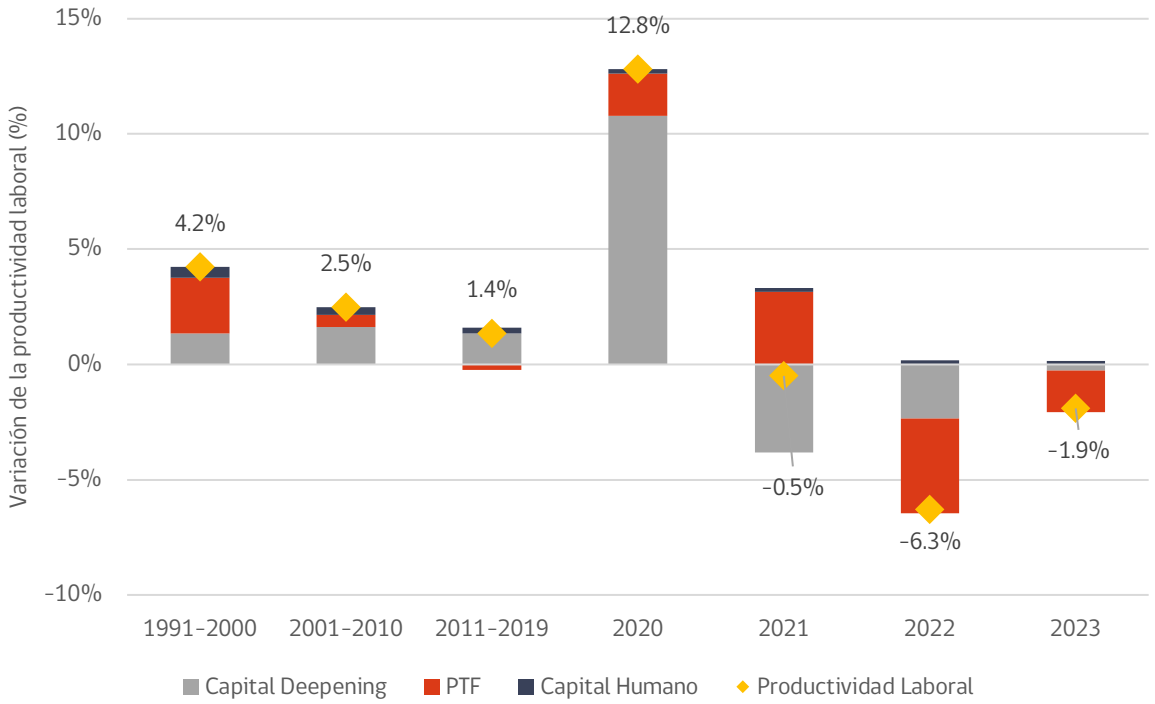
La descomposición del crecimiento de la productividad laboral para Chile se muestra en la Figura 12 y da cuenta de que el principal motor del crecimiento de la productividad laboral desde el 2000 en adelante en Chile ha sido la mayor intensidad en el uso del capital, medida a través del capital por trabajador (*capital deepening*). Ello contrasta con lo que ocurre en otros países de la OCDE, donde es la PTF el principal motor de la productividad laboral (OCDE, 2023).

La pandemia generó un quiebre en la tendencia de la productividad laboral, en donde esta se disparó, aumentando en un 12.8% con respecto a 2019, principalmente motivado por la profundización del capital el cual explicó 10,8 puntos porcentuales. Es importante recordar que, ante shocks económicos, el trabajo tiende a ajustarse con mayor rapidez que el stock de capital (Dossche, Gazzani & Lewis, 2021) y esto es lo que se observó en la pandemia, en donde, producto de las restricciones de movilidad impuestas

26 Medida mediante el cociente entre el PIB y el total de horas efectivamente trabajadas ajustadas por la calidad de capital humano.
27 Se utiliza como indicador de horas trabajadas las horas trabajadas efectivas pues captura el número de horas que se dedicaron en las labores productivas pues no considera las ausencias del trabajo y considera las horas extras (OIT, 2008; OCDE, 2001).
28 El total de horas trabajadas en una economía está dado por el producto entre el número de trabajadores y la jornada laboral efectiva promedio a la semana.

globalmente, muchas empresas se vieron en la obligación de reducir sus costos, para lo cual, optaron por desvincular a una parte significativa de los trabajadores. Así, dado que el stock de capital muestra una menor flexibilidad, la profundidad del capital en las empresas chilenas aumentó ante la salida masiva de trabajadores.

Figura 12: Descomposición del crecimiento de la productividad laboral (%)



Fuente: Elaboración propia con base en Cuentas Nacionales (2023), Encuesta Nacional de Empleo (2023) y CNEP (2023). Nota: Capital deepening es el stock de capital por trabajador.

La pandemia no afectó de la misma forma a todos los sectores económicos, de hecho, el shock sobre el empleo fue más fuerte en sectores económicos más intensos en el contacto físico (comercio, hoteles y restaurantes, construcción, entre otros), los cuales tienden a tener una productividad laboral por debajo del promedio (OCDE, 2023). Por otro lado, sectores económicos que requieren menos presencialidad, menos intensos en el contacto físico y que tienden a tener una mayor profundidad de capital, lograron retener una mayor proporción de sus trabajadores, experimentando así un deterioro menor en las horas trabajadas. Este efecto desigual entre sectores permitió aumentar la productividad laboral de forma transitoria en 2020 (OCDE, 2023).

Si bien, el comportamiento observado en 2020 podría haber inducido a un cambio permanente en las preferencias de los trabajadores (por ejemplo, por sectores menos intensos en el contacto físico), la evidencia sugiere que, una vez levantadas las restricciones de movilidad los sectores que experimentaron fuga de trabajo, volvieron a recuperar sus empleos (Hobijn, 2022). Así, las cifras dan cuenta que las ganancias por reasignación del trabajo fueron transitorias y desde 2021 el efecto positivo de reasignación desaparece.[29]

29 No obstante, no es posible descartar que ocurran cambios más estructurales en el futuro, inducidos por la reasignación de recursos entre sectores económicos producto de la digitalización y la descarbonización.

1.4 Conclusión

La productividad es un indicador clave para el desarrollo, pues entrega información respecto a cuánto puede producirse con un nivel de insumos dado. De esta forma, los indicadores de productividad capturan la esencia y eficiencia en el uso de los factores.

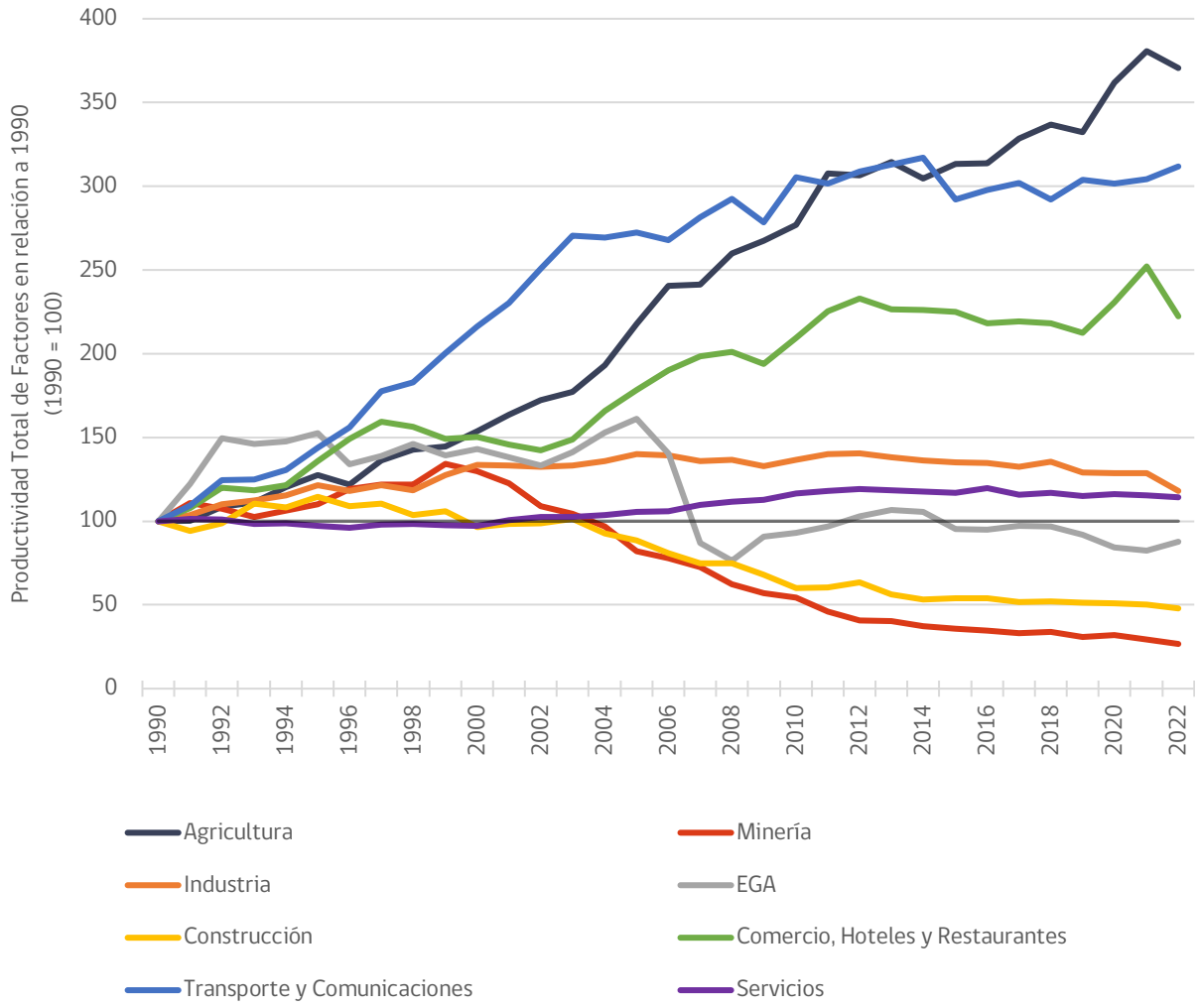
Las cifras presentadas en este capítulo, como la PTF o la Productividad Laboral, dan cuenta de cómo, a pesar del auge de productividad observado en 2020 y 2021, las seguidas contracciones de 2022 y 2023 implican una reversión del crecimiento hacia los niveles observados previo a la pandemia. En concreto, se estima para 2023 una variación de la PTF entre -1,8% y -2,4% para la economía agregada y entre -1,8% y -2,6% para la economía sin minería.

La variación anual debe interpretada con cuidado, pues está sujeta a posibles errores de medición asociados a la disponibilidad de datos y a la capacidad de efectuar adecuados ajustes cíclicos, que resultan de variaciones transitorias en la demanda, más que en la capacidad productiva a largo plazo. En este sentido, no se debe descuidar que el comportamiento de la PTF debe ser siempre mirado en periodos largos de tiempo. Y al hacerlo en Chile el mensaje es claro: la PTF está estancada, en línea con lo observado, al menos, desde hace una década.

Así, los resultados subrayan la necesidad de abordar los desafíos estructurales que han impactado el rendimiento productivo del país, exigiendo el diseño e implementación de políticas públicas que permitan superar los cuellos de botella que restringen el crecimiento de nuestra productividad, para forjar un futuro económico más robusto y próspero. Por ejemplo, sugieren que es necesario desarrollar políticas que potencien la complementariedad entre el trabajo y las nuevas tecnologías desarrolladas durante la pandemia, como el tele-trabajo, y otras que, como la inteligencia artificial, pueden constituir un apoyo relevante para mejorar el valor agregado del trabajo.

1.5 Anexo

Figura A.1: Evolución de la Productividad Total de Factores según sector económico (1990 = 100)



Fuente: Elaboración propia con base en metodología CNEP (2023)

.

02 STEM Y PRODUCTIVIDAD[29]

El término STEM, que proviene del acrónimo en inglés de Science, Technology y Engineering, and Mathematics o, en español, Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas se utiliza en el ámbito de la educación para referirse al aprendizaje integrado de estas disciplinas. Sus orígenes se remontan a principios de la década de 1990, cuando fue acuñado por primera vez en Estados Unidos (Sanders, 2009). Sin embargo, no fue hasta comienzos de la década de 2000 que su aplicación comenzó a popularizarse en el país norte-americano, extendiéndose rápidamente a otras latitudes (Ibid.). En la actualidad, la incorporación del enfoque STEM es común en los marcos educativos a lo largo del mundo, siendo reconocido no sólo su potencial para mejorar las habilidades y competencias de los estudiantes, sino que también, fuente de productividad y competitividad de las naciones (Siemens-Stiffung, 2022).

30 Este capítulo 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 reunieron 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).

2.1 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.

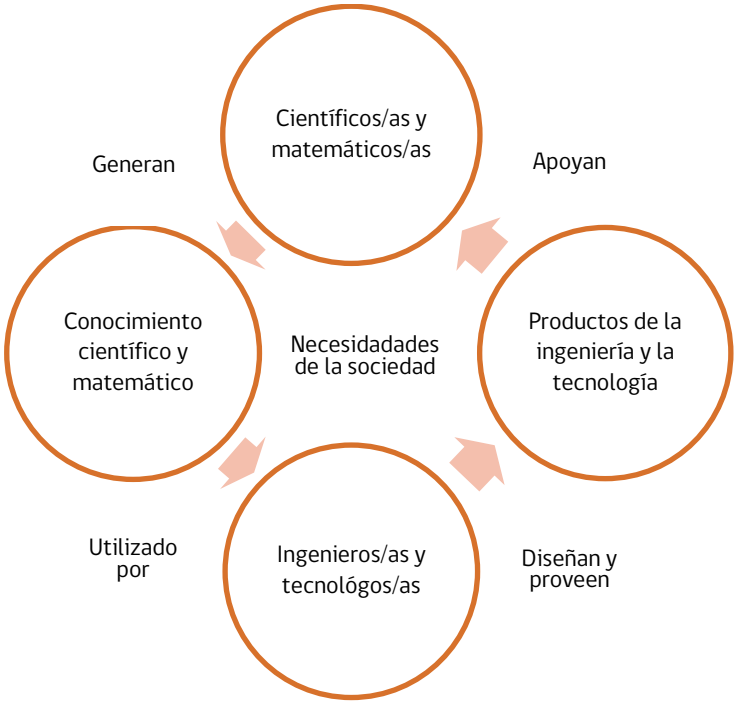
Para identificar lo anterior se ha implementado un modelo de investigación mixto. La sección que prosigue analiza la literatura internacional para entender la relación entre la formación de profesionales STEM con mejoras en productividad de los países, junto con las razones que explican dicho vínculo. 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.

2.2 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 13, se esquematiza la interacción de los componentes STEM con las necesidades de la sociedad.

Figura 13: Interacción de los componentes de campos STEM



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[31] 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 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).

2.3 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*

31 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.

at a Glance 2022,[32] en donde la clasificación STEM se compone de la misma agrupación de campos de estudios que se utilizaron para la base de datos nacional (CINE-F 2013[33]), 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,[34] 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[35] 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 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

32 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.
33 Clasificación Internacional Normalizada de la Educación de Campos de Educación y Capacitación.
34 Ver el siguiente enlace https://www.curriculumnacional.cl/portal/Palabras-Claves/proyecto-de-curso/89501:STEM-y-Metodologia-de-Proyecto
35 La prueba PISA evalúa las habilidades y conocimientos de los estudiantes de 15 años en lectura, matemáticas y ciencias.

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).

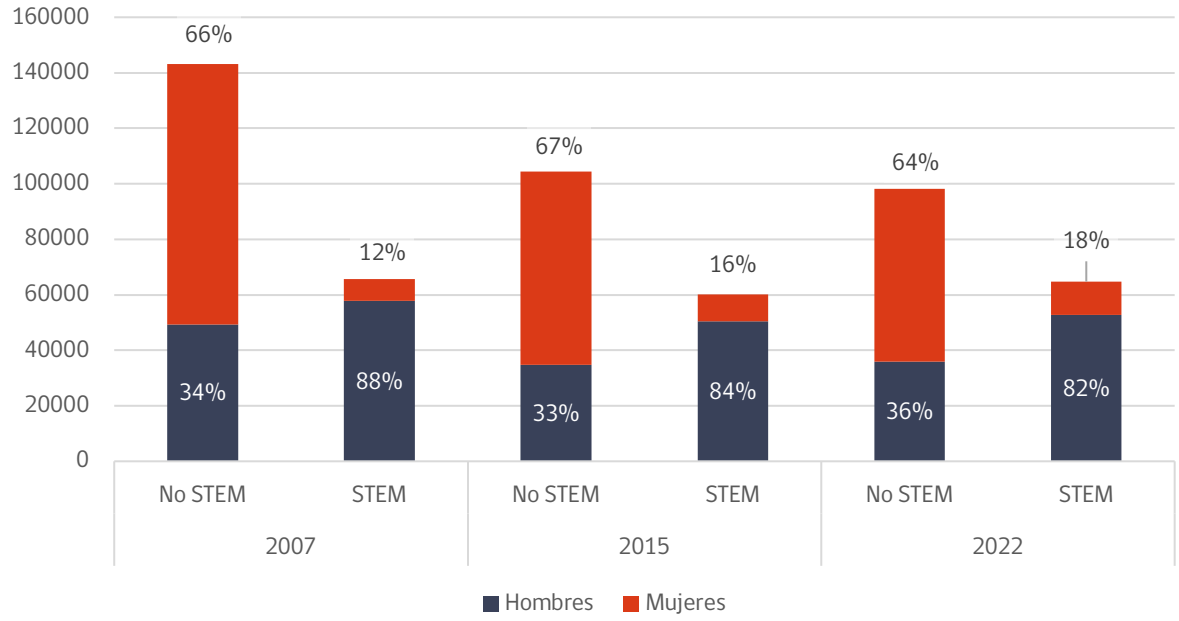
A nivel secundario, en Chile, las disparidades en la educación STEM se originan principalmente en la elección de electivos para la modalidad científico humanista (CH) y la elección de especialidades para la modalidad técnico profesional (TP). Los estudiantes de la modalidad científico humanista no tienen 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.[36]

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)[37] 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)[38] 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).

36 En este estudio, STEM se compone de todos esos sectores a excepción de confección y gráfica.
37 El 2022 representan el 36% del total de la matrícula de 3° y 4° medio.
38 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 14: 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.

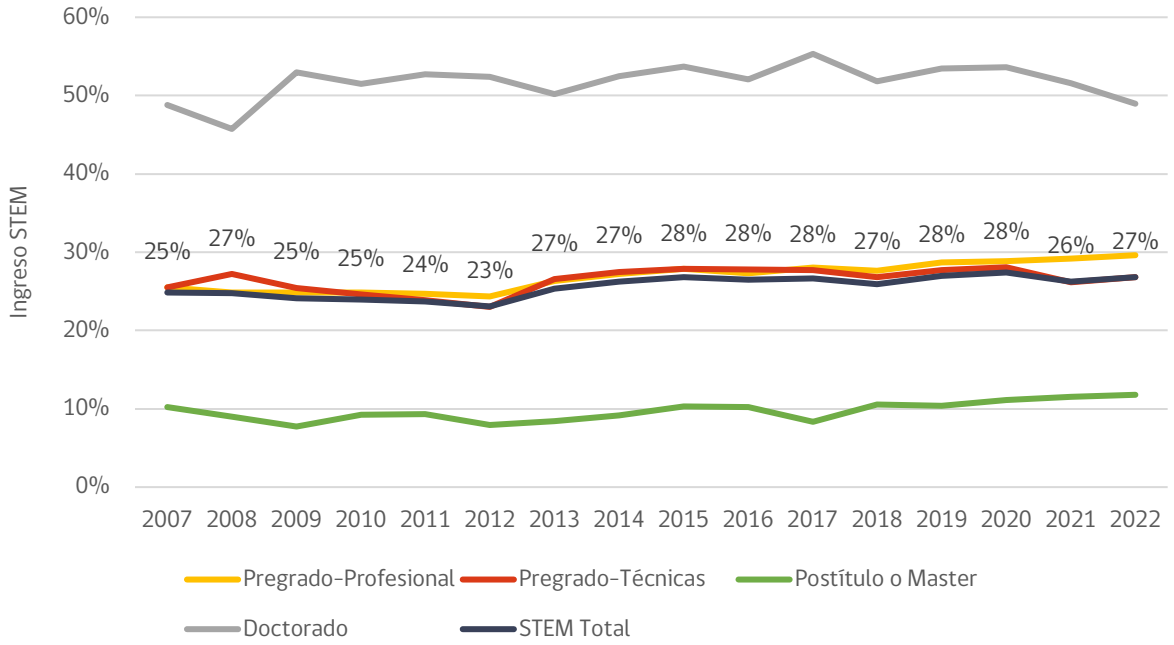
STEM en la educación superior

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 15).

Figura 15: 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.[39] Sin embargo, la distribución según subárea STEM es distinta para pregrado y postgrado (Figura 16). En los niveles de postgrado (postítulo, 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 16). 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[40] (Figura 17). Sin embargo, a nivel desagregado se constatan diferencias.[41] Al segmentar por nivel de educación superior, en los niveles técnico profesional, pregrado y doctorado, las tasas de entrada superan el promedio OCDE.[42] 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,[43] 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

39 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.

40 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%.

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

42 Ibid.

43 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.

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.[44]

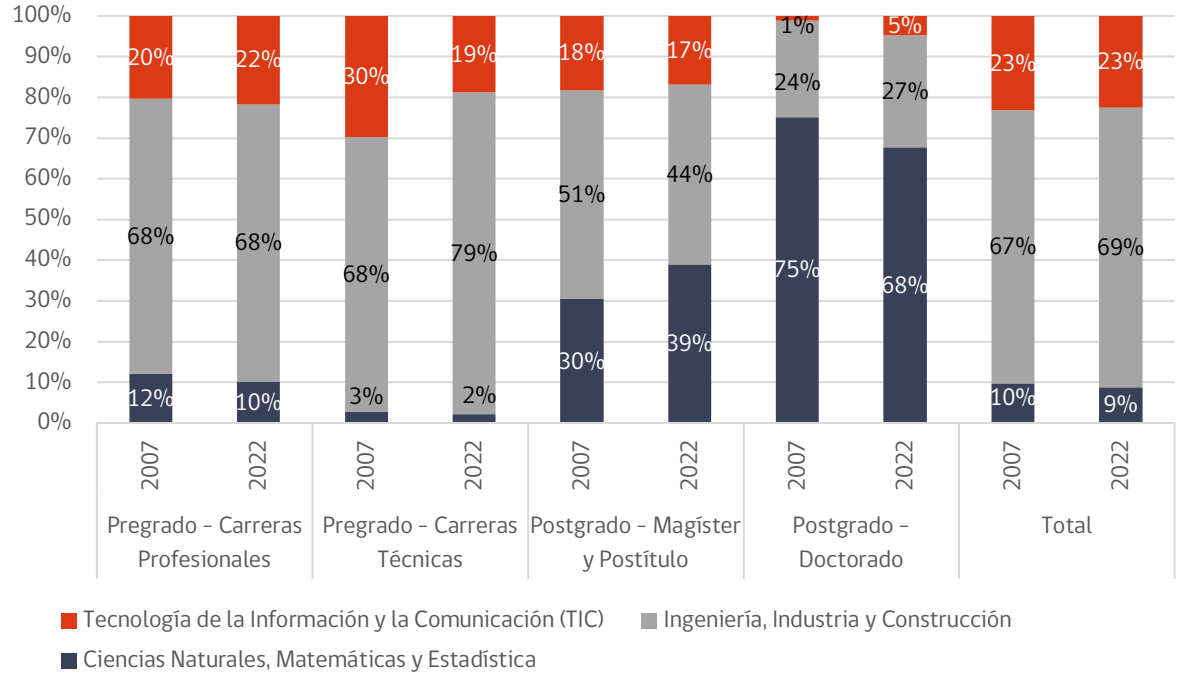
Por otro lado, las mujeres representan alrededor de un 20% del total de ingreso a carreras STEM y están particularmente subrepresentadas en el área TIC y carreras técnicas. Si bien este fenómeno ocurre a nivel mundial (el promedio en la OCDE asciende a un 35,5%), Chile se ubica como el segundo país OCDE con menor representación femenina en el ingreso a la educación superior, sólo tras de Japón. [45] 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 un 12% del ingreso a STEM.[46] 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 18), 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.[47]

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[48] 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).

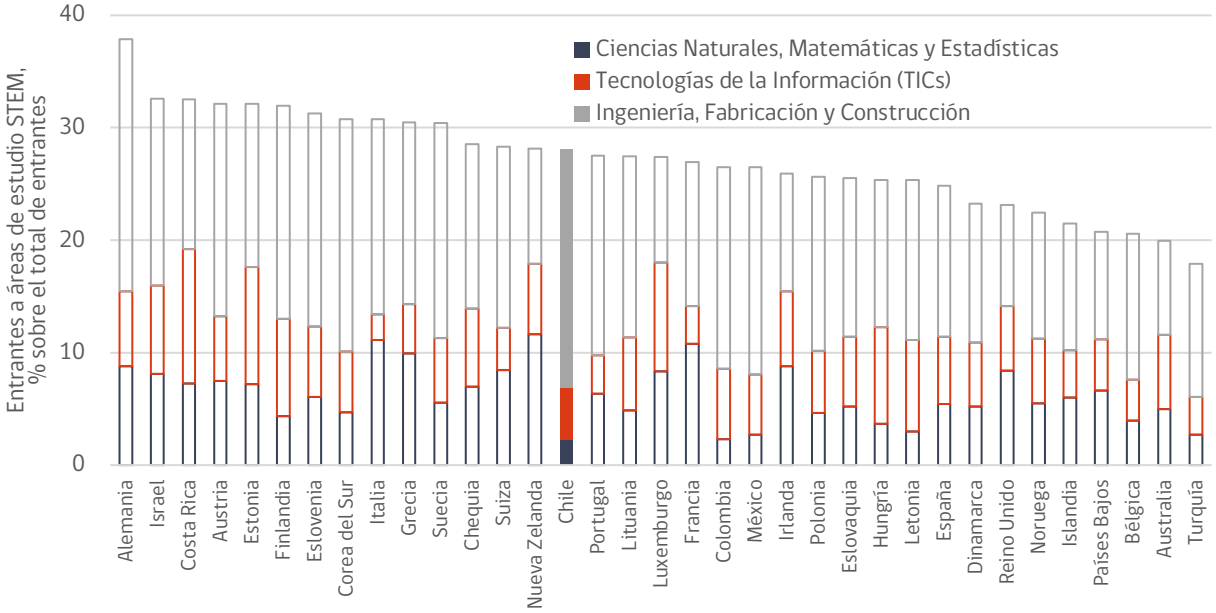
44 Ver Anexo 2: Entrantes según subárea STEM en países OCDE.
45 Ver Anexo 3: Distribución de género en las áreas de estudio STEM.
46 Anexo 5: Proporción de mujeres en STEM por tipo de carrera.
47 Ver Anexo 4: Entrada de mujeres según subárea STEM en países OCDE.
48 Una Carrera se define por ser impartida 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 16: Distribución de estudiantes según sub-área STEM y nivel carrera



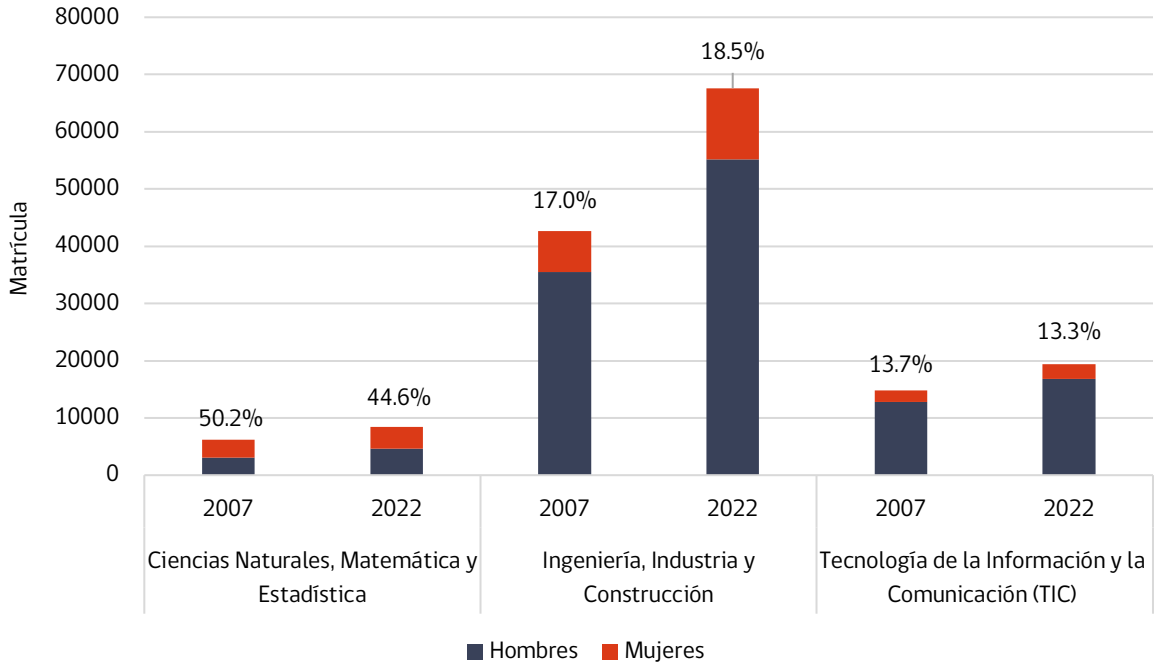
Fuente: Elaboración propia a partir de bases de datos de matrícula Mineduc.

Figura 17: Entrantes a áreas de estudio STEM según país OCDE, 2020



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

Figura 18: 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%

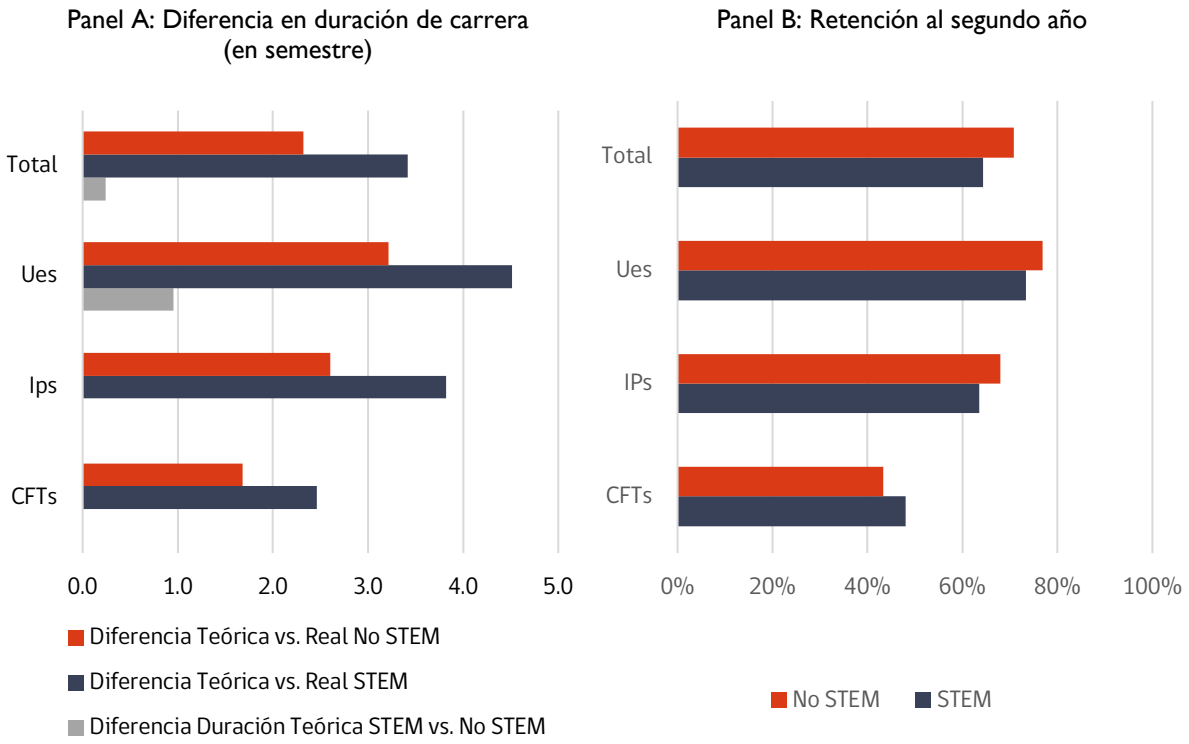
Fuente: Elaboración propia a partir de bases de datos de matrícula Mineduc.

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 19, 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.

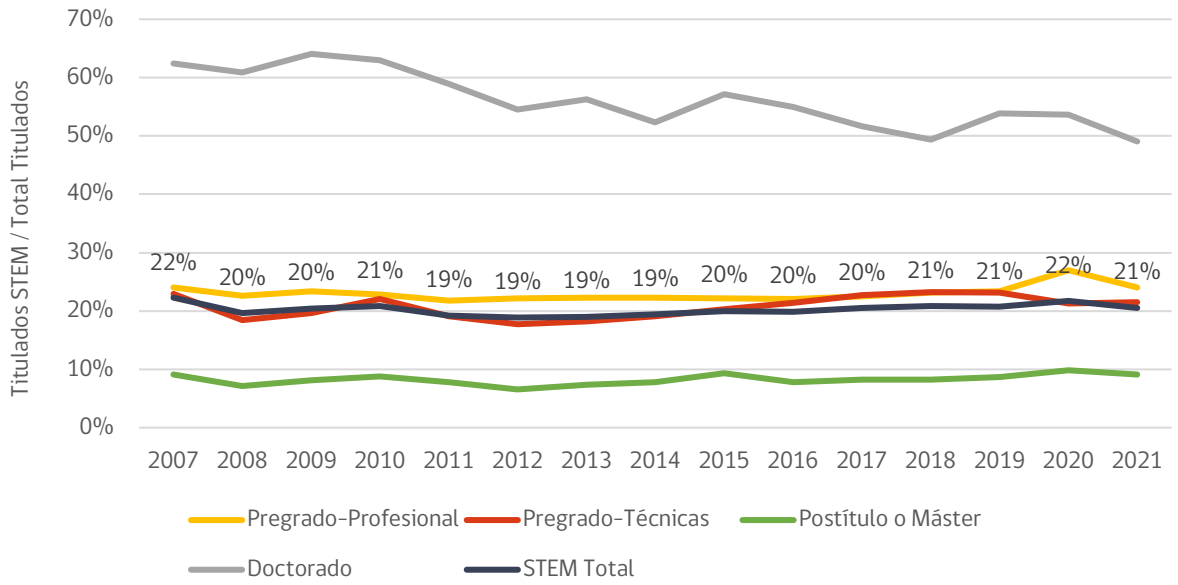
Ambas características pueden explicar la baja proporción de titulados en carreras STEM en comparación a los porcentajes de ingreso a la educación superior. La proporción de estudiantes que se titula a una carrera STEM se ha mantenido relativamente constante en los últimos 15 años, cercano al 21% (Figura 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 19: 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 20: Porcentaje de estudiantes que se titula de una carrera STEM



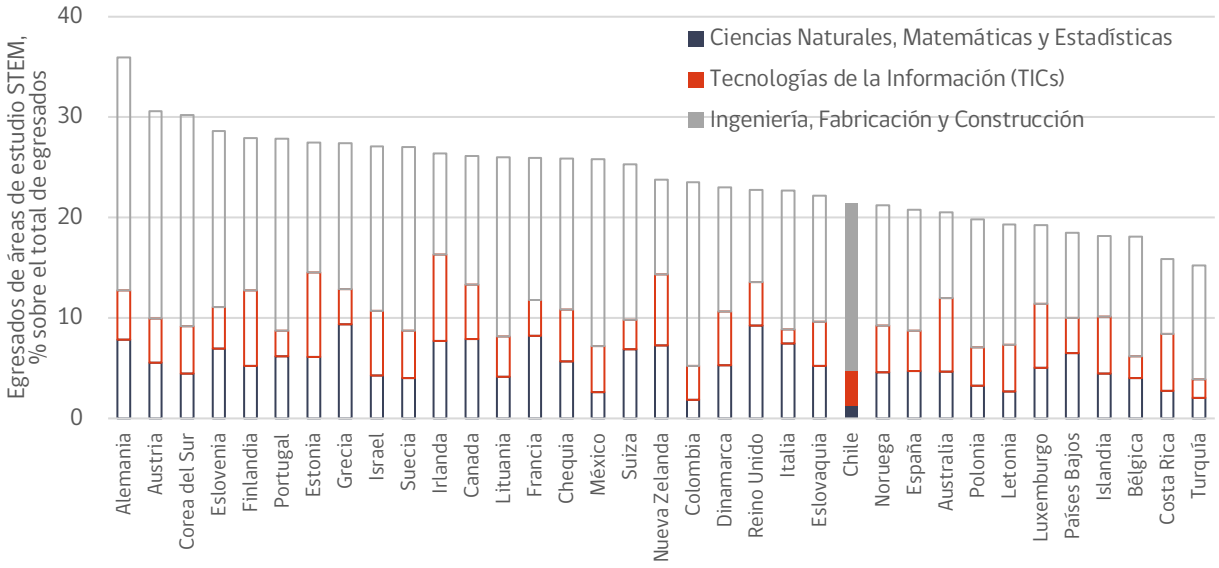
Fuente: Elaboración propia a partir de bases de datos de titulados Mineduc.

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 22). 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.[49] 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 22). 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 21), ubicándose en la última posición con incluso una tasa menor que la de ingreso.[50] En la subárea TIC, Chile presenta tasas de egreso menores que la mayoría de los países OCDE (Figura 21).[51]

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 países OCDE con menor proporción de mujeres egresadas de estas disciplinas.[52] 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%).[53] 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.[54]

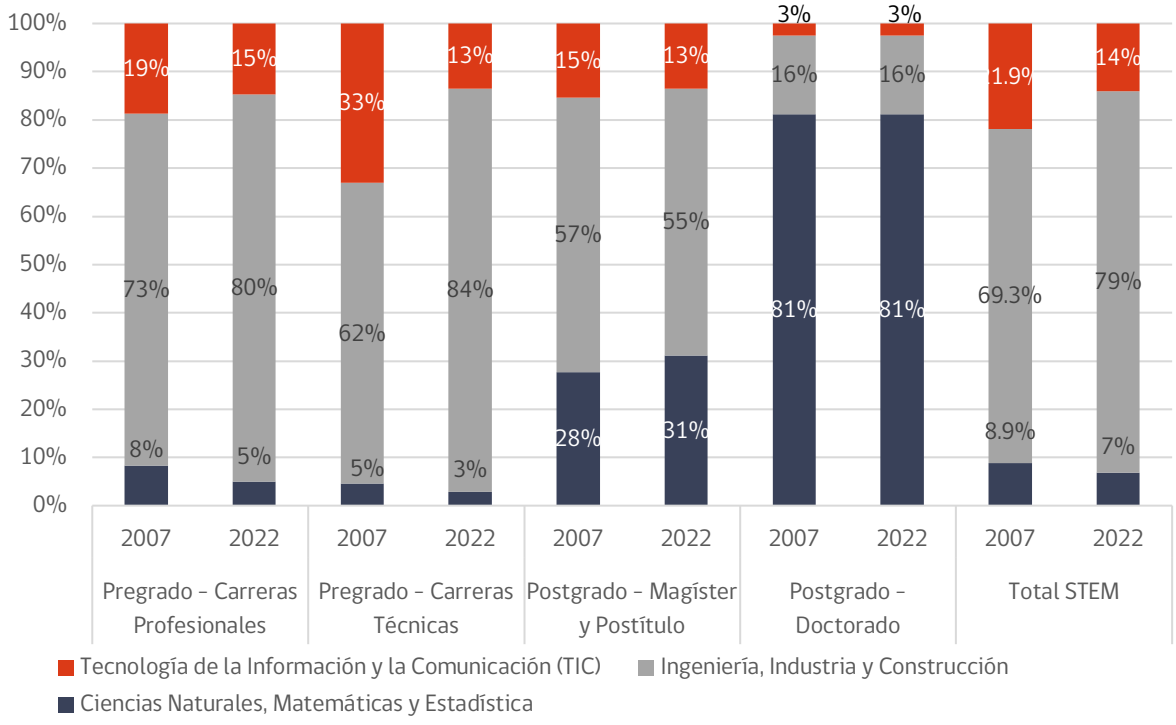
49 Ver Anexo 7: Egresados según subárea de estudio STEM en países OCDE, 2020.
50 Ver Anexo 7: Egresados según subárea de estudio STEM en países OCDE, 2020.
51 Ibid.
52 Ver Anexo 3: Distribución de género en las áreas de estudio STEM. Nota: Si bien Chile se ubica en el último puesto en participación de 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.
53 Ver Anexo 8: Proporción de mujeres según subárea STEM y por tipo de carrera.
54 Ver Anexo 9: Egreso de mujeres según subárea STEM en países OCDE, ed. terciaria.

Figura 21: Egresados de áreas de estudio STEM según país OCDE, 2020



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

Figura 22: 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.[55] 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 23, 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 23 panel B). Al desagregar por tipo de institución se observan importantes diferencias salariales (Figura 24). 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.[56] 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 24).

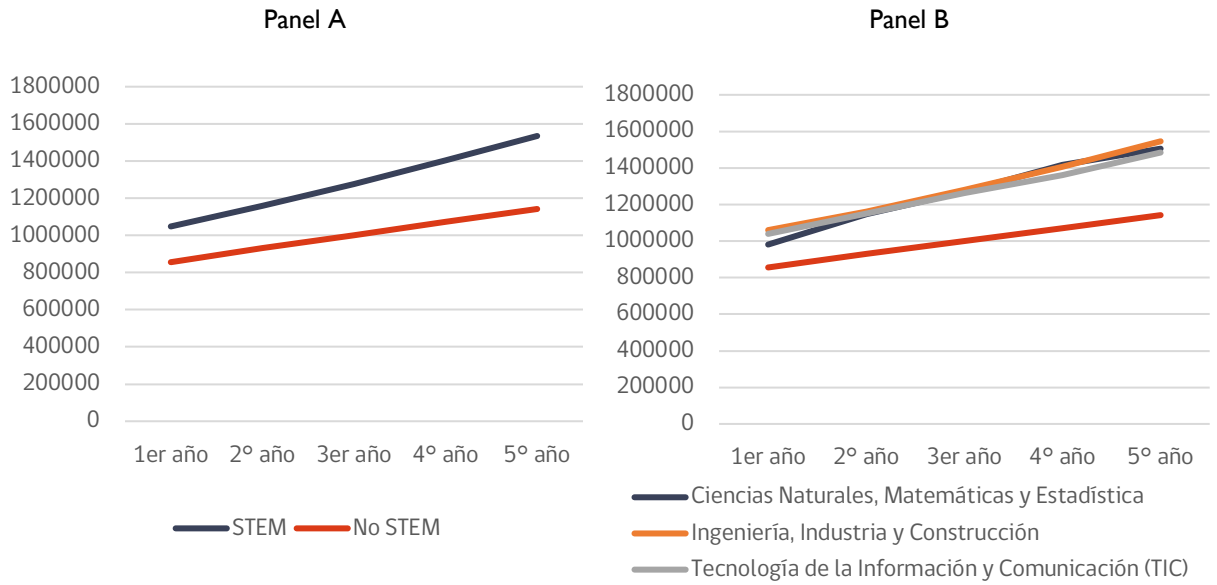
El análisis previo corresponde a una diferencia simple del ingreso promedio por tipo de carrera, por lo que no permite analizar, condicional a otras variables, cuál es el premio que recibe una persona que cursó una carrera STEM en la educación superior. De esta forma, un análisis más exhaustivo consiste 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 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%.[57]

55 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.

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

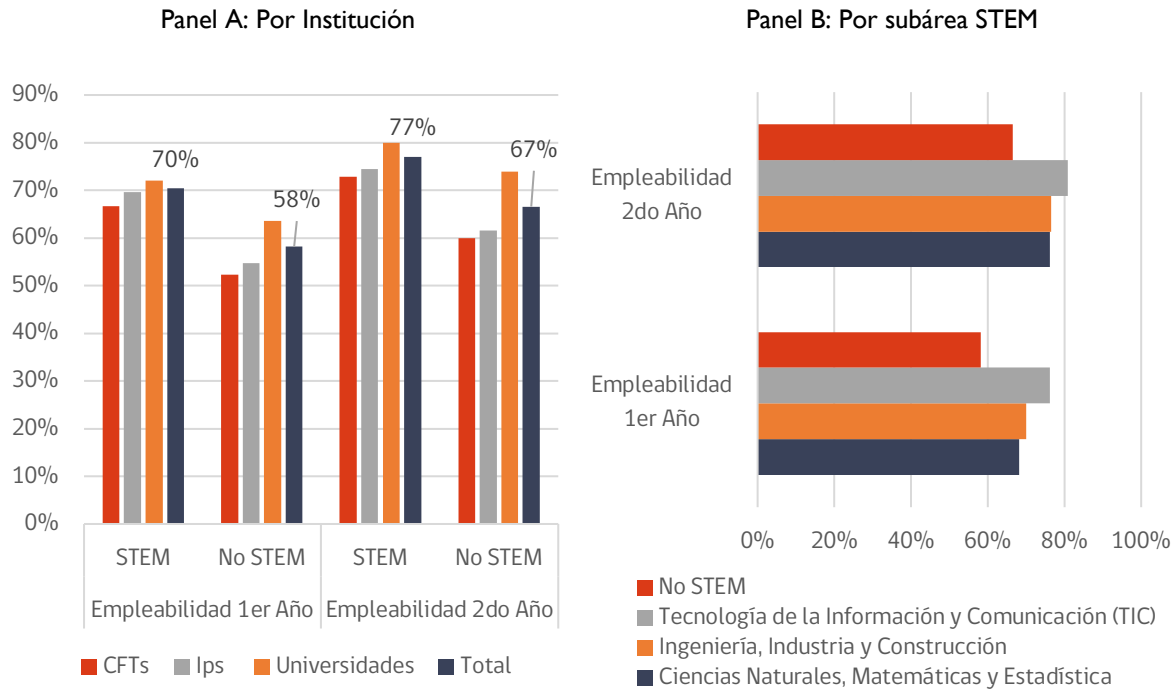
57 Ver Anexo 11: Población con estudios terciarios STEM en países OCDE.

Figura 23: Ingreso promedio bruto mensual ($2022)



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

Figura 24: Empleabilidad al primer y segundo año de egreso



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, [58] 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.

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,[59] 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 25, panel A). Sin embargo, estas diferencias no son estadísticamente significativas. [60] 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 25, 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.

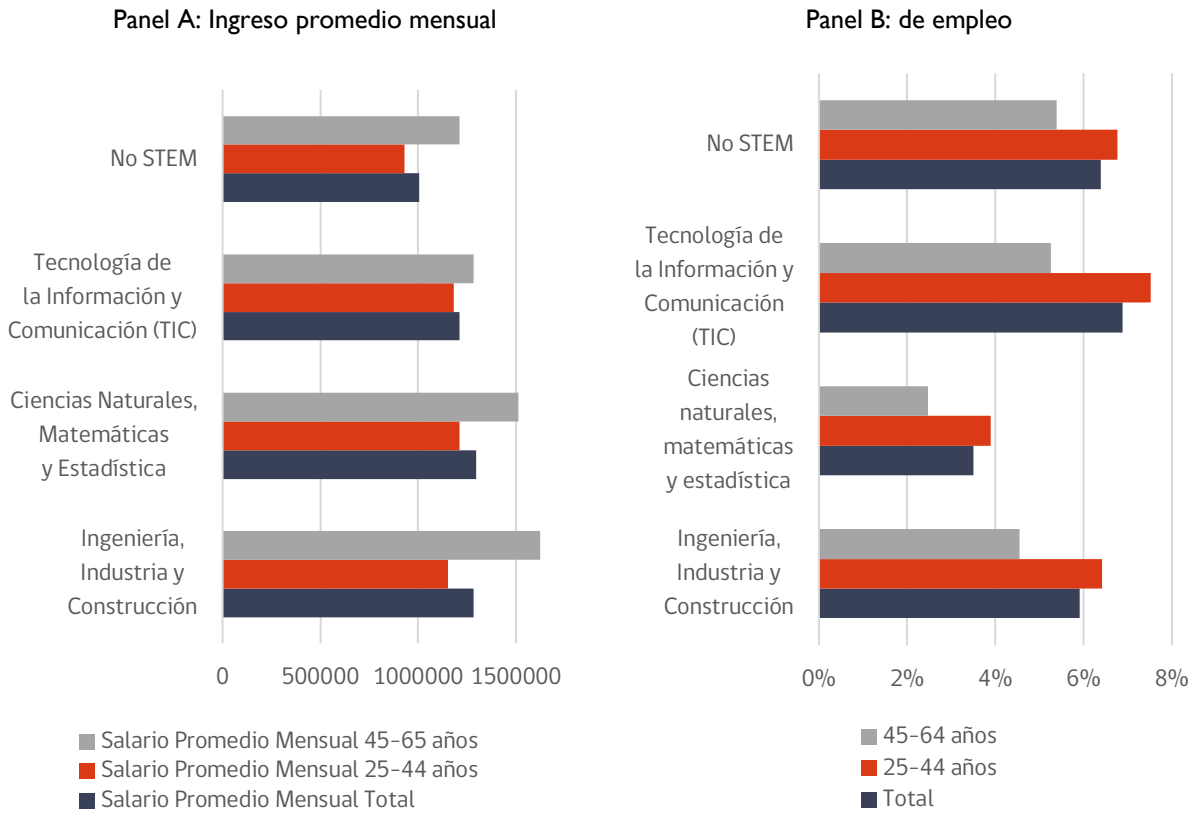
Respecto a la empleabilidad, no hay diferencias en las tasas de desempleo entre quienes siguieron una trayectoria STEM (6%) versus no STEM (6%). Sin embargo, la subárea de ciencias, matemáticas y estadística presenta menor desempleo que el resto de las subáreas STEM, para todos los grupos etarios analizados (Figura 25, panel B).

58 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.

59 Datos de Mifuturo.cl

60 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.

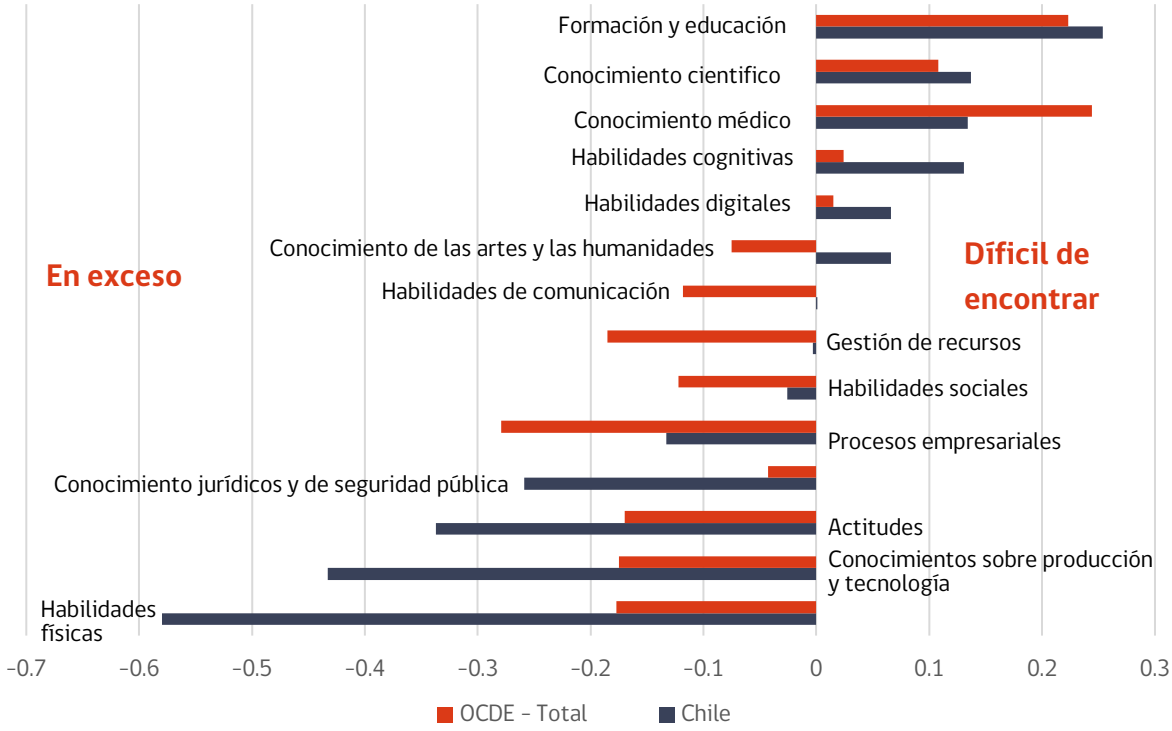
Figura 25: Ingreso y desempleo por área de estudio



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 26).

Figura 26: Escasez de habilidades, Chile vs OCDE

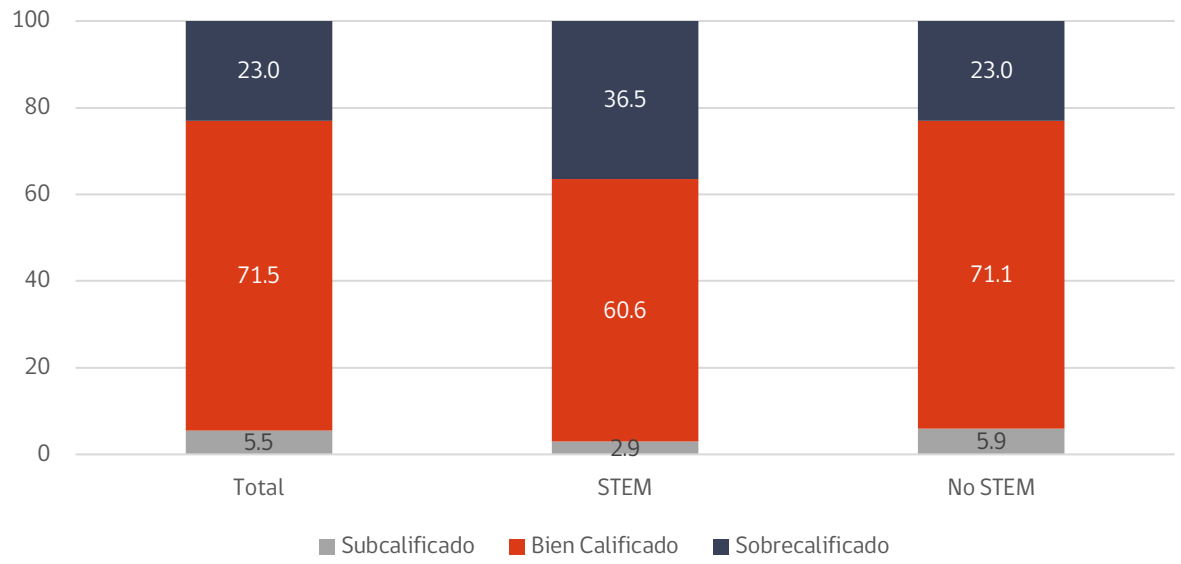


Fuente: Elaboración propia a partir de Skills for Jobs database, OCDE.

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 27). 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 27: 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.

2.4 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.[61]

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

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

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 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.[62]

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 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.

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

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 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	180 instituciones en 14 países	Universidad de Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
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	Estudiantes y docentes	Las iniciativas buscan desarrollar capacidades clave para hoy y el futuro, como el pensamiento crítico,		BHP, MINEDUC,

para el futuro (2001*-actualidad)		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.		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[63]. 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 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.[64]

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.

63 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+i y como operacionalizarlas,

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

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.

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[65] 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 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

65 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.

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.[66] 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).[67] 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 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*'

66 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).

67 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.

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.

2.5 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.

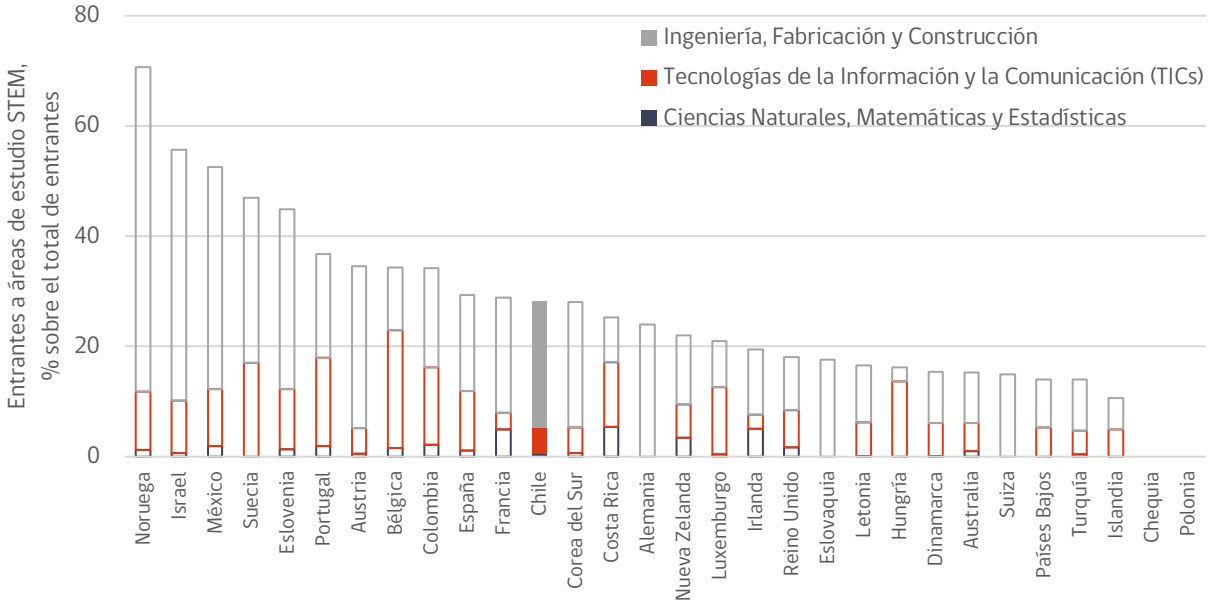
Existe amplio consenso internacional en la importancia de la educación STEM para el bienestar de los países. No obstante, al compararse con referentes Chile muestra una formación en la disciplina descoordinada entre los actores involucrados, presentando rezago tanto a nivel escolar, a nivel superior 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.

2.6 Anexos

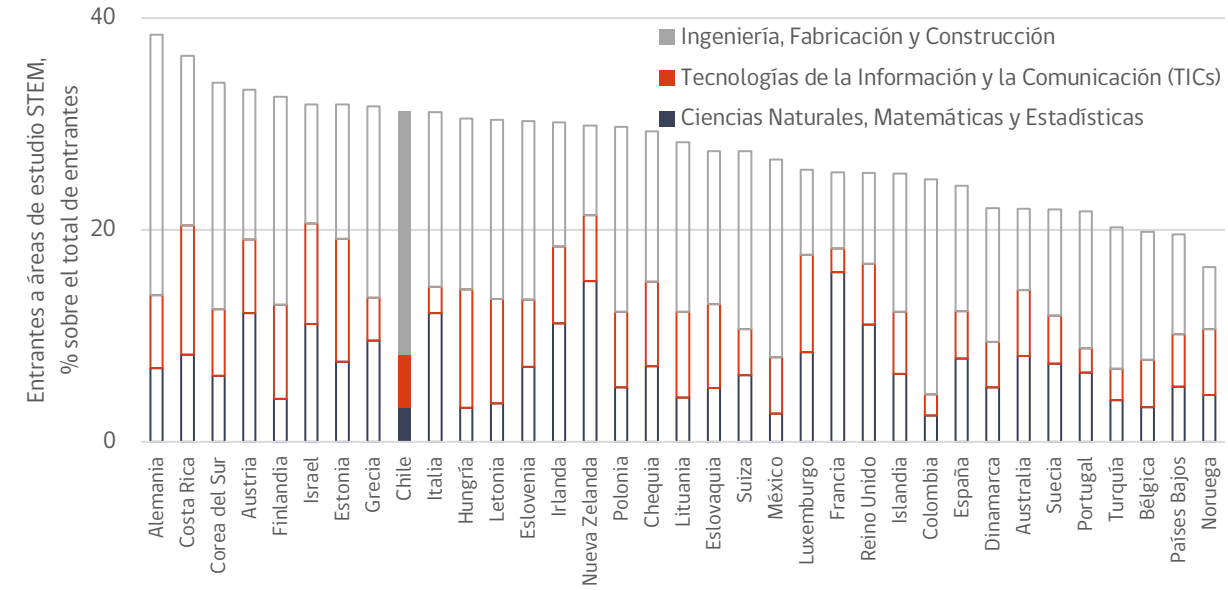
Anexo 1: Entrantes a áreas de estudio STEM en países OCDE según nivel educativo

Técnico Profesional, 2020



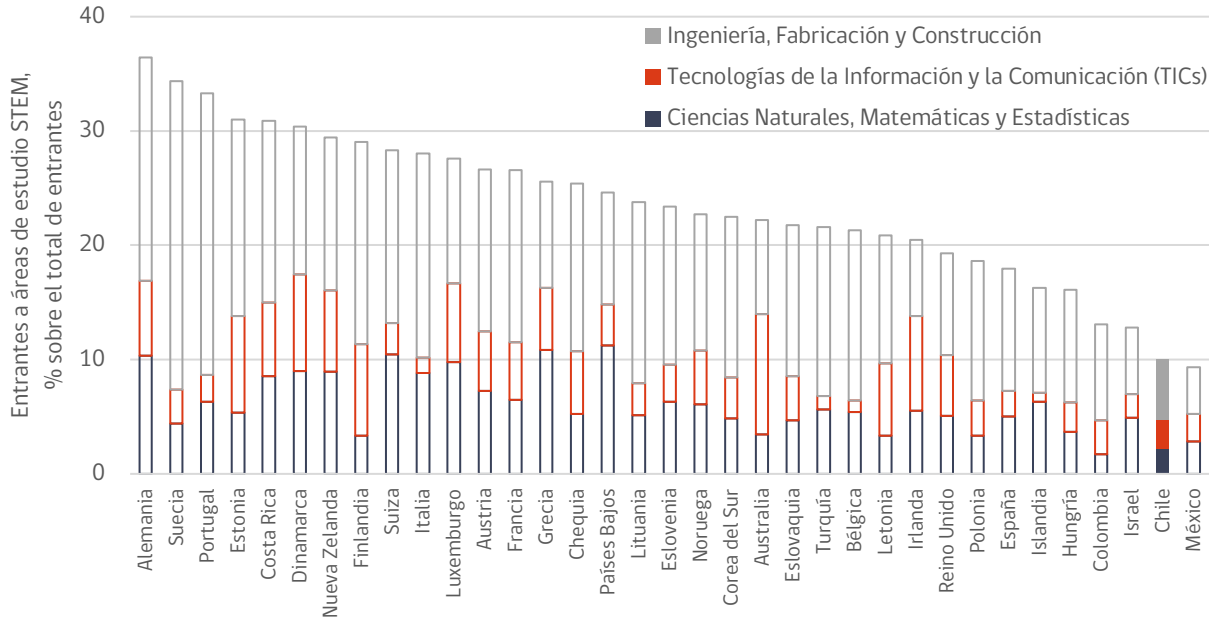
Fuente: Elaboración propia con base en OCDE Education at a Glance.

Pregrado, 2020



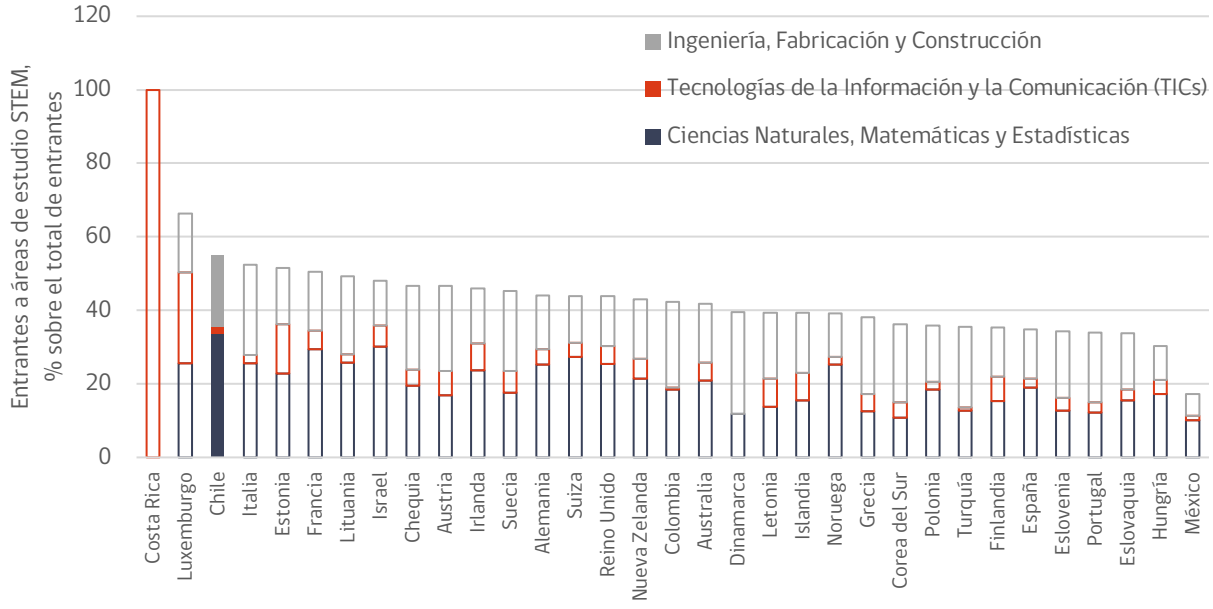
Fuente: Elaboración propia con base en OCDE Education at a Glance.

Magíster, 2020



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

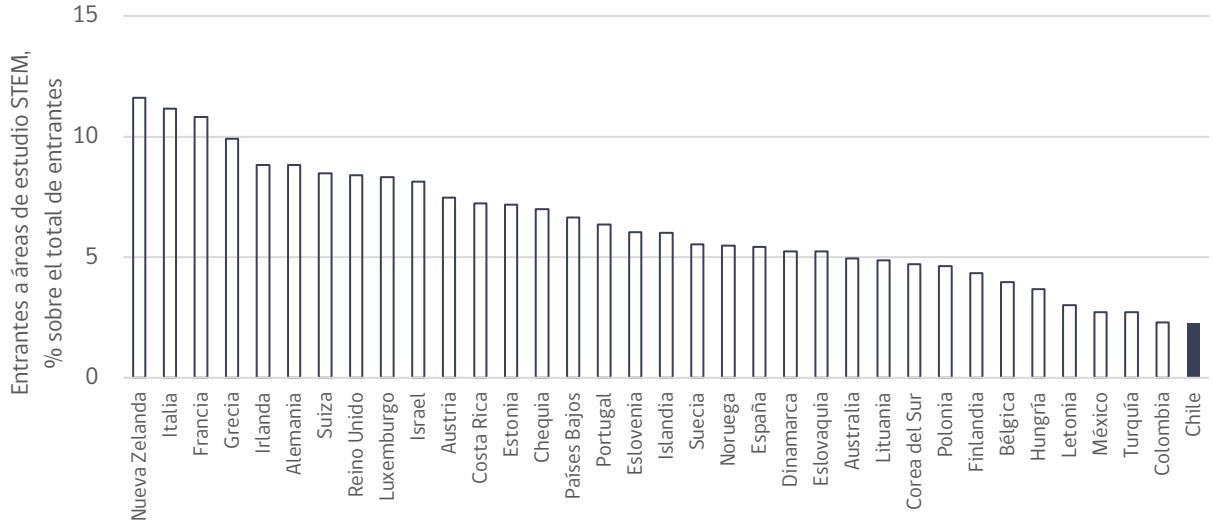
Doctorado, 2020



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

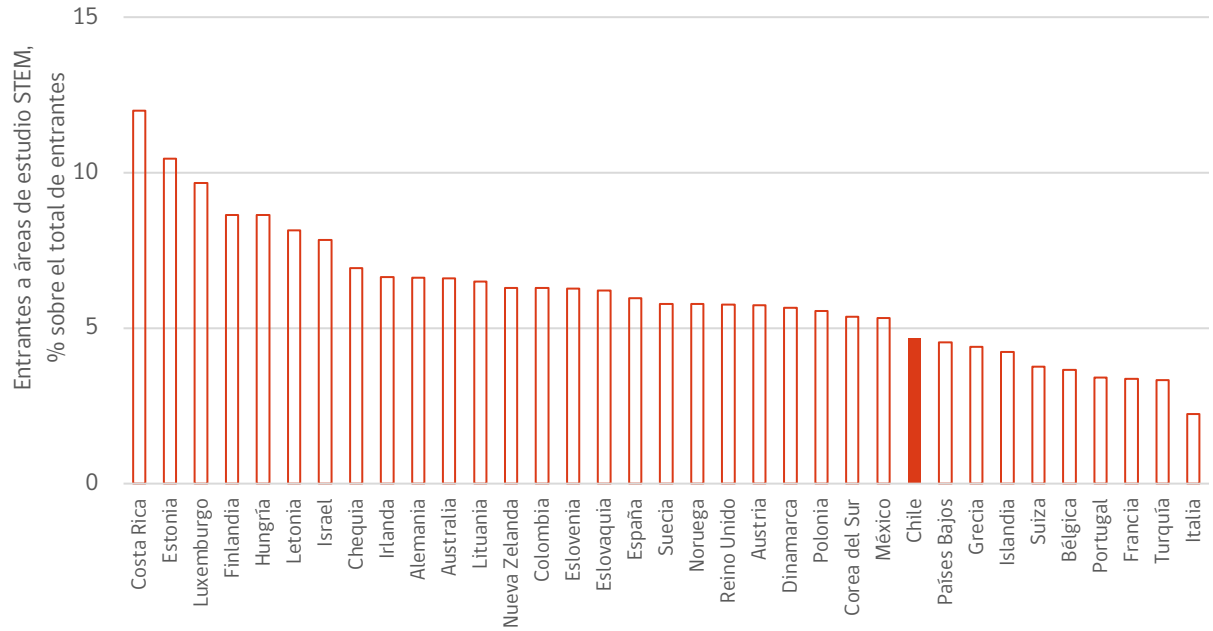
Anexo 2: Entrantes según subárea STEM en países OCDE, 2020

Ciencias, 2020



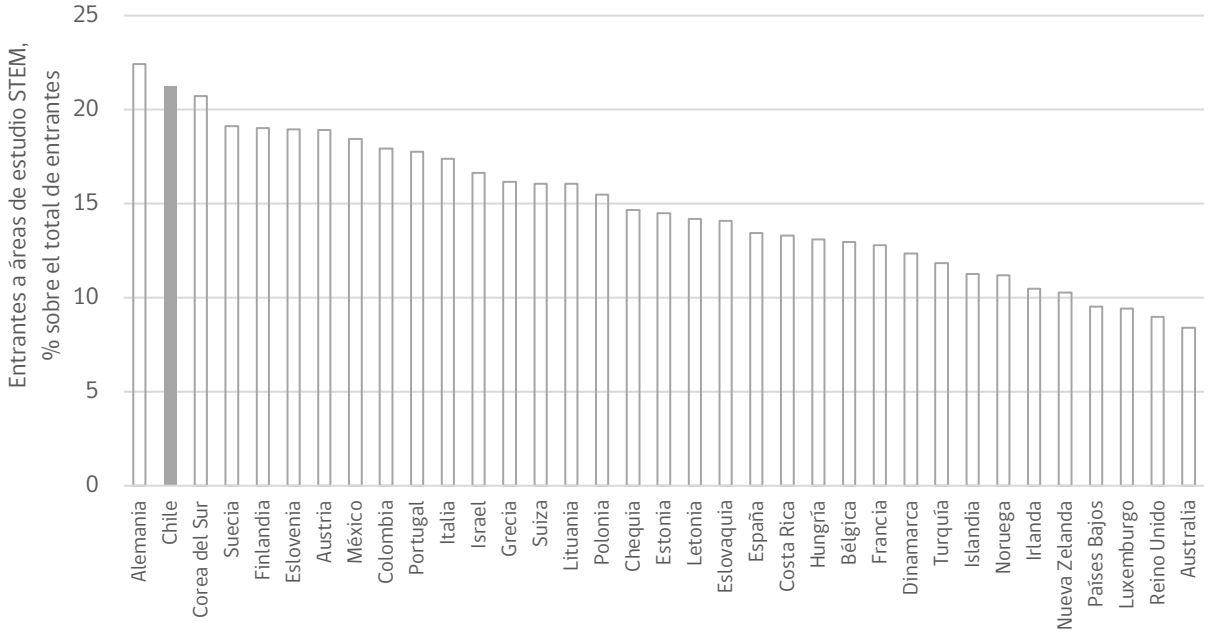
Fuente: Elaboración propia con base en OCDE Education at a Glance.

TICs, 2020



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

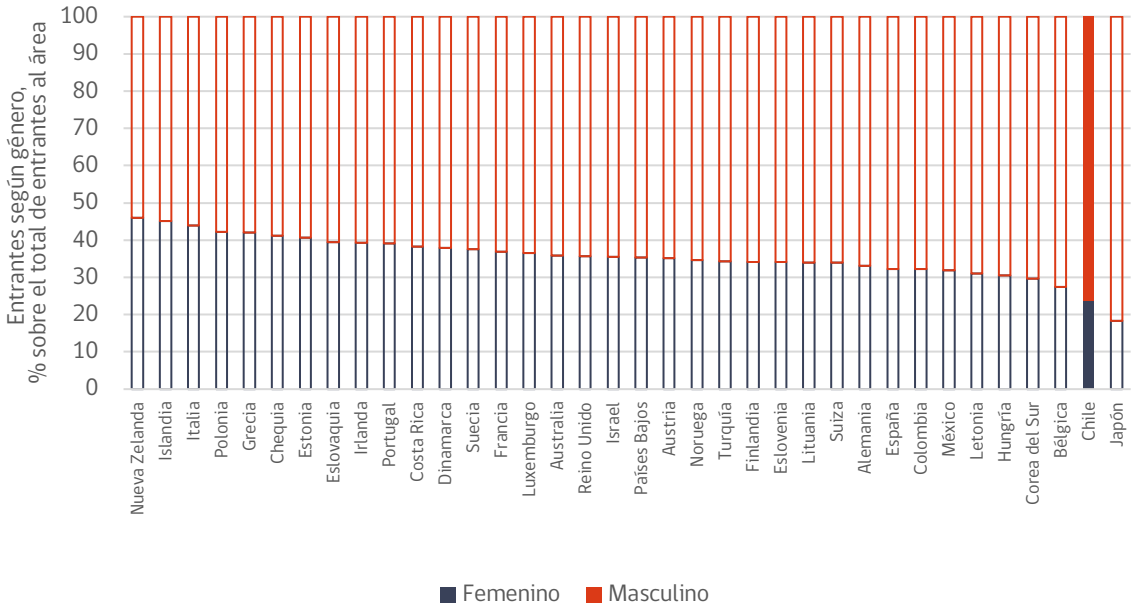
Ingeniería, 2020



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

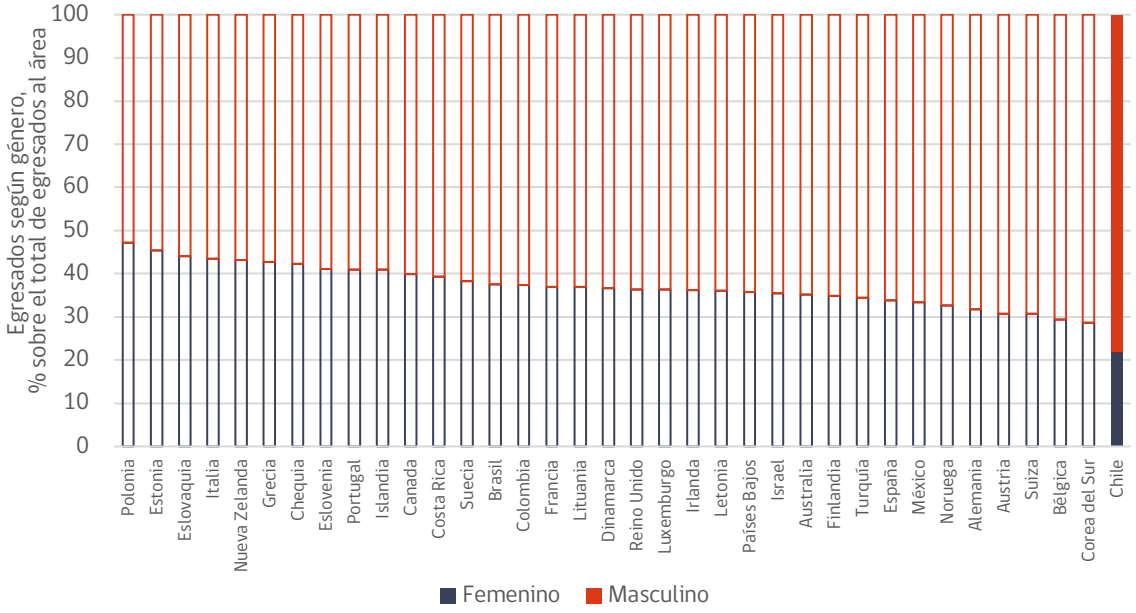
Anexo 3: Distribución de género en las áreas de estudio STEM

Entrantes, 2020



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

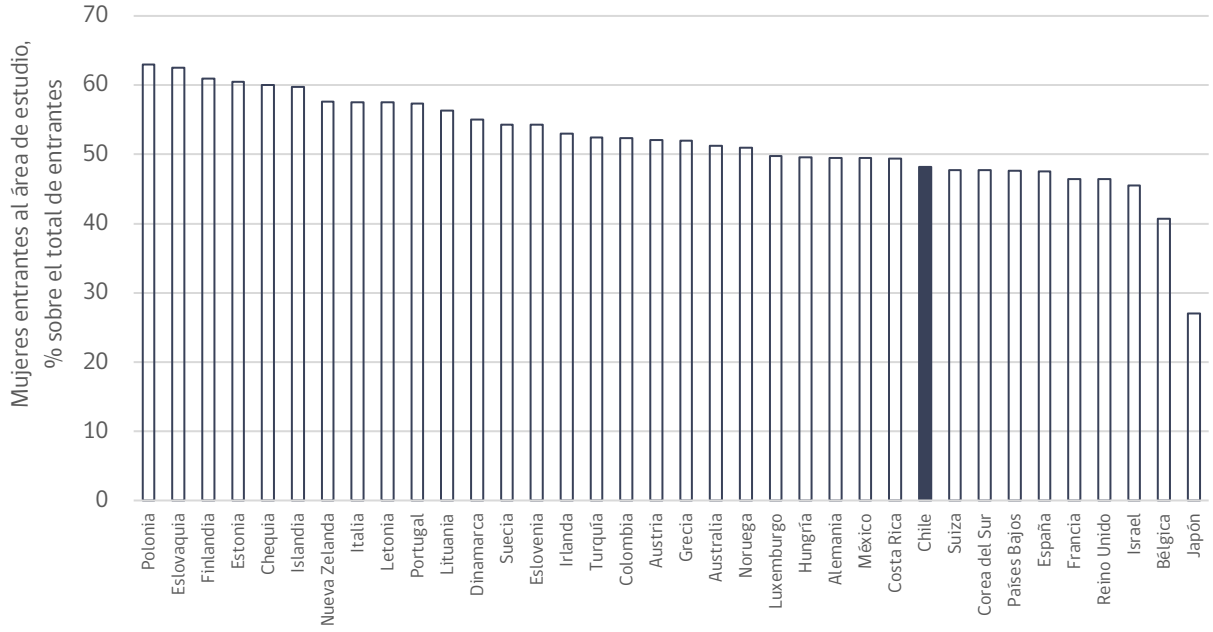
Egresados, 2020



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

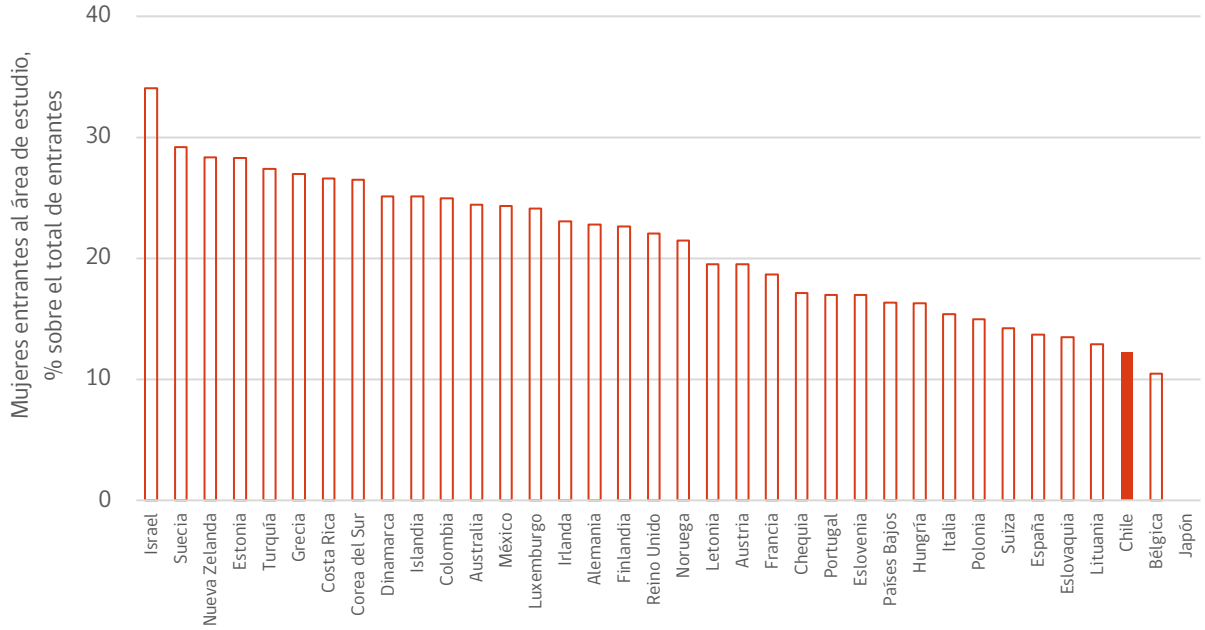
Anexo 4: Entrada de mujeres según subárea STEM en países OCDE, educación superior 2020

Ciencias, 2020



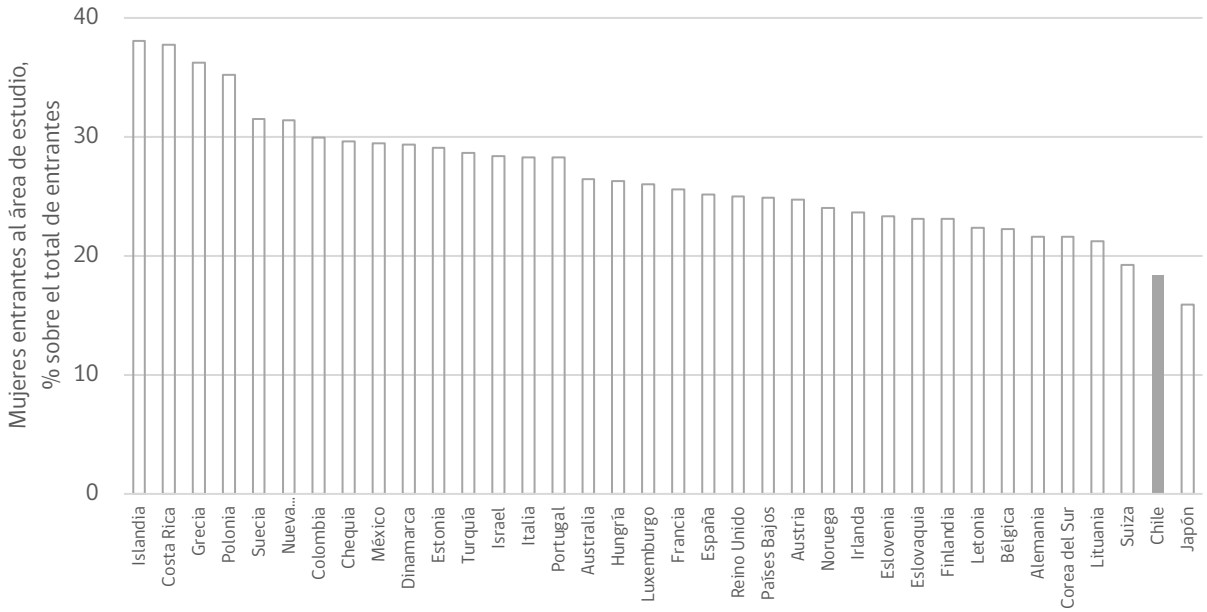
Fuente: Elaboración propia con base en OCDE Education at a Glance.

TICs, 2020



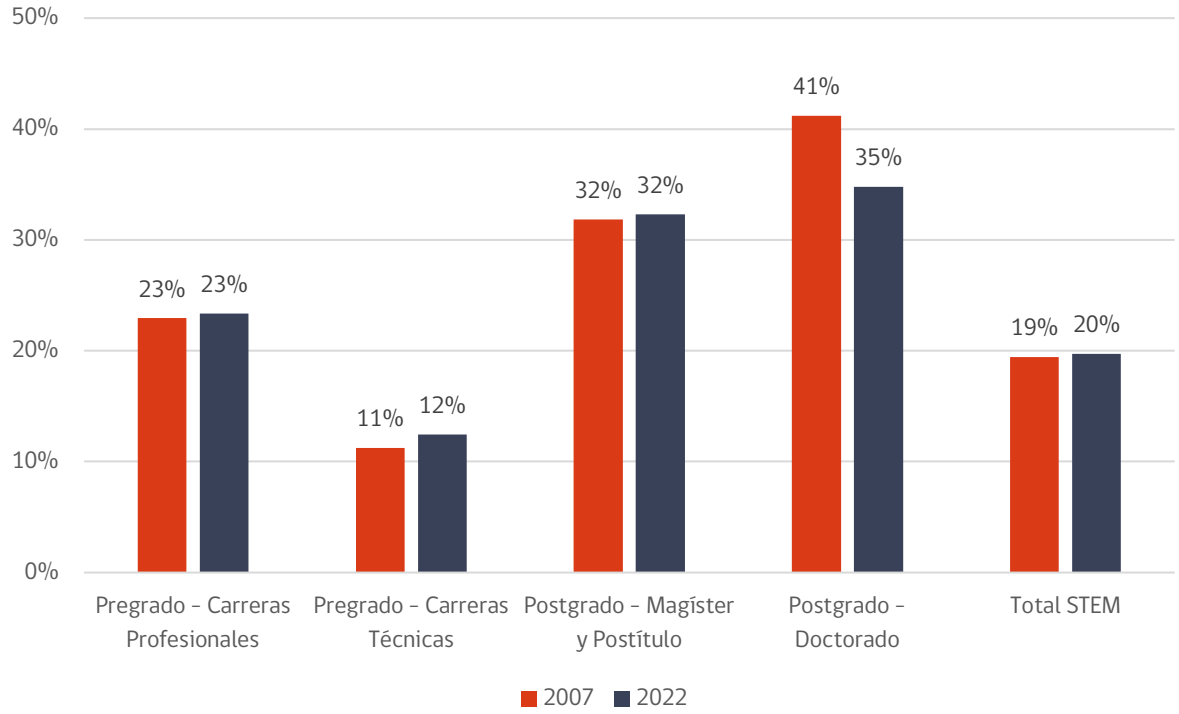
Fuente: Elaboración propia con base en OCDE Education at a Glance.

Ingeniería, 2020



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

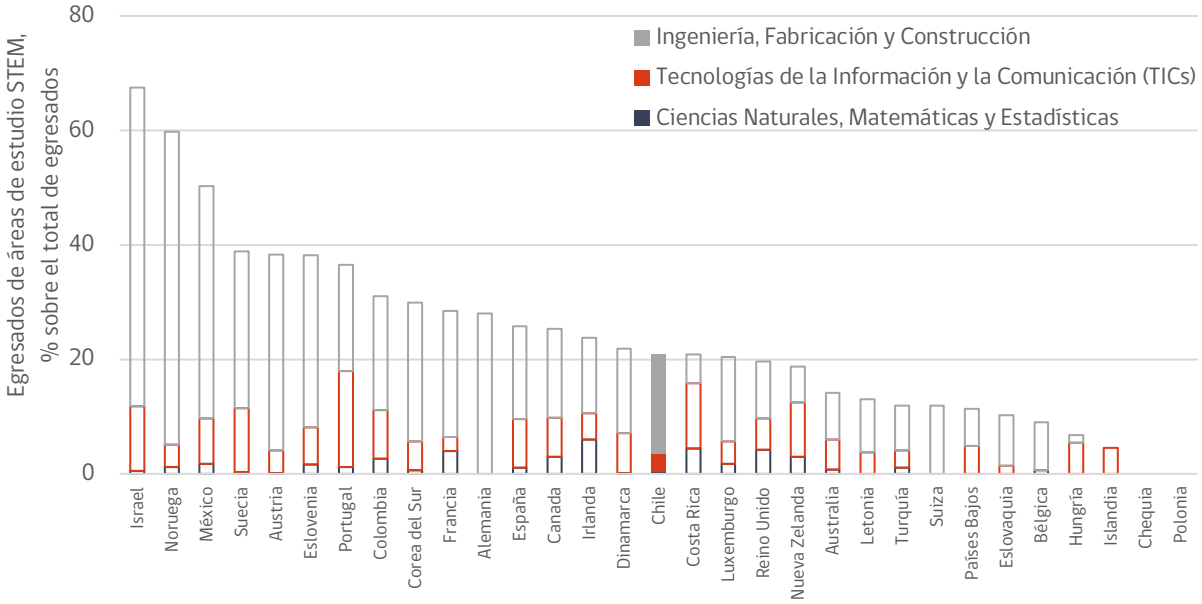
Anexo 5: Proporción de mujeres en STEM por tipo de carrera



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

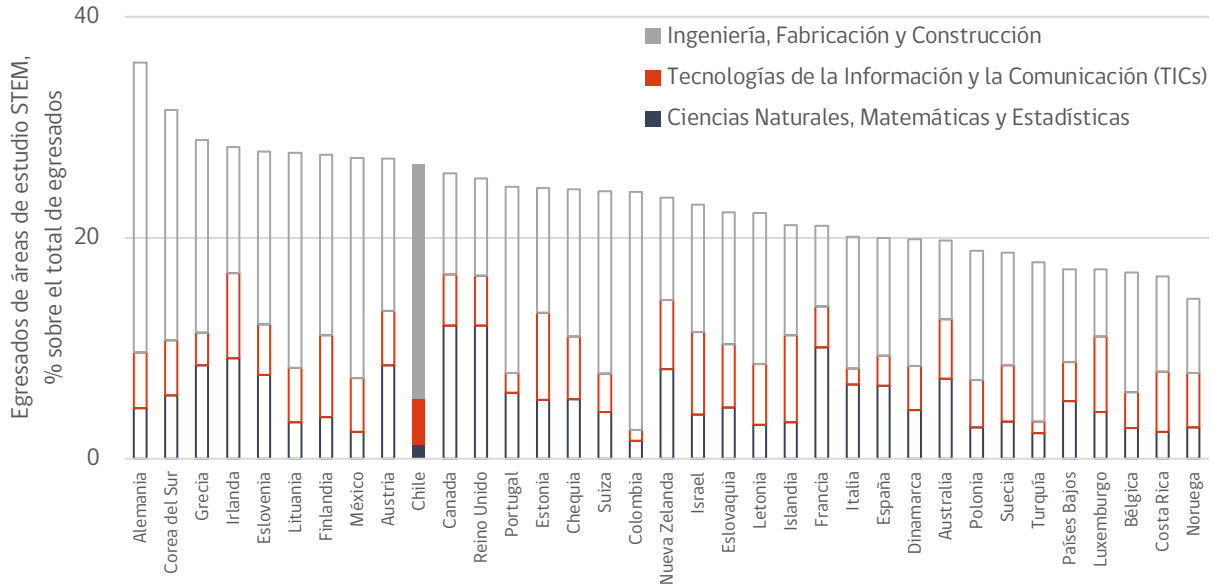
Anexo 6: Egresados de áreas de estudio STEM en países OCDE según nivel educativo

Técnico Profesional, 2020



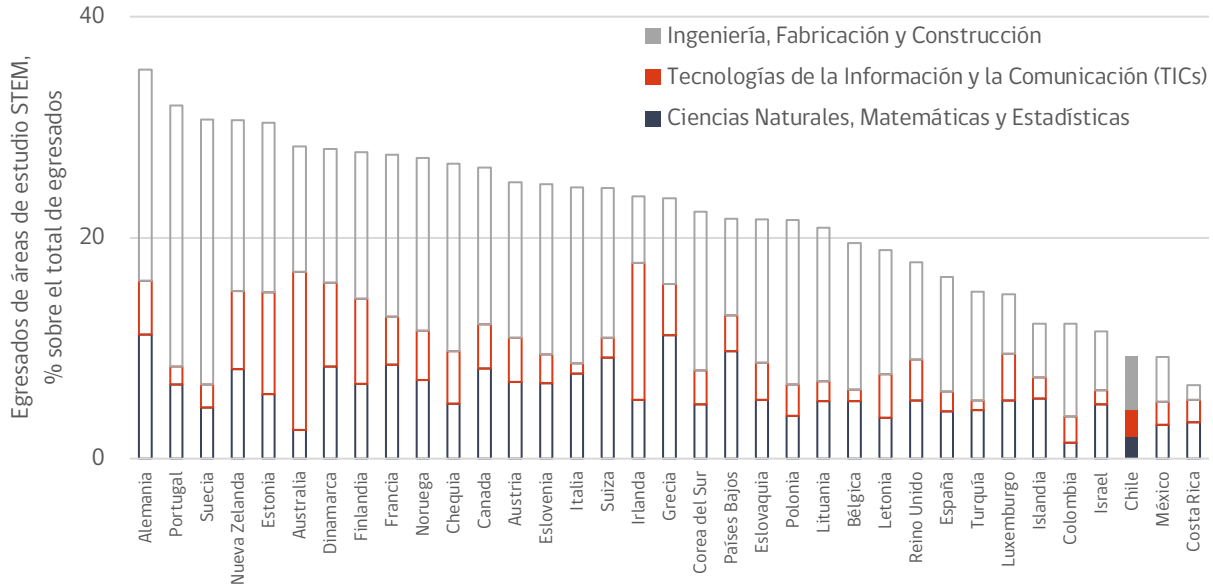
Fuente: Elaboración propia con base en OCDE Education at a Glance.

Pregrado, 2020



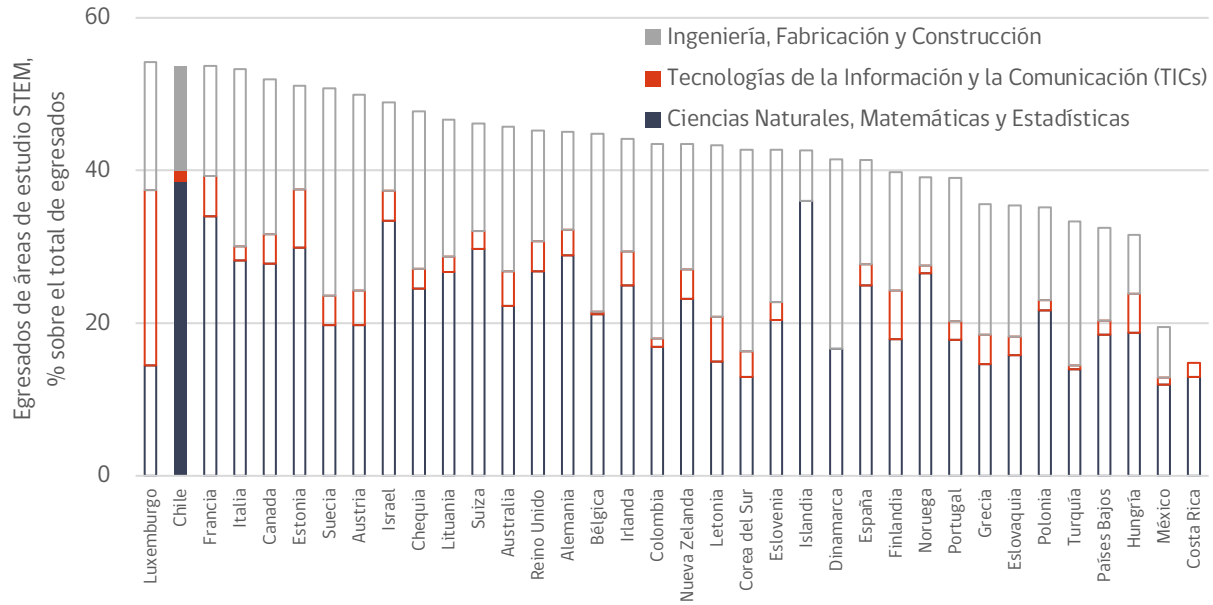
Fuente: Elaboración propia con base en OCDE Education at a Glance.

Magíster, 2020



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

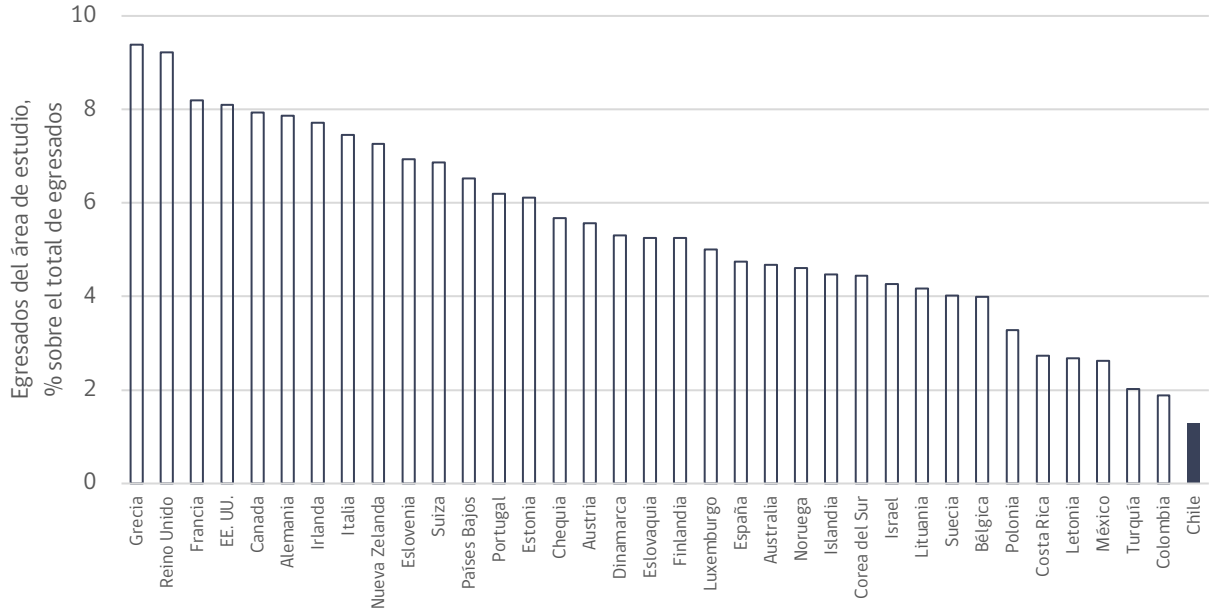
Doctorado, 2020



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

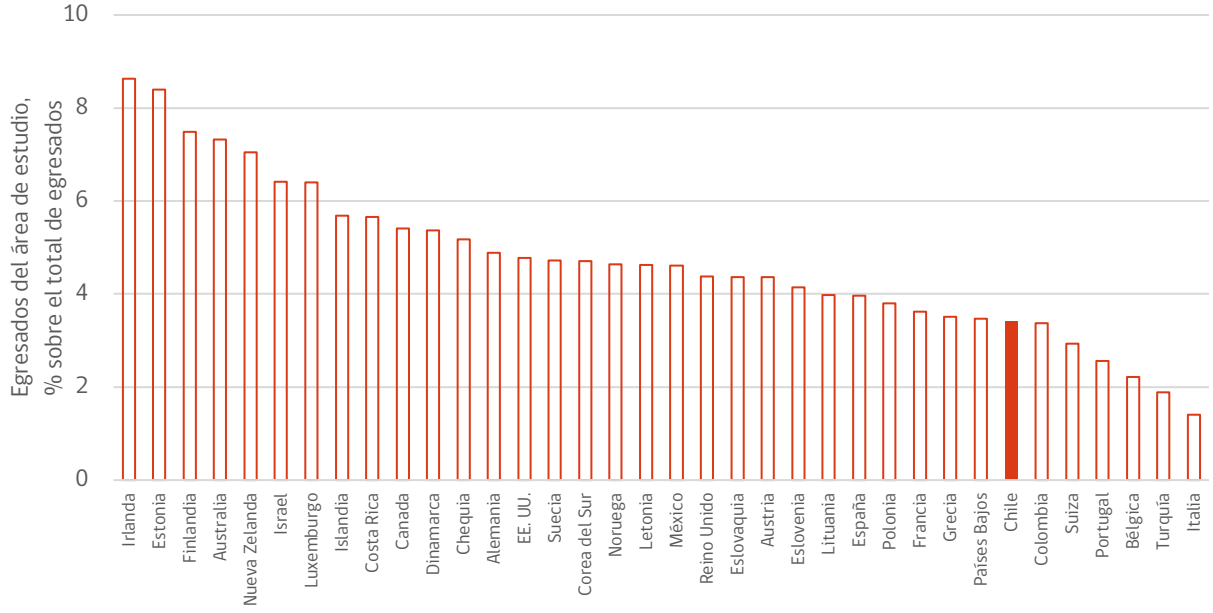
Anexo 7: Egresados según subárea de estudio STEM en países OCDE, 2020

Ciencias, 2020



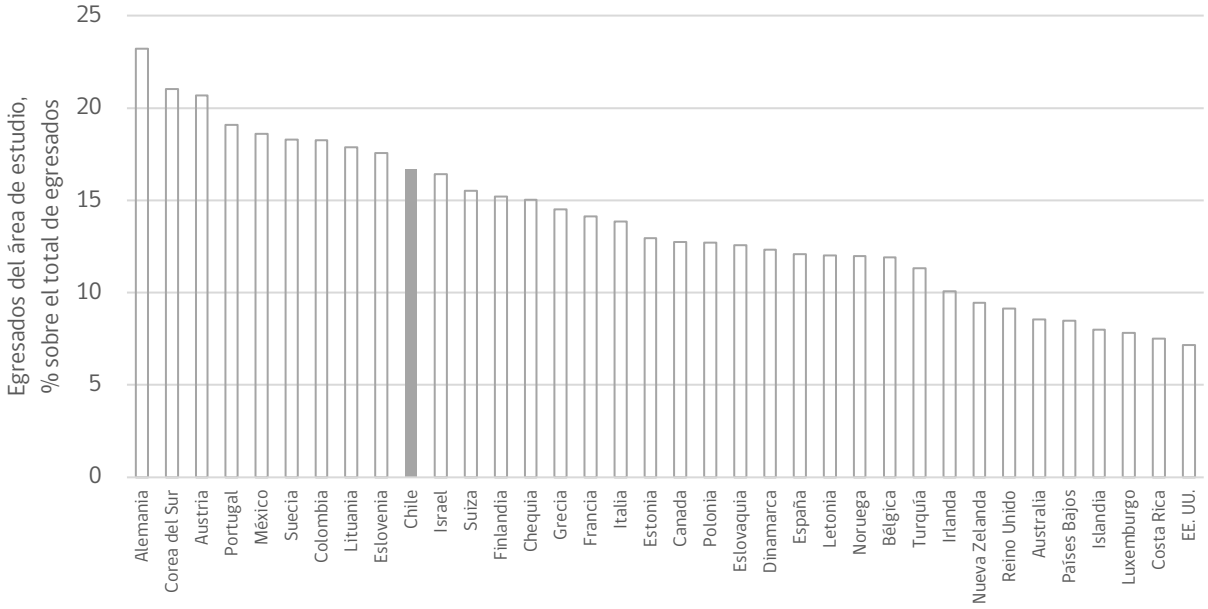
Fuente: Elaboración propia con base en OCDE Education at a Glance.

TICs, 2020



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

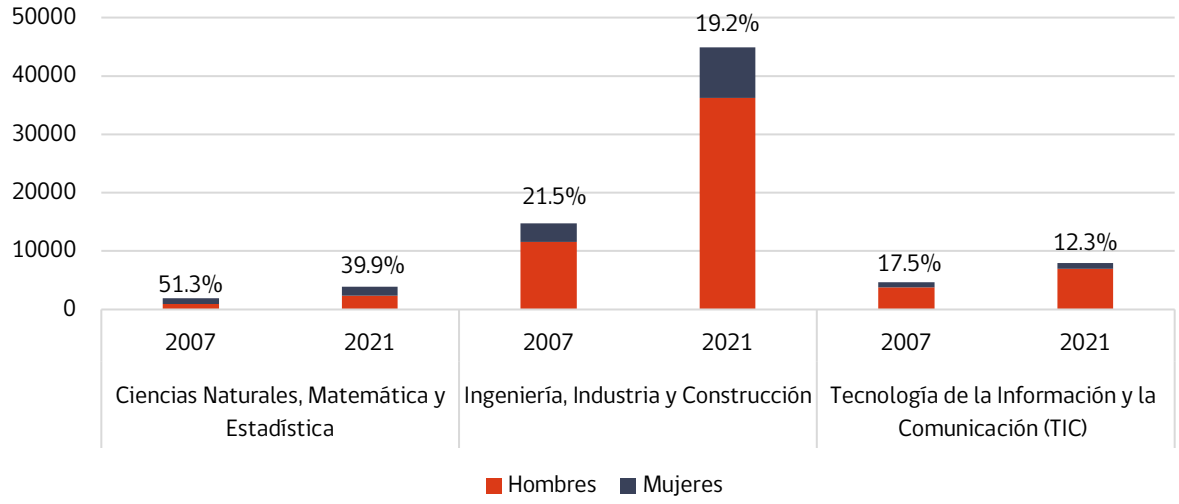
Ingeniería, 2020



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

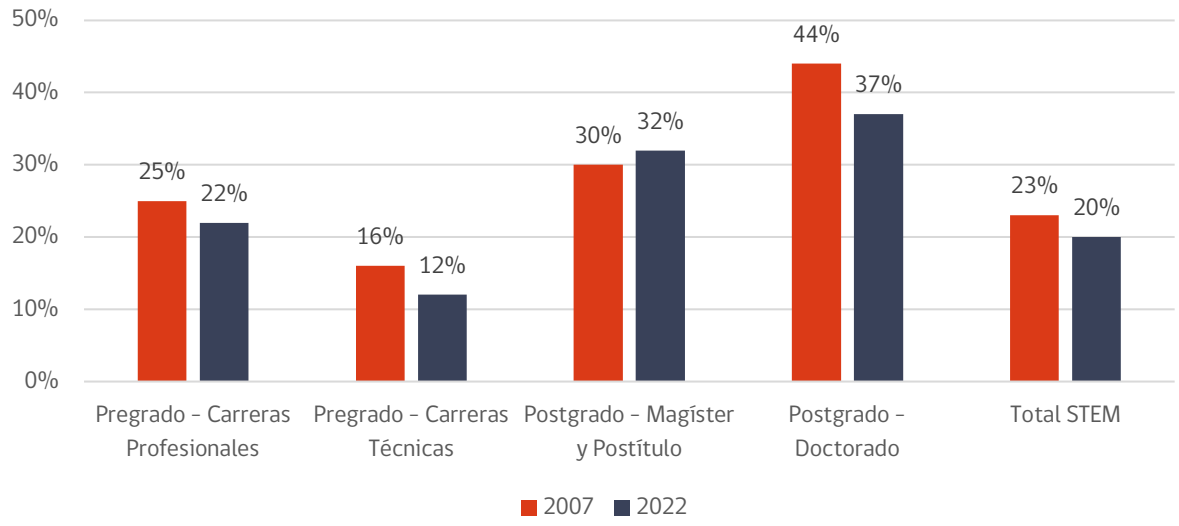
Anexo 8: Proporción de mujeres según sub-área STEM y por tipo de carrera

A.- Según sub-área STEM



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

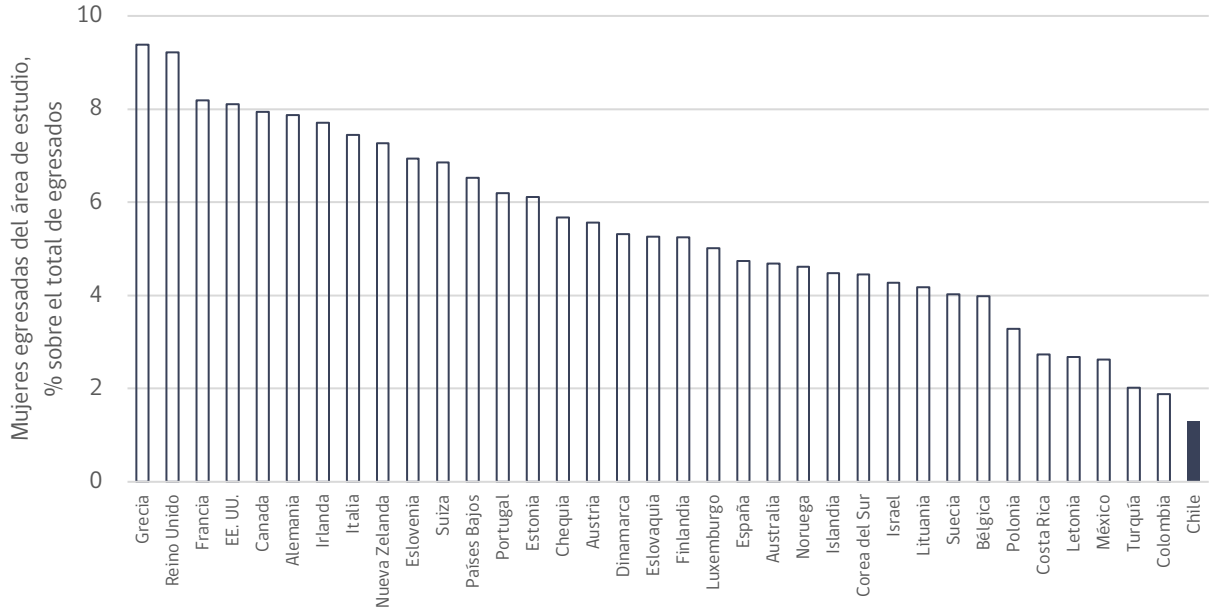
B.- Según tipo de carrera



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

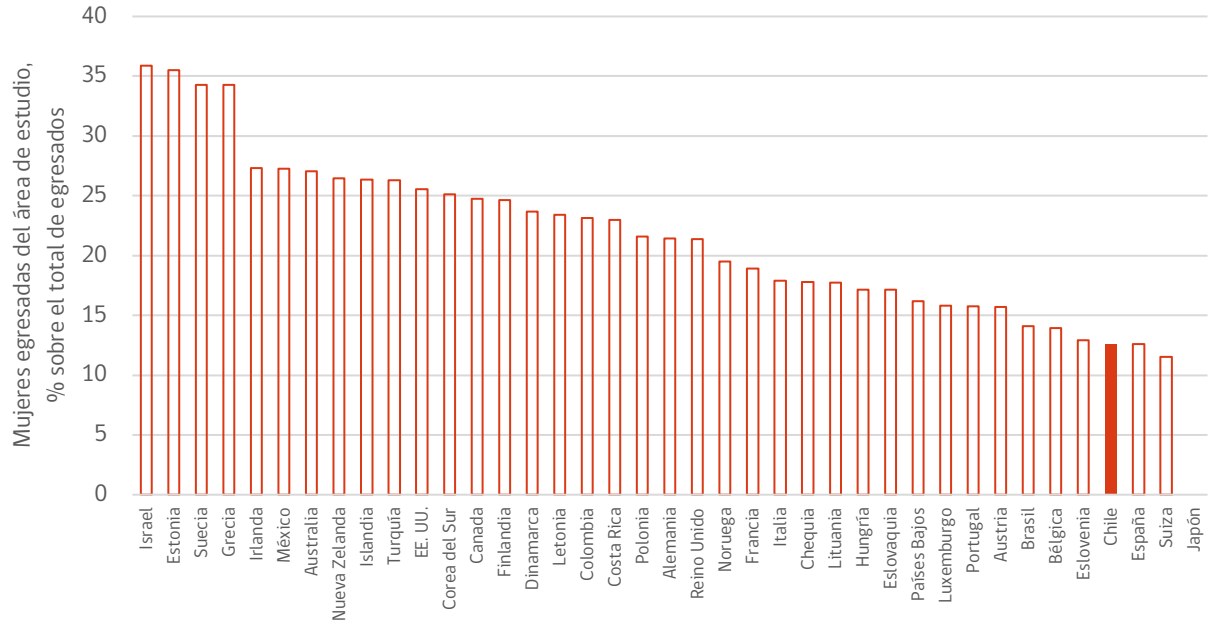
Anexo 9: Egreso de mujeres según subárea STEM en países OCDE, ed. Terciaria

Ciencias, 2020



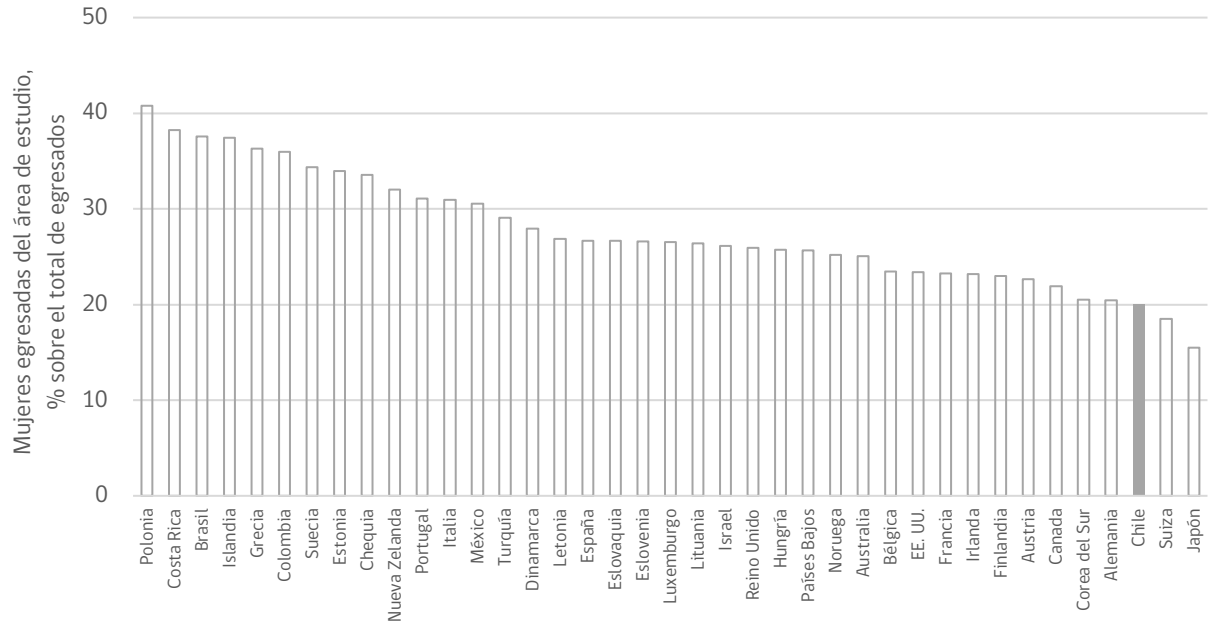
Fuente: Elaboración propia con base en OCDE Education at a Glance.

TICs, 2020



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

Ingeniería, 2020



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

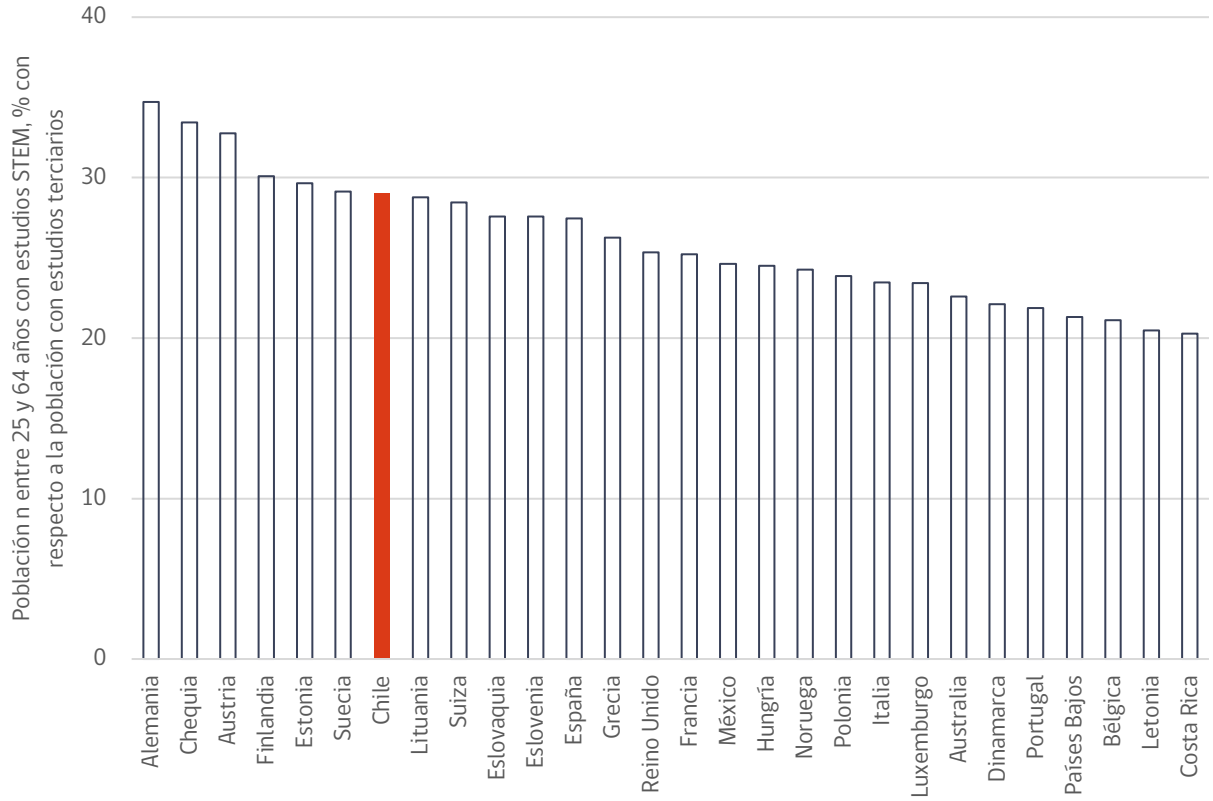
Anexo 10: Ingreso promedio mensual al quinto año de egreso ($2022)

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.

03 ESTUDIOS FINALIZADOS Y EN PROCESO DURANTE 2023

La Comisión Nacional de Evaluación y Productividad (CNEP) tuvo sus inicios en 2015 bajo el nombre de Comisión Nacional de Productividad. En agosto de 2021, se reformó su reglamento con el objetivo de expandir su alcance. Con ello adquirió nuevas atribuciones en el ámbito de la evaluación, teniendo la potestad de observar y recomendar medidas a tomar por los sistemas de evaluación para optimizar la calidad de las regulaciones existentes y las que se encuentran en proceso de análisis. Desde 2015, esta Comisión ha generado dieciséis informes, nueve estudios exploratorios y ha organizado una amplia variedad de seminarios, audiencias, talleres y encuentros con especialistas, en línea con su misión de proponer estrategias y recomendaciones para potenciar la productividad del país y elevar el bienestar de la población. Todos los informes, oficios, actas e información general está disponible en la página web www.cnep.cl.

A continuación, se ofrece un resumen de los trabajos realizados durante el 2023.

3.1 Análisis de Permisos Sectoriales Prioritarios para la Inversión en Chile

Chile, al igual que otros países, enfrenta un desafío en política pública al equilibrar dos objetivos fundamentales. Por un lado, está el impulso de las inversiones para propiciar el crecimiento económico y por el otro, la protección de pilares esenciales de una sociedad moderna, tales como la salud, el medio ambiente y la seguridad nacional. Esta dualidad presenta un reto significativo, pues se busca un modelo de Desarrollo Sostenible que concilie ambos intereses. En febrero de 2023, la CNEP recibió un mandato del Presidente de la República para realizar una revisión exhaustiva de los permisos sectoriales que son cruciales para el desarrollo de proyectos de inversión en el país, con el objetivo de encontrar soluciones que faciliten esta conciliación.

Como parte de esta encomienda, la CNEP llevó a cabo un análisis riguroso sobre los permisos que afectan las inversiones. Identificaron 439 trámites relevantes, de los cuales 309 fueron categorizados como "permisos sectoriales". Estos permisos, aunque establecidos por variadas razones, desde la protección de la salud hasta la conservación del patrimonio, comparten un factor común: condicionan la viabilidad de un proyecto de inversión al obtener un acto aprobatorio específico. De estos, 63 fueron señalados como prioritarios, ya que su influencia en el proceso de inversión es crítica, al tener el potencial de detener el avance del proyecto, abarcando todas las etapas de su desarrollo, desde el acceso inicial al territorio hasta la conclusión de la construcción.

La recopilación de datos para entender mejor estos permisos fue extensa y meticulosa. Se buscó información sobre la frecuencia de uso de estos permisos, la cantidad que se aprueba o rechaza, el tiempo promedio de tramitación, entre otros aspectos. Además, se consideraron variables como los niveles de digitalización y las prácticas para mejorar la gestión. El Ministerio de Economía, Fomento y Turismo fue un aliado clave en esta fase, facilitando el acceso a la información y sirviendo de enlace con otros servicios públicos.

A partir de los datos recolectados, emergieron patrones y conclusiones valiosas. Se notó que los permisos de menor complejidad, etiquetados como clase 1, tienen plazos de tramitación cortos y una tasa de rechazo baja. Sin embargo, los permisos más complejos, aquellos en la clase 3, tardan mucho más en ser procesados y tienen tasas de rechazo más altas. A pesar de identificar prácticas efectivas y esfuerzos de digitalización, no se observó una mejora significativa en la tramitación de estos permisos complejos.

Para abordar estos desafíos, la CNEP propuso diversas medidas. Estas soluciones varían desde la incorporación de revisiones externas de expedientes para agilizar los trámites, pasando por una mayor coordinación interinstitucional, hasta propuestas para cambiar la forma en que se evalúan y otorgan permisos, enfocándose en el riesgo específico de cada actividad o proyecto. La intención subyacente es mejorar el proceso de inversión sin comprometer la protección de áreas críticas para la sociedad. Este estudio finalizó y fue entregado a las autoridades en octubre del 2023.

3.2 Productividad en las Telecomunicaciones

En marzo de 2022, desde la Presidencia de la República se encomendó a esta Comisión el estudio "Productividad en las Telecomunicaciones". Su objetivo principal era identificar barreras que frenaran el crecimiento productivo de diversos sectores, así como los beneficios a los hogares derivados del incremento en la oferta de servicios de telecomunicaciones. Específicamente, reconocer los principales obstáculos para el despliegue de redes de alta velocidad en Chile.

Internet ha emergido como una herramienta esencial para impulsar el desarrollo sostenible y mejorar el bienestar de las personas. Es evidente su importancia en la realización de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. En este contexto, la industria de las telecomunicaciones en Chile ha enfrentado retos regulatorios y administrativos significativos. Una revisión exhaustiva mostró problemas en los procesos de autorización para operar, tales como demoras en la tramitación y un sistema fragmentado de autorización. A su vez, identificó que la mayoría de los permisos para instalar torres se otorgan en terrenos privados. La ausencia de un registro centralizado de estas instalaciones y un plazo largo de tramitación son otros desafíos. Preocupa también la resistencia pública hacia la instalación de infraestructura, en parte debido a temores sobre la exposición a ondas electromagnéticas, que urge una campaña de difusión basada en evidencia sobre su impacto en la salud.

Por otra parte, el espectro radioeléctrico es crucial para las comunicaciones inalámbricas y se utiliza en tecnologías como móviles y WiFi. La Unión Internacional

de Telecomunicaciones coordina su administración a nivel global para evitar interferencias. En Chile, hay áreas de mejora en la gestión del espectro. La mayoría de los países de la OCDE asignan el espectro mediante subastas, pero Chile no sigue esta norma. Dentro de las recomendaciones se incluye cambiar la ley para usar subastas como principal mecanismo de asignación y revisar la duración de las concesiones. SUBTEL debe abordar la subutilización del espectro radioeléctrico, ello pues es esencial mejorar la eficiencia en el uso del espectro dada la demanda creciente. Estos aspectos se complementan con una visión prospectiva, se entregan recomendaciones de política pública considerando futuros retos.

Paralelamente, el estudio se centra en las cuestiones vinculadas a la brecha digital, definida como la disparidad en términos de acceso, calidad, uso y cobertura que limita los beneficios potenciales de estas redes tanto para la economía, a través de automatizaciones, como para la sociedad en general, en áreas como educación, salud y trámites estatales. En efecto, la cobertura de las redes de telecomunicaciones juega un papel crucial en determinar quién tiene acceso a estos servicios. Chile ha hecho esfuerzos para expandir su infraestructura de telecomunicaciones, conectando áreas desde el norte hasta el sur a través de redes de fibra óptica. La industria y el Fondo de Desarrollo de las Telecomunicaciones han contribuido a mejorar la cobertura en los últimos seis años, pero aún queda por cubrir el 35% del territorio.

En cuanto al funcionamiento del FDT, es necesario que SUBTEL publique criterios claros para la evaluación de proyectos, puesto que, durante los últimos 28 años, no ha habido claridad sobre qué criterios se han utilizado en las evaluaciones del FDT. La colaboración entre SUBTEL y el Ministerio de Obras Públicas (MOP) también se propone como una solución para identificar qué infraestructura vial puede complementarse con servicios de telecomunicaciones.

El país ha experimentado un progreso en la extensión de la fibra óptica. Esto resalta una necesidad latente: disponer de un mapa de conectividad. Este mapa, sería una herramienta vital para la planificación de políticas públicas en telecomunicaciones.

Más allá de la cobertura, la calidad del servicio de internet es fundamental para satisfacer las demandas de los usuarios. La calidad abarca desde la velocidad de la conexión hasta la confiabilidad del servicio. Las interrupciones o un servicio inestable pueden dañar significativamente la experiencia del usuario. La Unión Internacional de Telecomunicaciones destaca la importancia de medir la calidad del servicio, considerando aspectos técnicos y subjetivos, las recomendaciones entregadas en este ámbito abordan una mayor transparencia de cara a la ciudadanía por parte del proceso que asigna a la entidad que realizará las mediciones y facilitar la comprensión de las características asociadas al servicio entregado y las causas de su degradación, en caso de existir factores que generen fricciones.

En cuanto al uso, se destaca que aun cuando el uso de internet entre la población es alto, se emplea principalmente con fines recreativos. En efecto, Chile se encuentra rezagado en los usos de internet productivos respecto a otros miembros de la OCDE. A su vez, existe un déficit de competencias digitales que restringe una mayor penetración del uso de internet entre los individuos y empresas, en particular con relación a los usos más avanzados.

La metodología de trabajo implementada en este estudio ha comprendido el trazado de una línea base en función a la revisión de experiencia internacional, el análisis del contexto interno, acompañada por el desarrollo de actividades y entrevistas con actores relevantes de la industria a fin de capturar, en función a su experiencia, los principales desafíos que enfrenta el sector. El estudio fue entregado a las autoridades sectoriales durante el cuarto trimestre del año 2023.

3.3 Estudios en proceso en 2023:

Eficiencia en la Gestión de Compras y Manejo de Inventarios de Hospitales

El 15 de marzo de 2023, el Presidente de la República Gabriel Boric Font, a través del oficio No. 445, encomendó a la Comisión Nacional de Evaluación y Productividad (CNEP) realizar un estudio sobre la eficiencia en la gestión de compra y manejo de inventarios de insumos médicos por la red pública. Este estudio tiene como objetivo identificar y analizar los factores que afectan la gestión de compras y manejo de inventarios en hospitales, enfocándose especialmente en insumos médicos y productos farmacéuticos. Se espera un informe que caracterice el impacto de estos factores, identifique brechas en la gestión y proponga recomendaciones para su mejora.

El Estado, para funcionar adecuadamente y prestar servicios a la ciudadanía, requiere no sólo de recursos humanos sino también de insumos, siendo esenciales los bienes y servicios que utiliza diariamente. Esta necesidad abarca a diversos organismos, desde ministerios hasta hospitales y Fuerzas Armadas, y engloba una amplia gama de artículos, desde alimentos y medicamentos hasta servicios de transporte, hotelería, como también servicios de atención quirúrgica para abordar la lista de espera, por ejemplo. Esta adquisición de bienes y servicios por parte del Estado se conoce como compra pública, y Chile cuenta con un marco legal para ello desde hace dos décadas.

Al analizar el gasto público, se estima que el gasto anual en *Productos Farmacéuticos, Insumos Médicos y otros Bienes y Servicios de Consumo* representó, en promedio, el 64% del total del gasto en bienes y servicios que realizó el sector salud a nivel central entre 2009 y 2022. Para 2022 el gasto estimado en estos tres ítems ascendió a USD 2.463 millones, representando un 14% del presupuesto total en salud a nivel central. Tanto así es la relevancia de este tipo de gasto que, entre 2009 y 2022, se estima que por 3 pesos que el Gobierno Central gastó en compras públicas, 1 peso estuvo destinado a la compra de *Productos Farmacéuticos, Insumos Médicos y otros Bienes y Servicios de Consumo*. Cabe señalar que entre 2018 y 2022 las compras públicas asociadas al sector salud representaron sobre el 52% del total de compras públicas del Gobierno Central, luego le siguen el sector defensa (8%), justicia y derechos humanos (7%) e interior y seguridad pública (6%).

Para el caso del objeto de análisis de este estudio, los hospitales, se concluye que entre 2020 y 2022 éstos representaron el 79% del gasto en *Productos Farmacéuticos, Insumos Médicos y otros Bienes y Servicios de Consumo* que realizó el sector salud a nivel central; y a nivel del propio establecimiento se estimó que el gasto en dichos ítems representó el 69% del total de compras que realizó en un año. Por tanto, se estima que de 4 pesos que gastó el Gobierno Central en compras públicas, 1 peso estuvo destinado a la compra de *Productos Farmacéuticos, Insumos Médicos y otros Bienes y Servicios de Consumo* para los hospitales. Así, se concluye que el gasto en *Productos Farmacéuticos, Insumos Médicos y otros Bienes y Servicios de Consumo* de la red pública hospitalaria representaría alrededor del 25-30% del gasto anual en compras públicas que realiza el Gobierno Central. Además, hay una marcada heterogeneidad en el gasto de este ámbito entre hospitales. Por ejemplo, el hospital que más gastó en 2022 gastó el doble que el que se posicionó en el decimosexto lugar en gasto. Esta inversión está estrechamente relacionada con el volumen de atención y la complejidad de los casos atendidos, aspectos que se deberán considerar en futuros análisis para entender a fondo la dinámica del gasto.

Para entender las cifras anteriores y otros aspectos relevantes asociados al estudio, tales como, los procesos de compra, las bases de licitación, el proceso logístico, la infraestructura, como la gestión misma dentro de los hospitales, es que la Comisión ha estado estos meses entrevistando a los distintos actores involucrados. Específicamente, representantes de MINSAL, DIPRES, CENABAST, ChileCompra, ISP, hospitales de alta complejidad (desde Arica hasta Punta Arenas), junto con representantes de los diversos proveedores de fármacos, insumos y dispositivos médicos que nutren a la red pública. Mediante estas entrevistas, la Comisión ha podido identificar los principales desafíos que enfrenta el proceso de compra y gestión de inventarios de los hospitales de la red pública, y con ello se ha empezado a elaborar las propuestas de recomendaciones para el consejo, esperando que en el plazo de 1 año, como así lo establecen los términos de referencia del proyecto, se entregue al Presidente Boric recomendaciones para apoyar una mejor gestión en las compras e inventarios en los hospitales de la red pública.

Levantamiento de la línea base de plazos de tramitación de la ruta crítica de permisos para el desarrollo de proyectos de inversión mineros

Con ocasión de la tramitación de la Ley N° 21.591, sobre Royalty a la Minería, el Gobierno y los parlamentarios suscribieron un protocolo de acuerdo para avanzar en distintas materias relacionadas con el desarrollo del sector minero y las regiones de nuestro país.

En el marco de dicho protocolo, el 28 de julio de 2023 se constituyó una mesa técnica para identificar las medidas presupuestarias, administrativas y legales necesarias para reducir en un tercio el tiempo de tramitación de los permisos requeridos para proyectos de inversión minera.

En este contexto, se encomendó a la Comisión Nacional de Evaluación y Productividad (CNEP), a través del Oficio Presidencial N° 1.670, de 13 de septiembre de 2023, construir una línea base que contemple la ruta crítica de permisos para proyectos de inversión minera

y, además, el monitoreo y reporte de los avances respecto al cumplimiento de la meta de reducción de plazos de tramitación antes mencionada.

Para ello, en primer lugar, se definieron categorías de proyectos de inversión minera pertinentes para el análisis, con base en su representatividad del sector. Luego, se identificaron los permisos aplicables a fin de seleccionar aquellos que, según su criticidad, fuesen los más relevantes, dado su potencial de afectar la ruta crítica del proyecto.

A continuación, y donde fue posible, se recabó evidencia cuantitativa que permitió determinar los plazos reales de tramitación de los permisos de interés. Finalmente, se organizó la información en un flujo secuencial que permitiera establecer el plazo acumulado de tiempos de tramitación de los permisos críticos.

A partir de dicho flujo, se construyó una propuesta de línea base de tiempo de tramitación de los permisos requeridos para proyectos de inversión minera, el cual fue presentado a la Mesa Técnica el 15 de diciembre de 2023, junto con la propuesta de seguimiento de las medidas propuestas para la disminución de plazos de tramitación de proyectos mineros.

Agenda de Evaluación de la CNEP

En el contexto de las atribuciones otorgadas recientemente a la CNEP respecto de la evaluación de políticas públicas, han surgido dos nuevos productos de relevancia.

En primer lugar, se dio inicio al trabajo en la "Agenda de Evaluación de Mediano Plazo. Este documento analítico tiene como principales objetivos la realización de un catastro de los instrumentos de evaluación de políticas públicas en Chile y el desarrollo de un diagnóstico que establezca los lineamientos institucionales, metodológicos y regulatorios para fortalecer y fomentar la evaluación en el país.

Respecto al propósito fundamental de la Agenda, resulta destacable su carácter innovador. La recopilación de iniciativas y su análisis para establecer una hoja de ruta a cinco años, lo que demuestra el compromiso de la CNEP en promover la transparencia y el desarrollo sostenible de las políticas públicas en Chile.

En segundo lugar, se está llevando a cabo la preparación "Informe Anual de Evaluación", cuya publicación está prevista para mayo del presente año. En su primera edición, el Informe tiene como propósito examinar detalladamente los sistemas e instrumentos implementados durante el año presupuestario 2023, poniendo énfasis en la evaluación de diversas iniciativas, programas y políticas tanto a nivel central como sectorial en Chile. A diferencia de la Agenda de Evaluación, este análisis tiene un enfoque cuantitativo profundo, buscando generar *accountability* de la evaluación en términos de cobertura en vez de sistémica.

Adicionalmente, el informe incorporará un capítulo temático centrado en analizar la Evaluación de Planificación y Ordenamiento Territorial, resaltando su importancia en el contexto nacional. El objetivo principal es llevar a cabo una identificación exhaustiva y un análisis detallado de las herramientas utilizadas para evaluar la planificación y ordenamiento territorial en Chile y el mundo. A partir este análisis, se propondrán recomendaciones de políticas públicas que busquen optimizar la coordinación, el enfoque sistémico y la eficiencia de estos instrumentos.

04 BIBLIOGRAFÍA

Capítulo 1

Andrews, Dan, Chiara Criscuolo, y Peter Gal. 2015. «Frontier Firms, Technology Diffusion and Public Policy: Micro Evidence from OECD Countries». OECD Productivity Working Papers 2. Vol. 2. OECD Productivity Working Papers. https://doi.org/10.1787/5jrql2q2jj7b-en.

———. 2016. «The Best versus the Rest: The Global Productivity Slowdown, Divergence across Firms and the Role of Public Policy». OECD Productivity Working Papers 5. Vol. 5. OECD Productivity Working Papers. https://doi.org/10.1787/63629cc9-en.

Andrews, Dan, Giuseppe Nicoletti, y Christina Timiliotis. 2018. «Digital Technology Diffusion: A Matter of Capabilities, Incentives or Both?» OECD Economics Department Working Papers 1476. Vol. 1476. OECD Economics Department Working Papers. https://doi.org/10.1787/7c542c16-en.

Baily, Martin Neil, James Manyika, y Shalabh Gupta. 2013. «U.S. Productivity Growth: An Optimistic Perspective». International Productivity Monitor. Centre for the Study of Living Standards. International Productivity Monitor.

Banco Central de Chile. 2021. «Glosario: informe de Política Monetaria».

Bloom, Nicholas, Philip Bunn, Paul Mizen, Pawel Smietanka, y Gregory Thwaites. 2020. «The Impact of Covid-19 on Productivity». w28233. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research. https://doi.org/10.3386/w28233.

Brynjolfsson, Erik, y Andrew McAfee. 2011. *Race against the machine: how the digital revolution is accelerating innovation, driving productivity, and irreversibly transforming employment and the economy*. Lexington, Mass: Digital Frontier Press.

CNP. 2016. «Productividad en la Gran Minería del Cobre en Chile; Período 2000/2014. Nota Técnica No. 2».

———. 2017. «Informe Anual 2016». 1.

Cowen, Tyler. 2011. *The Great Stagnation: How America ate all the low-hanging fruit of modern history, got sick, and will (eventually) feel better*. A penguin Special from Dutton. Button.

Criscuolo, Chiara, Peter Gal, Timo Leidecker, Francesco Losma, y Giuseppe Nicoletti. 2021. «The Role of Telework for Productivity during and Post-COVID-19: Results from an OECD Survey among Managers and Workers». OECD Productivity Working Papers 31. Vol. 31. OECD Productivity Working Papers. https://doi.org/10.1787/7fe47de2-en.

European Central Bank. 2021. *Labor Adjustment and Productivity in the OECD*. LU: Publications Office. https://data.europa.eu/doi/10.2866/982062.

Gordon, Robert. 2012. «Is U.S. Economic Growth Over? Faltering Innovation Confronts the Six Headwinds». w18315. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research. https://doi.org/10.3386/w18315.

Hasumann, Ricardo, Bailey Klinger, y Rodrigo Wagner. 2008. «Doing Growth Diagnostics in Practice: A "Mind-book"». CID Working Paper Series 2008. 177. Hardvard University, Cambridge, MA.

Hobijn, Bart. 2022. «"Great Resignations" are commun during fast recoveries». *Research form the Federal Reserve Bank of San Fransisco*, 2022. https://www.frbsf.org/wp-content/uploads/sites/4/el2022-08.pdf.

Krugman, Paul. 1994. *The Age of Diminished Expectations*. Third Edition. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.

McMillan, Margaret, y Dani Rodrik. 2011. «Globalization, Structural Change and Productivity Growth». w17143. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research. https://doi.org/10.3386/w17143.

Melitz, Marc, y Saso Polanec. 2015. «Dynamic Olley-Pakes Productivity decomposition with Entry and Exit». RAND Journal of Economics Vol. 46(2).

OECD. 2001. *Measuring Productivity - OECD Manual: Measurement of Aggregate and Industry-Level Productivity Growth*. OECD. https://doi.org/10.1787/9789264194519-en.

———. 2021. *OECD Compendium of Productivity Indicators 2021*. OECD Compendium of Productivity Indicators. OECD. https://doi.org/10.1787/f25cdb25-en.

———. 2023. *OECD Compendium of Productivity Indicators 2023*. OECD Compendium of Productivity Indicators. OECD. https://doi.org/10.1787/74623e5b-en.

Capítulo 2

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