

Antecedentes para la construcción de una herramienta diagnóstica de saberes digitales y computacionales

Autores:

Borchardt, Mara
Echeveste, Emilia
Martínez, Cecilia
Martínez López, Pablo E. 'Fidel'
Monjelat, Natalia
Roggi, Inés
Torres, Martín

Editor: Fundación Sadosky

Año: 2024

Este documento se encuentra en <https://program.ar/> y está disponible bajo la licencia "Creative Commons Atribución-No-Comercial. Compartir igual 4.0 internacional" (CC-BY-NC-SA 4.0).

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



Contenido

Resumen ejecutivo	3
Indicadores de alfabetización computacional	6
Tabla 1. Dimensiones de alfabetización computacional	6
Antecedentes de test de alfabetización computacional entre estudiantes de edad escolar	7
Tabla 2. Antecedentes de tests de alfabetización computacional	8
Antecedentes en América Latina	8
Revisión del International Computer and Information Literacy Study (ICILS) 2018	9
Análisis del test	11
Prueba CIL	12
Sobre las categorías conceptuales	12
Sobre las preguntas incluidas	12
Sobre el mecanismo de medición	14
Prueba CT	15
Sobre las categorías conceptuales	16
Sobre las preguntas incluidas	16
Sobre el mecanismo de medición	17
Cuestionarios de contexto	18
Sobre el software de administración de pruebas	21
Metodología	22
Anexo	24
Definiciones conceptuales	24
Definiciones de alfabetización computacional	25
Referencias	27

Resumen ejecutivo

En julio de 2023, la Fundación Sadosky participó del encuentro del Global Education Monitoring Report (GEM Report) en Montevideo, Uruguay. Manos Antoninis, director del GEM, planteó la importancia de definir las habilidades digitales que América Latina considera relevantes que la escuela fomente, enseñe y desarrolle. En ese sentido, se mencionó que el estudio más utilizado a nivel global para diagnosticar los saberes digitales y computacionales en el nivel de educación obligatorio es el International Computer and Information Literacy Study (ICILS). Se planteó que sería pertinente evaluar su implementación en América Latina. Con este propósito en vista, la Fundación Sadosky convocó a un grupo de investigadores argentinos para analizar el ICILS. Aquí se presenta el resultado de dicho trabajo.

En una primera instancia, se relevaron estudios que definieron y recolectaron datos en torno a la alfabetización digital y computacional en sus diferentes dimensiones y perspectivas. Algunos de los hallazgos fueron los siguientes:

- Todos los artículos reconocen conceptos y prácticas digitales y computacionales y el aprendizaje de la programación como experiencia fundacional de esta última.
- En algunos artículos más recientes, se observó que se comenzó a incluir la perspectiva de la pedagogía crítica, que analiza los aspectos éticos, sociales y políticos de la tecnología digital.
- Se advirtió la inexistencia de trabajos de investigación sobre América Latina. Esto configura una importante vacancia, al tiempo que una necesidad que debe atenderse en pos de proveer información para la elaboración de políticas públicas que promuevan la alfabetización digital y computacional intencional y de calidad en la escuela.

En una segunda instancia, el equipo de la Fundación avanzó en el relevamiento de tests de pensamiento, alfabetización y participación computacional que hayan sido implementados en poblaciones en edad escolar, en el período de escolaridad obligatoria. Se hallaron 14 artículos que reportaban la implementación de tests; sólo siete tests de los analizados cumplían con los requisitos de abordar alfabetización computacional en el ámbito de la escolaridad obligatoria. De este universo, se analizó en profundidad el Test Internacional de Alfabetización Computacional e Informativa- ICILS (Fraillon *et al.*, 2020), el test más utilizado a nivel internacional para medir conocimientos y habilidades digitales y computacionales.

En relación al relevamiento de los estudios sobre alfabetización digital y computacional, los datos relevados y analizados hicieron posible reconstruir que la Programación y, más recientemente, las Ciencias de datos e Inteligencia Artificial son las áreas que más peso tienen en la actualidad en las propuestas de enseñanza en América Latina. La oferta educativa en el campo computacional parecería reproducir las prácticas computacionales hegemónicas. Otras áreas, tales como la seguridad informática, redes, arquitecturas de computadoras, sistemas operativos libres y, en general, la perspectiva del software libre tienen escasa o casi nula presencia en las propuestas curriculares.

Para poder acompañar con políticas focalizadas a las administraciones jurisdiccionales, nacionales e internacionales en la inclusión de los saberes sobre Programación y Ciencias de datos e Inteligencia artificial en las escuelas, es imprescindible relevar los conocimientos que poseen las infancias y las juventudes en este campo formativo. Poder desarrollar un análisis de los conceptos y prácticas digitales y computacionales que portan las y los estudiantes permitirá identificar los conjuntos de conceptos que necesitan ser fortalecidos dentro del sistema y así ofrecer los apoyos necesarios en cada caso.

Desde hace algunos años, varios países de la región están avanzando en la inclusión de saberes digitales y computacionales en la escuela obligatoria. Las nuevas orientaciones y las actualizaciones curriculares que incluyen estos saberes materializan un relativo consenso social y educativo respecto de la necesidad y la importancia de la alfabetización digital y computacional en la escolaridad obligatoria para contribuir a la formación de una ciudadanía que participe y construya soberanía tecnológica.

Partiendo del concepto de *justicia curricular* (Connell, 2009) y de *currículo común* (Terigi, 2008), entendemos que la escuela, a través de la distribución justa de saberes relevantes, debe garantizar la participación y el aprendizaje de todo el estudiantado. Es en ese sentido que el currículo y los aprendizajes que desde él se generan deberían ser evaluados de manera frecuente para promover dichas garantías. En el caso de los saberes digitales y computacionales reconocemos profundas brechas según posición en el campo social y el género.

Como se mencionó anteriormente, la escuela ha ofrecido tradicionalmente prácticas hegemónicas de computación a sus estudiantes, dejando de lado los aportes de la cultura digital que hacen las comunidades de software libre, los repositorios abiertos y la enseñanza de lenguajes computacionales que permiten acceder a ellos. Un currículo orientado a la democratización del conocimiento sobre computación debería recuperar las prácticas y los saberes que el mercado y la cultura hegemónica no ponen a disposición de la ciudadanía en general, como también recuperar los saberes que los y las estudiantes construyen en sus experiencias cotidianas para ponerlos en valor en la escuela, socializarlos y someterlos a un análisis crítico. Este tipo de currículo puede contribuir a cerrar las brechas de origen (Connell, 2009) y a una educación (Terigi, 2008) que democratice saberes. En la era de la Inteligencia Artificial —y sus mecanismos implicados—, es necesario el desarrollo de políticas públicas relacionadas con la producción del conocimiento en las Ciencias de Computación, que contemplen una perspectiva crítica y participativa que promueva una adecuada apropiación de los conceptos y los procesos, para luego dar lugar a la creación y la transformación activa de los mismos.

Dada la ausencia de un marco conceptual de definiciones sobre alfabetización digital y computacional para América Latina, es difícil afirmar que las categorías y las definiciones utilizadas por el test del ICILS sean pertinentes para la región. Sin embargo, teniendo en cuenta el estudio realizado por la Fundación Sadosky para el GEM Report en 2023 en relación con el modo en que Brasil, Uruguay, Argentina, Chile, Paraguay, Costa Rica y Cuba abordan estos saberes, podríamos afirmar que el test está bastante alineado con los saberes que los países más avanzados en términos de implementación abordan en las aulas.

A pesar de ello y sin desmerecer que el test es extremadamente sofisticado y trabaja en una multiplicidad de niveles, los detalles presentados en los documentos públicos relevados en el marco del presente estudio no son suficientes para poder definir si sería posible utilizarse directamente en nuestra región (Fraillon *et al.*, 2020). No se pudo acceder a las preguntas específicas del test ni sus opciones de respuesta y por lo tanto es difícil determinar si la formulación de las consignas y el nivel de dificultad de los problemas es adecuado para la comunidad educativa de América Latina. Otro aspecto a mencionar es que no hay información sobre la disponibilidad del software o sus modos de distribución al público (de existir) ni su licenciamiento, como tampoco de las tecnologías utilizadas en su desarrollo (lenguajes de programación, entornos de trabajo, etc.). Por último, cabe destacar que su interfaz se encuentra en inglés.

Sin embargo, a partir de los documentos relevados para este análisis, podemos afirmar que el enfoque conceptual, la metodología y la estrategia general de implementación deberían orientar cualquier propuesta específica que se desarrolle para la región, teniendo en cuenta el idioma, las características de infraestructura y el equipamiento tecnológico disponible y los saberes digitales y computacionales comunes o de mínima abordados en las escuelas. De este test se pueden utilizar las definiciones dadas para determinar de forma adecuada lo que se quiere investigar, el detallado diseño de los instrumentos utilizados, el modelo de medición y el *software* de presentación. El mismo constituye una guía de calidad respecto de cómo realizar una evaluación por lo que la Fundación recomienda utilizarlo como base para definir un estudio similar a nivel nacional o regional.

Para ese objetivo sería extremadamente útil contar con un consejo asesor conformado por miembros del equipo que realizó el estudio ICILS. Además, para poder instrumentarlo adecuadamente debería conformarse en la región latinoamericana un equipo interdisciplinario con expertos en pedagogía, en contenidos disciplinares, en testeos masivos y en desarrollo de software. Este equipo tendría como primera tarea hacer un diseño general como el que se muestra en el estudio relevado y luego un desarrollo del mismo, considerando todos los instrumentos y su administración, así como la medición de resultados. Un proyecto de estas características requiere de un plan con fases iterativas: diseño, testeo, ajustes y, finalmente, implementación y administración del test.

Indicadores de alfabetización computacional

Durante el análisis y en relación con la identificación de áreas específicas de la alfabetización computacional, se identificaron: erudición digital (como la capacidad de comprender cómo se construye un texto digital publicable), alfabetización en software (que incluye el dominio de ciertos lenguajes y plataformas programables), alfabetización en inteligencia artificial, alfabetización en aprendizaje automático, alfabetización en Ciencia de datos (estas incluyen dominio de conceptos, prácticas y análisis crítico), y alfabetización crítica (que comprende la capacidad de diseñar, interpretar y depurar).

A continuación, en la tabla 1 se presenta una síntesis de las dimensiones de alfabetización computacional encontradas en esta revisión, los principales indicadores y los trabajos de referencia.

Tabla 1. Dimensiones de alfabetización computacional

Dimensión de alfabetización computacional	Definición	Artículos	Indicadores
Identificación y comprensión del funcionamiento de sistemas informáticos	Los estudios que enfatizan esta dimensión incluyen saberes que permiten la identificación, explicación y producción de artefactos computacionales. Visualización de datos, reconocimiento de flujos, creación, depuración y diseño de programas. Reconoce el aprendizaje de la programación como fundacional de estas capacidades, tales como la perspectiva de la seguridad informática y el trabajo en redes.	(Basogain, X., et al., 2018), (Dichev, C., et al., 2017), (Terroba, M., et al., 2021), (De Paula, et al., 2018), (Lockridge, T., et al., 2017), (Losh, E., 2014), (Mannila, L., et al., 2023), (Hsu, T. C., et al., 2018), (Weintrop, D., et al., 2019), (Kelly, A., et al., 2018), (Sáez-López, et al., 2016)	En general, los estudios que dieron cuenta de la identificación y comprensión de sistemas digitales usaron los siguientes indicadores: uso de conceptos y habilidades computacionales en una actividad de programación, que incluyen abstracción, diseño algorítmico, análisis, recolección y representación de datos, descomposición, paralelización, generación y reconocimiento de patrones, simulación, transformación de datos, lógica condicional y conexión a otros campos, modelización. También abarcan identificación de elementos de código, intervención de un lenguaje computación y comprensión de cómo se construye un texto digital en un código publicado; prácticas de depuración y retoques de un código; y habilidades de creación y diseño de un artefacto computacional.
Creación, transformación, participación y análisis crítico y ético de artefactos computacionales	Los estudios clasificados en esta dimensión incluyen la categoría de pensamiento computacional y agregan la perspectiva de la participación computacional, la ética, las políticas de producción del conocimiento, el bien común, y los grupos detrás de los artefactos y los datos que se usan para tecnologías de aprendizaje automático.	(Vourletsis, I., et al., 2022), (Su, J., et al., 2022), (Ottenbreit-Leftwich, Anne T., et al., 2021), (Irgens, G. A., et al., 2022), (Laupichler, M. C., et al., 2023)	Los estudios que analizan la alfabetización computacional desde la perspectiva crítica incluyen entre sus indicadores la identificación de tecnologías de inteligencia artificial (IA) y aprendizaje automático (AA), programación de estas tecnologías y análisis ético. Algunos casos analizan la creación de automatizaciones orientadas al bien común.
Actitudes personales en actividades computacionales	Los estudios incluidos aquí trabajan todos desde la perspectiva del Pensamiento Computacional que incluye conceptos y prácticas, pero además consideran las actitudes hacia la disciplina.	(Papavlasopoulou, S., et al., 2019), (Terroba, M., et al., 2021), (Weintrop, D., et al., 2019)	Desde esta perspectiva se analizan los intereses de las y los estudiantes, la autopercepción de competencia y la confianza que se tienen para resolver un problema y el interés futuro en la disciplina a partir de la experiencia de aprendizaje.

Antecedentes de test de alfabetización computacional entre estudiantes de edad escolar

De acuerdo con lo esperado en estas investigaciones, las variables, operaciones y los instrumentos que se han usado para medir y analizar la alfabetización computacional dependen de cómo ésta ha sido definida. Desde la concepción más restrictiva de alfabetización computacional como pensamiento computacional se proponen una serie de test que ofrecen ejercicios para recuperar la misma lógica de razonamiento que se utiliza en la programación (Relkin, *et al.*, 2022). Como caso paradigmático, los tests del Programa para la Evaluación Internacional de los Estudiantes (habitualmente conocido como PISA por sus siglas en inglés: *Programme for International Student Assessment*) agregaron, a partir del 2021, una sección de pensamiento computacional aplicada exclusivamente a la matemática para resolver problemas de este campo. Más precisamente incluyen reconocimiento de patrones, descomposición, selección de herramientas para resolver problemas y escritura de algoritmos para definir una solución (Schleicher, *et al.*, 2019). Otros tests siguen esta misma línea (Gök, *et al.*, 2023; Grove, 2020) y los exámenes de Advanced Placement en Computación (ingreso a cursos avanzados) requieren analizar, diseñar y escribir programas y subprogramas (Yadav, 2015).

Se observan varias limitaciones con este tipo de test. La primera radica en reducir el pensamiento computacional a ejercicios de programación, lo que requiere necesariamente que el estudiante tenga dominio de un lenguaje para resolver el problema. Para abordar esta dificultad, algunos investigadores han desarrollado tests con independencia de un lenguaje. Por ejemplo, existe una propuesta que consiste en siete ideas “poderosas” del campo de las Ciencias de la Computación que son apropiadas para niños de entre 4 y 9 años (Bers, 2018). Estos incluyen otros dominios además de la programación, tales como hardware y software, modularidad, algoritmos, estructuras de control, representaciones, depuración y diseño.

La segunda limitación observada en el universo de tests analizados se relaciona con la restricción de los saberes de alfabetización computacional al pensamiento computacional. Al suceder este sesgo, se dejan de lado saberes, reflexiones y conceptos relevantes propios de las Ciencias de la Computación. Por eso, proponemos hablar de prácticas computacionales en vez de pensamiento computacional, para dar cuenta no solamente de procesos individuales, sino de reflexiones, modos de pensar y resolver problemas en un campo de conocimiento particular (Yadav, *et al.*, 2015). En este sentido, algunos test se focalizan en grandes ideas de la disciplina relacionadas con pensamiento computacional, pero no limitadas al pensamiento individual. Estas son: abstracciones, manipulación de datos e información, algoritmos, artefactos computacionales y prácticas computacionales. Este ejemplo requiere que el estudiantado responda a soluciones en diferentes escenarios y que expliquen su razonamiento en prácticas computacionales más auténticas. Esta práctica resulta superadora a otras analizadas.

Tabla 2. Antecedentes de tests de alfabetización computacional

Antecedentes
Pruebas PISA- Módulo Pensamiento Computacional
Normative Analysis of the TechCheck Computational Thinking Assessment http://index.j-ets.net/Published/26_2/ETS_26_2_09.pdf
A validity and reliability study of the Turkish computational thinking scale (2023) https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/2824560
International Computer and Information Literacy Study. Technical Report of ICILS https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED610699.pdf
Principled Assessment of Student Learning in High School Computer Science https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3105726.3106186
Sowing the Seeds: A Landscape Study on Assessment in Secondary Computer Science Education https://www.researchgate.net/profile/Aman-Yadav-12/publication/281792891_Sowing_the_Seeds_A_Landscape_Study_on_Assessment_in_Secondary_Computer_Science_Education/links/55f8d20e08ae07629de0c1a7/Sowing-the-Seeds-A-Landscape-Study-on-Assessment-in-Secondary-Computer-Science-Education.pdf
Assessment in Computer Science courses: A Literature Review https://royalsociety.org/-/media/policy/projects/computing-education/assessment-literature-review.pdf
Designing an Assessment for Introductory Programming Concepts in Middle School Computer Science https://dl.acm.org/doi/10.1145/3328778.3366896
New Horizons in the Assessment of Computer Science at School and Beyond: Leveraging on the ViVA Platform https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/2858796.2858801?casa_token=poDWFgNtFQIAAAAA:GJysSkvMKXjJfKDRpf15UgyeswN4Mae0VAQr7cwfXRLNss2zW1rEtZjIWzDIHq1rIPdWoTCW_dMtmA
Coding as Another Language: Computational Thinking, Robotics and Literacy in First and Second Grade https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3507951.3519285
Relationships between computational thinking and the quality of computer programs. https://link.springer.com/article/10.1007/s10639-022-10921-z

Antecedentes
A scoping review of computational thinking assessments in higher education https://link.springer.com/article/10.1007/s12528-021-09305-y
Extending Computational Thinking into Information and Communication Technology Literacy Measurement: Gender and Grade Issues https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3427596?casa_token=kb1qvPb7zHwAAAAA:ZdhH6iatzt8xlnzRIJL5_GydpY-KhnJELbz aAhNMtkcS6_B3wW8mnHHISvXzPstYlqYlrk8n5ulOww
Computational Thinking Test: design & general psychometry https://www.researchgate.net/profile/Marcos-Roman-Gonzalez/publication/292398919_Test_de_Pensamiento_Computacional_diseno_y_psicometria_general_Computational_Thinking_Test_design_general_psychometry/links/56ae371208ae19a385160253/Test-de-Pensamiento-Computacional-diseno-y-psicometria-general-Computational-Thinking-Test-design-general-psychometry.pdf

Antecedentes en América Latina

A partir de un informe elaborado por la Fundación para Unesco (Martínez, *et al.*, 2023), identificamos que solo dos países en la región latinoamericana están evaluando los saberes computacionales de sus estudiantes. Por un lado, Costa Rica implementó un test que analiza competencias generales de resolución de problemas, comunicación y productividad de estudiantes de nivel secundario. Los resultados mostraron que además del capital cultural de las familias, el número de años que los estudiantes habían recibido clases del programa de Informática se relacionaba positivamente con el rendimiento en las competencias evaluadas (FOD, 2018).

El informe también mostró que el programa de informática mejoró la autopercepción de competencias, entre otros indicadores de aprendizaje. Durante las entrevistas con quienes coordinan el programa de Informática se pudo establecer que en épocas donde estuvo en riesgo la subsistencia del programa, estas evaluaciones y el apoyo del público fueron claves para su continuidad.

Por otro lado, en 2020, en Uruguay, Ceibal¹ evaluó a las y los estudiantes usando el test internacional Bebras Challenge². A partir de una muestra de estudiantes, la evaluación encontró que la participación en el programa de Pensamiento computacional estaba correlacionado con aprendizajes en el área de programación (Koleszar, *et al.*, 2021). Asimismo, el informe “Ceibal en

¹ Ceibal es el centro de innovación educativa con tecnologías digitales del Estado uruguayo. Promueve la integración de la tecnología a la educación con el fin de mejorar los aprendizajes e impulsar procesos de innovación, inclusión y crecimiento personal.

² <https://www.bebaschallenge.org/>

Números” (Ceibal, 2019) analizó la escala y cobertura del programa. Aproximadamente 30% de las y los estudiantes de 9 a 12 años en el país han recibido lecciones de Pensamiento Computacional. Después de cada lección, se ofrecen evaluaciones en una plataforma en línea. Todos estos datos informan el programa y permiten comprender los desafíos y aprendizajes de computación para realizar los cambios necesarios y mejorar la enseñanza.

Revisión del International Computer and Information Literacy Study (ICILS) 2018

En 2018, el estudio internacional sobre alfabetización informacional y computacional (ICILS, por sus siglas en inglés, *International Computer and Information Literacy Study*) realizado por la Asociación Internacional de Evaluación Educacional (IEA, por sus siglas en inglés, *International Association for the Evaluation of Educational Achievement*) investigó la preparación de las y los estudiantes de diversos países para la vida, el trabajo y el estudio, con referencia a la alfabetización informacional y computacional (CIL, por la sigla en inglés, *Computer and Information Literacy*) y al pensamiento computacional (CT, por la sigla en inglés, *Computational Thinking*).

El objetivo del estudio fue la revisión sistemática de las diferencias entre los países participantes respecto del CIL y el CT de las y los estudiantes, y sobre cómo los países participantes proveen y apoyan la educación basada en las Tecnologías de la Computación y la Información (TIC). Los aspectos precisos de la investigación fueron cuatro:

1. Variaciones en CIL y CT entre y dentro de los países.
2. Aspectos de las escuelas, los sistemas educativos y la enseñanza en relación con el rendimiento estudiantil en CIL y CT.
3. La medida en que el acceso de las y los estudiantes, la familiaridad y el dominio autoinformado que tenían en el uso de las TIC están relacionados con el rendimiento estudiantil en CIL y CT.
4. Los aspectos de los antecedentes personales y sociales de las y los estudiantes que están relacionados con CIL y CT.

Para cumplir estos objetivos, se creó una muestra de 12 países (de los cuales solamente ocho fueron evaluados en CIL y CT) y se añadieron dos países de referencia (solamente uno en ambos temas). Los países relevados fueron:

- En América:
 - Chile (solamente en CIL)
 - Uruguay (solamente en CIL)
 - Estados Unidos de América
- En Europa:
 - Alemania

- Dinamarca
- Finlandia
- Francia
- Italia (solamente en CIL)
- Luxemburgo
- Portugal
- Asia
 - Kazajistán (solamente en CIL)
 - República de Corea

Los países de referencia fueron:

- La Federación Rusa (Moscú), como referencia en CIL
- Alemania (Renania del Norte-Westfalia), como referencia en CIL y CT

En total, se evaluaron 2200 escuelas, 46.000 estudiantes de octavo grado de educación primaria y 26.000 docentes de materias regulares del grado objetivo, de más de un año de antigüedad. Para la medición final se tomaron muestras aleatorias en dos etapas: de febrero a junio y de octubre a diciembre 2018, según el hemisferio del país correspondiente, sobre jóvenes de promedio 13,5 años de edad. Para la medición final se tomaron muestras aleatorias en 2 etapas, con un mínimo de 150 escuelas por país (143 a 210 según país), 20 estudiantes analizados del total, 15 docentes seleccionados (sin distinguir materia) en escuelas con 21 o más docentes, o todos si eran 20 o menos, 85% de las escuelas, 85% de participantes (estudiantes o docentes), con más del 75% de participación.

Las pruebas se completaron a través de un software específicamente diseñado, distribuido en pendrives USB. Los cuestionarios fueron instrumentados en línea.

Como paso previo del estudio, se definieron en forma precisa los términos CIL y CT para garantizar la adecuación con el objetivo planteado³, y se diseñaron los instrumentos correspondientes en un período de 20 meses entre abril de 2015 y diciembre de 2016, mayormente conducido por el Centro de Estudios Internacionales (ISC) del ACER en colaboración con los Coordinadores de Investigación Nacional (NRC) y otros asociados en la investigación.

Las definiciones dadas fueron las siguientes:

- CIL: “La capacidad de un individuo de utilizar computadoras para investigar, crear y comunicarse con el fin de participar efectivamente en la casa, la escuela, el lugar de trabajo y en la sociedad”.
- CT: “La capacidad de reconocer aspectos de problemas del mundo real que son apropiados para una formulación computacional y de evaluar y desarrollar soluciones algorítmicas a

³ El objetivo del estudio fue la revisión sistemática de las diferencias entre los países participantes respecto del CIL y el CT de las y los estudiantes, y sobre cómo los países participantes proveen y apoyan la educación basada en las Tecnologías de la Computación y la Información (TIC).

esos problemas de modo que las soluciones puedan operacionalizarse con una computadora”.

En este sentido, se acotó la definición de computadora. Si se considera que no solamente se trata de medir el consumo de información sino también su producción, los dispositivos móviles, que usualmente se categorizan como computadoras, no son adecuados para ser considerados en este estudio. Así, la definición propuesta para computadora fue: “cualquier dispositivo capaz de ejecutar el software de evaluación con un tamaño de pantalla mínimo de 29 cm y con un teclado y mouse externos”.

Finalmente, para realizar mediciones comparativas entre los países se definieron puntajes utilizando el modelo de Rasch (1960) de la teoría de respuesta al ítem, “*Rasch item response theory model*”. Se informan algunos de los parámetros utilizados en la medición al informar cada uno de los instrumentos.

Análisis del test

Como se mencionó antes, el objetivo del test del ICILS fue medir en forma sistemática las diferencias entre los sistemas educacionales de diferentes países respecto de la alfabetización informacional y computacional y del pensamiento computacional de las y los estudiantes, y cómo dichos países proveen y apoyan la educación basada en las TIC. El estudio se realizó de febrero a junio y de octubre a diciembre de 2018, según el hemisferio en el que se encontrara cada país, sobre jóvenes de promedio 13,5 años de edad. El test consiste en:

- dos pruebas, una de una hora de duración para CIL y una de media hora de duración para CT,
- una serie de cuestionarios para diferentes actores (de media hora para estudiantes y docentes, y de 15 minutos para coordinadores y directores de escuela), y
- un diagnóstico global de la situación general del país.

Las dos pruebas diagnósticas fueron realizadas utilizando un programa *ad hoc* que permitió facilitar su instrumentación y dar homogeneidad a las preguntas, para no introducir variaciones indeseadas en la medición. Los cuestionarios a docentes y funcionarios fueron realizados en línea. Los resultados se evaluaron a través de un sistema de puntuación que define diferentes líneas y aspectos, y utiliza diferentes ponderaciones para cada uno de ellos, dada la información de cuáles líneas y aspectos cubre cada pregunta, y otros factores que puedan incidir.

En las siguientes secciones se informan las características generales del estudio, los detalles de cada una de las pruebas y cuestionarios, y del software, y se completa este documento con una evaluación de la adecuación para el objetivo aquí enunciado.

Prueba CIL

Para la prueba CIL se partió de la definición dada de CIL por el ICILS: “la capacidad de un individuo de utilizar computadoras para investigar, crear y comunicarse con el fin de participar efectivamente en la casa, la escuela, el lugar de trabajo y en la sociedad”. A partir de allí se caracterizaron cuatro

categorías conceptuales y dentro de cada categoría, diferentes aspectos. Se definieron una serie de preguntas a incluir en la prueba y se estableció un modelo de medición para uniformizar la comparación entre países.

Sobre las categorías conceptuales

El objetivo de las categorías conceptuales es servir de referencia para medir las habilidades y los conocimientos analizados en la prueba. Los aspectos dentro de cada categoría corresponden a categorías de contenidos. Las categorías conceptuales utilizadas para CIL fueron:

- 1: Comprensión del uso de computadoras
 - Aspecto 1.1: Fundamentos de uso
 - Aspecto 1.2: Convenciones de uso
- 2: Recopilación de información
 - Aspecto 2.1: Acceso y evaluación de información
 - Aspecto 2.2: Gestión de la información
- 3: Producción de información
 - Aspecto 3.1: Transformación de información
 - Aspecto 3.2: Creación de información
- 4: Comunicación digital
 - Aspecto 4.1: Intercambio de información
 - Aspecto 4.2: Utilización responsable y segura de la información

Sobre las preguntas incluidas

Para la construcción de las pruebas se definieron cinco módulos de 30 minutos cada uno. Se tomaron dos módulos para construir una prueba específica, lo que permite 20 combinaciones de dos módulos (cada módulo aparece en 8 combinaciones, 4 primero y 4 segundo). Cada uno de los módulos se basó en un tema unificador y se compuso de dos tipos de tareas y preguntas:

- tareas breves variadas (que requieren entre uno y dos minutos para su resolución), y
- una tarea principal (que requiere entre 15 y 20 minutos).

En total se crearon 81 preguntas que suman 102 puntos. Los módulos definidos se basaron en los siguientes temas:

- Competencia de bandas. Las y los estudiantes deben planificar un sitio web, editar una imagen y utilizar un creador de sitios web sencillo para crear una página web con información sobre una competencia de bandas escolares.
- Respiración. Las y los estudiantes deben manipular archivos, evaluar y recopilar información para crear una presentación que explique el proceso de la respiración a estudiantes de ocho o nueve años.
- Viaje escolar. Las y los estudiantes deben ayudar a planificar un viaje escolar y seleccionar y adaptar información para producir una planilla informativa sobre el viaje para sus compañeros y compañeras. Para ello deben utilizar herramientas de bases de datos en línea. Además, la planilla debe incluir un mapa creado utilizando una herramienta de construcción de mapas en línea.
- Juegos de mesa. Los estudiantes deben utilizar una red social escolar de mensajes directos y publicaciones grupales para alentar a sus compañeros a unirse a un grupo de interés en juegos de mesa.
- Reciclaje. Los estudiantes deben acceder y evaluar información de un sitio web de compartir videos para identificar una fuente de información adecuada relacionada con la reducción, la reutilización y el reciclaje de desechos. Los estudiantes deben tomar notas de investigación del video y usar sus notas como base para diseñar una infografía para crear conciencia sobre la reducción, la reutilización y el reciclaje de desechos.

Las preguntas son de diversos tipos. Los tipos utilizados son los siguientes:

- Tareas de respuesta basadas en información. Estas tareas utilizan la interfaz digital del software para ofrecer preguntas estilo lápiz y papel en un formato ligeramente más rico que los métodos tradicionales en papel. Los formatos de respuesta para estas tareas pueden variar (por ejemplo, opción múltiple, respuesta breve construida, arrastrar y soltar). El material de estímulo para estas tareas suele ser estático o con interactividad mínima y el propósito de estas tareas es captar evidencia del conocimiento y comprensión de CIL de las y los estudiantes, independientemente de que utilicen cualquier otra cosa más allá de las habilidades más básicas requeridas para registrar una respuesta.
- Tareas de habilidad. En estas tareas, los estudiantes utilizan simulaciones interactivas de software genérico o aplicaciones universales para completar una acción. La cantidad de pasos necesarios para completar una tarea de habilidad y la cantidad de métodos correctos diferentes para ejecutar una tarea varía según la tarea. Las tareas lineales de habilidad requieren que las y los estudiantes ejecuten uno o más comandos en una secuencia determinada (como copiar y pegar), mientras que las tareas no lineales de habilidad requieren que las y los estudiantes ejecuten una función que involucra más de un subcomando sin una sola secuencia dada (como usar el filtro funciones en una base de datos en línea para localizar información).
- Tareas de autoría. Estas tareas requieren que las y los estudiantes modifiquen y creen productos de información utilizando aplicaciones de software informáticas auténticas. La complejidad de las tareas de creación varía según la cantidad de aplicaciones diferentes que las y los estudiantes deben usar, la gama de soluciones viables para la tarea y la cantidad de información que las y los estudiantes deben evaluar y utilizar al completar la

tarea. Las tareas de creación son más comúnmente las tareas más grandes dentro de cada módulo y generalmente se califican utilizando múltiples criterios analíticos aplicados por evaluadores humanos.

Sobre el mecanismo de medición

Para la medición comparativa se utilizó el modelo de Rasch de la teoría de respuesta al ítem, "*Rasch item response theory model*" (Rasch, 1960). Se utilizó una escala media en 500 puntos, con desviación estándar de 100, que se calculó en base al contenido y a las dificultades de cada ítem. Los ítems considerados dependen del tipo de tarea o pregunta. En base a los resultados se clasificaron 5 niveles de competencia:

- nivel 0 (menos de 407),
- nivel 1 (407 - 491),
- nivel 2 (492 - 576),
- nivel 3 (577 - 661), y
- nivel 4 (más de 661).

Los estudiantes que obtienen el nivel 4 (más 661 puntos) son aquellos que seleccionan la información más relevante para utilizarla con fines comunicativos, evalúan la utilidad de la información con base en criterios asociados a la necesidad y evalúan la confiabilidad de la información con base en su contenido y origen probable. Estos estudiantes crean productos de información que demuestran una consideración de la audiencia y el propósito comunicativo y también utilizan funciones de software apropiadas para reestructurar y presentar información de manera consistente con las convenciones de presentación; luego adaptan esa información para satisfacer las necesidades de la audiencia. Finalmente, demuestran conocimiento de los problemas que pueden surgir con respecto al uso de información patentada en Internet.

Los estudiantes que obtienen el nivel 3 (577 a 661 puntos) son aquellos que demuestran capacidad para trabajar de forma independiente al utilizar computadoras como herramientas de recopilación y gestión de información. Estos estudiantes seleccionan la fuente de información más apropiada para cumplir un propósito específico, recuperan información de fuentes electrónicas determinadas para responder preguntas concretas y siguen instrucciones para usar comandos de software convencionalmente reconocidos para editar, agregar contenido y reformatear productos de información. Reconocen que la credibilidad de la información basada en la web puede verse influenciada por la identidad, la experiencia y los motivos de los creadores de la información.

Los estudiantes que obtienen el nivel 2 (492 a 576 puntos) son aquellos que utilizan computadoras para completar tareas básicas y explícitas de recopilación y gestión de información. Localizan información explícita dentro de determinadas fuentes electrónicas. Estos estudiantes realizan ediciones básicas y agregan contenido a productos de información existentes en respuesta a instrucciones específicas. Crean productos de información simples que muestran coherencia en el diseño y cumplimiento de las convenciones de diseño. Finalmente, demuestran conocimiento de los mecanismos para proteger la información personal y algunas consecuencias del acceso público a la información personal.

Los estudiantes que obtienen el nivel 1 (407 a 491 puntos) son aquellos que demuestran un conocimiento práctico funcional de las computadoras como herramientas y una comprensión básica de las consecuencias del acceso a las computadoras por parte de múltiples usuarios. Aplican comandos de software convencionales para realizar tareas básicas de investigación y comunicación y agregar contenido simple a productos de información. Demuestran estar familiarizados con las convenciones básicas de diseño de documentos electrónicos.

Los estudiantes que obtienen puntuaciones por debajo de 407 puntos de la escala indican un dominio de CIL por debajo del nivel más bajo objetivo del instrumento de evaluación.

Prueba CT

Para la prueba CT se partió de la definición del ICILS: “la capacidad de reconocer aspectos de problemas del mundo real que son apropiados para una formulación computacional y de evaluar y desarrollar soluciones algorítmicas a esos problemas de modo que las soluciones puedan operacionalizarse con una computadora”. A partir de allí, se caracterizaron dos categorías conceptuales y, dentro de cada una, diferentes aspectos. Al igual que para la otra prueba, se definieron una serie de preguntas a incluir en la prueba y se estableció un modelo de medición para uniformizar la comparación entre países.

Un aspecto interesante del documento sobre el marco de trabajo de Fraillon y equipo (2019) es que presenta una recopilación de definiciones de CT en la bibliografía especializada, y deriva la definición de CT desde allí, considerando los objetivos del estudio. La lista de definiciones y sus citas son valiosas, por lo que se incluyen en esta revisión.

1. “El pensamiento computacional es los procesos de pensamiento involucrados en la formulación de problemas y sus soluciones, de modo que las soluciones sean representables en una forma que pueda ser llevada a cabo de manera efectiva por un agente de procesamiento de información” (Wing 2011; citado por Grover, *et al.*, 2013, p. 39).
2. “Consideramos que el pensamiento computacional es los procesos de pensamiento involucrados en la formulación de problemas para que sus soluciones puedan representarse como pasos computacionales y algoritmos” (Aho, 2012, p. 832).
3. “[El pensamiento computacional] es un proceso cognitivo o de pensamiento que refleja:
 - a. “la capacidad de pensar en abstracciones,
 - b. “la capacidad de pensar en términos de descomposición,
 - c. “la capacidad de pensar algorítmicamente,
 - d. “la capacidad de pensar en términos de evaluaciones, y
 - e. “la capacidad de pensar en generalizaciones” (Selby, *et al.*, 2013, p. 5).
4. “El pensamiento computacional describe los procesos y enfoques que utilizamos cuando pensamos en cómo una computadora puede ayudarnos a resolver problemas complejos y crear sistemas” (Digital Technologies Hub, 2018).
5. “El pensamiento computacional es el proceso de reconocer aspectos de la computación en el mundo que nos rodea, y aplicar herramientas y técnicas de las Ciencias de la Computación para comprender y razonar sobre sistemas y procesos tanto naturales como artificiales” (Royal Society, 2012, p. 29).

6. "El pensamiento computacional es un proceso de resolución de problemas que incluye:
 - a. "Formular problemas de una manera que nos permita usar una computadora y otras herramientas para ayudar a resolverlos.
 - b. "Organizar y analizar datos de forma lógica.
 - c. "Representar datos a través de abstracciones, como modelos y simulaciones.
 - d. "Automatizar soluciones mediante el pensamiento algorítmico (una serie de pasos ordenados).
 - e. "Identificar, analizar e implementar posibles soluciones con el objetivo de lograr la combinación más eficiente y efectiva de pasos y recursos.
 - f. "Generalizar y transferir este proceso de resolución de problemas a una amplia variedad de problemas" (Barr, *et al.*, 2011, p. 21).
7. "El pensamiento computacional es un término que se utiliza a menudo para describir la capacidad de pensar con la computadora como herramienta" (Berland, *et al.*, 2015, p. 630).

Sobre las categorías conceptuales

El objetivo de las categorías conceptuales es servir de referencia para medir las habilidades y conocimientos estudiados. Los aspectos dentro de cada categoría corresponden a categorías de contenidos. Las categorías conceptuales utilizadas para CT fueron:

- 1: Conceptualización de problemas
 - Aspecto 1.1: Conocimiento y comprensión de sistemas digitales
 - Aspecto 1.2: Formulación y análisis de problemas
 - Aspecto 1.3: Recopilación y representación de datos relevantes
- 2: Operacionalización de soluciones
 - Aspecto 2.1: Planificación y evaluación de soluciones
 - Aspecto 2.2: Desarrollo de algoritmos, programas e interfaces

Sobre las preguntas incluidas

Para la construcción de las pruebas se definieron dos módulos de 25 minutos cada uno. Cada uno de los módulos se basó en un tema unificador, y se compuso solamente de tareas y preguntas breves (que requerían entre uno a dos minutos para su resolución). En total se plantearon 18 preguntas, que sumaban 39 puntos.

Los módulos definidos se basaron en los siguientes temas:

- Planificación de las soluciones digitales necesarias para controlar un colectivo sin conductor. El conjunto de tareas incluye manipular e interpretar representaciones visuales de información y procesos asociados con el comportamiento del colectivo y configurar simulaciones para recopilar datos y sacar conclusiones sobre el comportamiento del colectivo en condiciones específicas.
- Operacionalización de soluciones para controlar las acciones de un dron virtual utilizado en agricultura. Las y los estudiantes trabajan dentro de un entorno de codificación visual simple que comprende bloques de código con algunas funciones específicas y otras

configurables y que pueden ensamblarse en secuencia. Se pide a las y los estudiantes que creen, prueben y depuren algoritmos basados en código. A las y los estudiantes se les presenta un espacio de trabajo, con comandos “arrastrables” y una salida visual que muestra al dron completando los comandos. La complejidad de cada tarea está relacionada con la cantidad de objetivos y acciones requeridas para resolver el problema. Las tareas se vuelven más complejas a medida que las y los estudiantes avanzaban en el módulo. La complejidad de las tareas está relacionada con la variedad de funciones de código disponibles y la secuencia de acciones requeridas por el dron para completar la tarea.

Las preguntas incluidas fueron de tres tipos:

- Tareas de transferencia de sistemas no lineales. Estas tareas requieren que las y los estudiantes “interpreten, transfieran y adapten información algorítmica para que los resultados de la aplicación de instrucciones algorítmicas puedan mostrarse visualmente” (Fraillon, *et al.*, 2019, p. 51). Los formatos de respuesta para estas tareas pueden variar, pero lo que tienen en común es que se requiere que las y los estudiantes establezcan conexiones entre una representación visual de una secuencia algorítmica y los pasos de la secuencia descrita como texto.
- Tareas de simulación. Estas tareas requieren que las y los estudiantes trabajen con algún tipo de herramienta de simulación, generalmente como parte del desarrollo de una comprensión de problemas del mundo real o para evaluar soluciones a problemas. Las tareas pueden hacer que las y los estudiantes establezcan parámetros en la herramienta, ejecuten una simulación, recopilen datos e interpreten los resultados.
- Tareas de codificación visual. Estas tareas requieren que las y los estudiantes manipulen bloques de código visual que pueden usarse para ejecutar una variedad de acciones. Estas tareas se centraron en gestionar bloques de código que pueden controlar el movimiento y algunas acciones básicas de un dron virtual. Las y los estudiantes pueden ensamblar los bloques de código en un espacio de trabajo, reorganizarlos y configurar algunos aspectos de los bloques de código (como el número de repeticiones en un bucle o el material arrojado por un dron). Las y los estudiantes también pueden ejecutar el código en cualquier momento y ver la activación de los bloques de código y el comportamiento correspondiente del dron. También pueden restablecer por separado tanto el dron como los bloques de código/espacio de trabajo a sus estados originales. Hay dos formas principales de tareas de codificación visual:
 - Tareas de construcción de algoritmos. Requieren que las y los estudiantes ensamblen secuencias de bloques de código para que el dron ejecute un conjunto prescrito de acciones.
 - Tareas de depuración de algoritmos. Requieren que las y los estudiantes corrijan un algoritmo defectuoso existente (proporcionado a las y los estudiantes como una configuración editable de bloques de código en el espacio de trabajo) para que el dron pueda ejecutar un conjunto prescrito de acciones.

Sobre el mecanismo de medición

Para la medición comparativa se utilizó el modelo de Rasch de la teoría de respuesta al ítem, “*Rasch item response theory model*” (Rasch, 1960). Se utilizó una escala media en 500 puntos, con desviación estándar de 100, que se calculó basándose en el contenido y a las dificultades de cada ítem. Los ítems considerados dependen del tipo de tarea o pregunta. De acuerdo con los resultados se determinaron tres niveles de competencia:

- nivel inferior (menos de 459),
- nivel medio (459 - 589),
- nivel superior (más de 589).

Las y los estudiantes que obtienen más de 589 puntos (nivel superior de la escala) demuestran una comprensión de la computación como un marco generalizable para la resolución de problemas; pueden explicar cómo han ejecutado un enfoque sistemático al utilizar la computación para resolver problemas del mundo real. Además, pueden desarrollar algoritmos que utilicen declaraciones repetidas junto con declaraciones condicionales de manera efectiva.

Las y los estudiantes que obtienen entre 459 y 589 puntos (nivel medio de la escala) demuestran comprensión de cómo se puede utilizar la computación para resolver problemas del mundo real. Pueden planificar y ejecutar interacciones sistemáticas con un sistema para poder interpretar la salida o el comportamiento del sistema. Al desarrollar algoritmos, utilizan declaraciones repetidas de forma eficaz.

Las y los estudiantes que obtienen menos de 459 puntos (nivel inferior de la escala) demuestran familiaridad con las convenciones básicas de los sistemas digitales para configurar entradas, observar eventos y registrar observaciones al planificar soluciones computacionales a problemas determinados. Al desarrollar soluciones de problemas en forma de algoritmos, pueden utilizar una secuencia lineal (paso a paso) de instrucciones para cumplir los objetivos de la tarea.

Cuestionarios de contexto

Para recolectar información sobre el contexto donde se enmarca la educación en cada uno de los países se utilizaron varios cuestionarios, uno para grupo de actores en el sistema. Se desarrollaron cuestionarios para las y los estudiantes, para las y los docentes, para los coordinadores de informática y para los directivos.

El cuestionario para estudiantes tiene de 30 minutos de duración, y se presenta después de las pruebas dentro del mismo software. Busca medir el *background* del estudiante, su experiencia y uso de ICT para completar tareas en la escuela y fuera de ella, y actitudes hacia el uso de ICT. Está diseñado para proporcionar los siguientes índices sobre las y los estudiantes y su hogar:

- Edad de las y los estudiantes (en años).
- Género de las y los estudiantes.
- Nivel más alto de calificaciones educativas esperado de las y los estudiantes.
- Antecedentes de las y los estudiantes en casos de inmigrantes.

- Idiomas de las y los estudiantes en casa.
- Estatus ocupacional más alto de los padres y las madres de las y los estudiantes.
- Nivel educativo más alto de los padres y las madres de las y los estudiantes.
- Reporte de las y los estudiantes sobre alfabetización en el hogar (número de libros en casa).
- Reporte de las y los estudiantes sobre los recursos TIC en casa.
- Experiencia de las y los estudiantes con las TIC.

El cuestionario contiene preguntas para generar datos que reflejen los siguientes aspectos del uso de las TIC y actitudes relacionadas con las TIC:

- Experiencia de las y los estudiantes en el uso de las TIC (frecuencia).
- Uso de aplicaciones de TIC por parte de las y los estudiantes (frecuencia).
- Uso de las TIC por parte de las y los estudiantes para la comunicación social (frecuencia).
- Uso de las TIC por parte de las y los estudiantes para el intercambio de información (frecuencia).
- Uso de las TIC por parte de las y los estudiantes para acceder a contenidos en línea (frecuencia).
- Uso de las TIC por parte de las y los estudiantes con fines recreativos (frecuencia).
- Uso de las TIC por parte de las y los estudiantes con fines escolares (frecuencia).
- Uso de las TIC por parte de las y los estudiantes en las lecciones de materias escolares (frecuencia).
- Uso de herramientas TIC por parte de las y los estudiantes en clase (frecuencia).
- Reporte de las y los estudiantes sobre el aprendizaje de tareas TIC en la escuela.
- Autoeficacia TIC de las y los estudiantes.
- Reporte de las y los estudiantes sobre el aprendizaje sobre el uso responsable de las TIC en la escuela.
- Percepciones de las y los estudiantes sobre el impacto de las TIC en la sociedad.
- Expectativas de las y los estudiantes sobre el uso futuro de las TIC para el trabajo y el estudio.
- Reporte de las y los estudiantes sobre el grado de aprendizaje sobre enfoques del pensamiento computacional en escuela.

El cuestionario para docentes también es de 30 minutos de duración. Se presenta en línea, aunque se les da la oportunidad a las y los docentes de contestar en papel. Busca medir el *background* del docente, su familiaridad con ICT, su uso de ICT en las actividades educativas dentro de la clase de referencia, sus percepciones sobre uso de ICT en la escuela, y su participación en actividades de formación profesional relacionadas a ICT. La clase de referencia se define como la primera clase del grado objetivo que dicta el docente como materia regular en el primer martes o después que el docente tenga acceso al cuestionario. Está diseñado para generar datos que reflejen los siguientes aspectos de las percepciones de las y los docentes sobre las TIC y su uso en la educación:

- Autoeficacia CIL de las y los docentes.
- Uso de las herramientas de TIC por parte de las y los docentes en clase.

- Informes de las y los docentes sobre la participación de las y los estudiantes en actividades de aprendizaje con las TIC.
- Informes docentes sobre el uso de las TIC en las prácticas de enseñanza y aprendizaje.
- Percepciones de las y los docentes sobre el énfasis en el desarrollo de habilidades con las TIC en clase.
- Opiniones positivas de las y los docentes sobre el uso de las TIC en la enseñanza y el aprendizaje.
- Opiniones negativas de las y los docentes sobre el uso de las TIC en la enseñanza y el aprendizaje.
- Percepciones de las y los docentes sobre la idoneidad de los recursos en su escuela.
- Participación de las y los docentes en el desarrollo profesional de las TIC.
- Percepciones de las y los docentes sobre la colaboración para el uso de las TIC.
- El énfasis de las y los docentes en la enseñanza de enfoques para el pensamiento computacional en clase.

El cuestionario para coordinadores es de 15 minutos de duración y, al igual que el de las y los docentes, se presenta en línea, con opción de ser respondido en papel. Busca medir los recursos de la escuela para apoyar el uso de ICT en el aprendizaje y la enseñanza, el soporte tecnológico de la escuela (infraestructura, hardware, software), el soporte pedagógico de la escuela, la formación profesional y los obstáculos para el uso de ICT en la educación de la escuela. Incluye preguntas diseñadas para generar datos que reflejen los siguientes aspectos relacionados con las TIC:

- Experiencia escolar en el uso de las TIC.
- Políticas escolares hacia el uso de las TIC en la escuela.
- La proporción de estudiantes por computadora en la escuela.
- La calidad de los recursos TIC en la escuela.
- Percepciones de obstáculos al uso de las TIC en la enseñanza y el aprendizaje en la escuela.
- Percepciones del énfasis escolar en actividades de enseñanza para desarrollar las habilidades CT de las y los estudiantes.

El cuestionario para directivos también es de 15 minutos de duración y, al igual que el de las y los docentes, se presenta en línea, con opción de ser resuelto en papel. Busca medir las características de la escuela, los enfoques de docencia con ICT de la escuela, y la incorporación de ICT en la enseñanza y el aprendizaje. Incluye preguntas diseñadas para recopilar datos sobre los siguientes aspectos contextuales a nivel escolar:

- Uso de computadoras por parte de las directoras y los directores de escuela para fines relacionados con la escuela (frecuencia).
- Tamaño de la escuela (matrícula de estudiantes).
- Proporción estudiantes-docente.
- Estructura y gestión escolar.
- Antecedentes económicos de las y los estudiantes.
- Percepciones de los directores y las directoras y las directoras y las directoras de escuela sobre la importancia del uso de las TIC en la escuela.

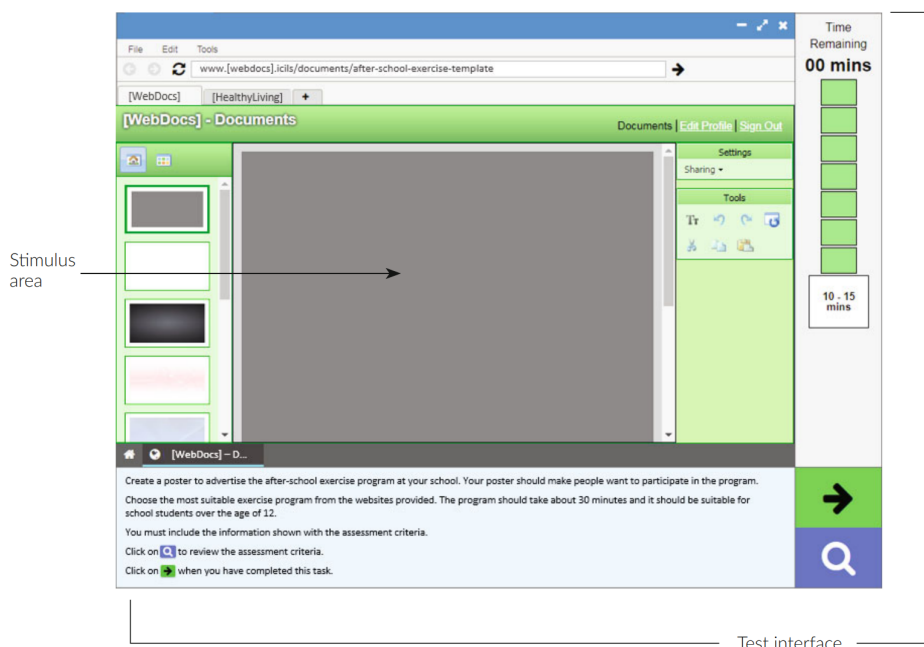
- Reporte del director sobre sus expectativas sobre las habilidades TIC de las y los docentes.
- Reporte del director sobre políticas y procedimientos de TIC.
- Reporte del director sobre el desarrollo profesional de las y los docentes para el uso de las TIC.
- Reporte del director sobre las prioridades escolares para el uso de las TIC en la enseñanza y el aprendizaje.

Sobre el software de administración de pruebas

Para la presentación de las pruebas a las y los estudiantes se diseñó un software específico. El diseño e implementación estuvieron a cargo de la empresa SoNET Systems, de Melbourne, Australia. Este trabajo incluyó el desarrollo de los elementos de la prueba y el cuestionario, el sistema de entrega de evaluaciones y los módulos de traducción, puntuación y gestión de datos basados en la web.

El software se diseñó con la intención de proporcionar a las y los estudiantes una experiencia auténtica basada en computadora, pero equilibrada con las restricciones contextuales y funcionales necesarias para garantizar que las pruebas se realizan de manera uniforme y justa. La plataforma de prueba personalizada definida por la aplicación de software entrega el contenido de la evaluación a las y los estudiantes fuera de línea: en la mayoría de las escuelas la aplicación es distribuida mediante un pendrive USB.

Para maximizar la autenticidad de la experiencia de la prueba, el instrumento utiliza aplicaciones especialmente diseñadas que utilizan convenciones de interfaz estándar. La interfaz de la aplicación es clara, y ofrece a las y los estudiantes todos los elementos necesarios para la resolución de las tareas. En la siguiente figura se puede ver una presentación de la misma:



La interfaz sirve para varios propósitos. En primer lugar, proporciona a las y los estudiantes información sobre su progreso (cantidad de tareas completadas y restantes, y tiempo restante). El texto de cada tarea se proporciona en la parte inferior de la interfaz. Este texto puede tomar la forma de una pregunta para ser respondida (en cuyo caso el espacio de respuesta también es incluida en la sección) o una instrucción relacionada con la ejecución de una o más habilidades. La interfaz incluye controles de navegación que permiten a las y los estudiantes moverse entre tareas y un botón de información que permite a las y los estudiantes acceder a información general sobre la prueba e información específica de la tarea, como criterios de puntuación o instrucciones detalladas de la tarea. La interfaz también tiene un área de estímulo, que es un espacio que puede mostrar contenido no interactivo, como una imagen de la pantalla de inicio de sesión de un sitio web, o contenido interactivo, como documentos electrónicos o aplicaciones de software en vivo.

No se informa ni la disponibilidad del software o sus modos de distribución al público (de existir), ni su licenciamiento, como así tampoco las tecnologías utilizadas en su desarrollo (lenguajes de programación, entornos de trabajo, etc.), por lo que esta evaluación se limita a lo que se informa en los documentos relevados. Además, su interfaz está en inglés.

Metodología

En una primera etapa, se relevaron investigaciones que dieran cuenta de la operacionalización del concepto de alfabetización digital y computacional usando diferentes herramientas de medición. El propósito de este relevamiento fue comprender cómo se relacionaban las definiciones conceptuales con los indicadores que se utilizaban. Se realizó una revisión sistemática de bibliografía existente en varias etapas en la base de datos Scopus, siguiendo la secuencia sugerida por Gough (2007) y utilizando como palabras claves los términos –tanto en español como en inglés– alfabetización computacional o pensamiento computacional o participación computacional y escuela. Se seleccionaron solo artículos científicos. Esta búsqueda arrojó 58 artículos, de los cuales se incluyeron 17, ya que el resto no abordaban nuestro objeto de estudio en el ámbito escolar. El equipo analizó cada artículo identificando la manera en que definían los conceptos de alfabetización, pensamiento o participación computacional y los indicadores e instrumentos que utilizaron para su medición o estudio.

Recuperamos el concepto de revisión sistemática (Okoli, *et al.*, 2015) en tanto método explícito, sistemático y reproducible para identificar y sintetizar un cuerpo de bibliografía académica sobre un tema. Estos autores también proponen no simplemente compilar la información, sino también interpretarla de manera analítica, reconociendo cómo algunas de sus características han cambiado en el tiempo, ofreciendo una síntesis crítica.

En una segunda etapa, se buscaron tests de pensamiento, alfabetización y participación computacional que hayan sido implementados en poblaciones en edad escolar. Este relevamiento

arrojó una lista de 14 artículos que reportaban sobre la implementación de dichos tests. De estos artículos se analizaron siete tests que cumplían con los requisitos de abordar Alfabetización computacional en el ámbito de la escolaridad obligatoria. Se eliminaron los artículos que evaluaban el ámbito de la educación superior, o de muy baja escala, a los fines de informar estudios de casos. Finalmente, se analizó en profundidad el test Internacional de Alfabetización Computacional e Informacional (Fraillon, et al., 2019) debido a que consideramos que aborda exhaustivamente los saberes digitales y computacionales.

Finalmente se hizo un análisis en profundidad del estudio realizado en 2018 por la *International Association for the Evaluation of Educational Achievement* (IEA) sobre alfabetización informacional y computacional a nivel internacional, según fue reportado en el reporte técnico (Fraillon, et al., 2020) y en el documento de marco de trabajo de la evaluación (Fraillon, et al., 2019).

Anexo

Definiciones conceptuales

Un primer paso para poder conocer los saberes digitales y computacionales que circulan en el ámbito escolar es definir qué se entiende por este constructo. Definimos a la brecha de acceso y apropiación de saberes digitales y computacionales como la desigualdad de acercamiento a conocimientos que permiten comprender cómo funciona una computadora en su mínima expresión, para entender sus alcances y limitaciones, y para crear y transformar tecnología a partir de lenguajes y conceptos del campo de la computación (DiSessa, 2000; Vakil, S., 2018). El acceso a estos saberes se ha definido como “alfabetización computacional”.

Siguiendo a diferentes autores diferenciamos “alfabetización digital” (que refiere a un modo de aprender ideas científicas, artísticas, técnicas, etc., a través del acceso y creación de representaciones computacionales, donde el énfasis está puesto en la representación de la información) de “alfabetización computacional” (que incluye además saberes necesarios para procesar información) (DiSessa, 2000; Jacob, et al., 2018; Wing, 2008).

Dos referentes precisan la idea de brecha digital para el ámbito escolar: Andrea A. DiSessa (2000) va a referirse a brecha de alfabetización digital y Jeannette Wing (2008) a pensamiento computacional. En ambos casos, estas definiciones dan cuenta de la brecha de saberes conceptuales que permiten comprender, participar, crear y transformar en un mundo digital. Algunos autores integran estos dos conceptos para hablar de pensamiento y alfabetización digital argumentando que la programación utiliza a las computadoras como “medio meta” o base material para expresar ideas y en ese sentido repone la idea de alfabetización en tanto proceso de apropiación de un lenguaje y sus reglas para expresar una idea a partir de sus símbolos y signos (Jacob y Warschauer, 2018).

Las principales demandas cognitivas que requiere la alfabetización computacional son Wing (2008), DiSessa (2000) y Jacob y Warschauer (2018) la *abstracción* (que requiere identificar las variables o elementos esenciales de un problema para convertirlos en objetos que la computadora pueda manipular), la *automatización* (que implica el desarrollo de instrucciones de manera que una máquina los pueda ejecutar) y el *análisis* (para determinar si las abstracciones y automatizaciones son correctas y pertinentes para las situaciones que aborda). En ese sentido, el *análisis* requiere de la interacción del pensamiento humano con el poder de cómputo.

En los últimos años, se han introducido aportes de la pedagogía crítica para precisar la selección, la jerarquización, la organización y el sentido de la enseñanza de la computación en el contexto de la escuela. En la pedagogía crítica, subyace el sentido emancipatorio de la educación (Clear, 2004). Desde este lugar, es necesario abordar las estructuras y sistemas que producen desigualdades y concentraciones de saberes que otorgan jerarquías sociales (Clear, 2004). Recuperando la teoría crítica social de Habermas, Clear (citado en Romero Moñivas, et al., 2013) identifica tres tipos de intereses cognitivos:

1. el interés técnico, asociado con el uso de herramientas;
2. el interés práctico, asociado con la creación de saberes para controlar y definir procesos;
3. el interés emancipatorio, asociado con la capacidad de reflexión y comprensión sobre diferentes fenómenos para desarrollar autonomía, responsabilidad y libertad.

En esta misma línea, otros autores analizan la ausencia de diversos contenidos de computación en la escolaridad obligatoria, que impiden a la ciudadanía una mínima comprensión de cómo funcionan los sistemas computacionales a pesar de que estos influyen en la construcción de sus subjetividades. Diversos informes muestran que los contenidos de computación representan a un subconjunto de enfoques y saberes hegemónicos del campo, dejando fuera saberes del campo del software y hardware libres, redes comunitarias de internet, nociones que apelen a los intereses de las minorías y las mujeres y que permitan una mirada crítica de los sistemas de información (Burke, *et al.*, 2016). En este sentido, el enfoque de la participación computacional plantea diferencias con el pensamiento computacional.

La participación computacional implica, además de comprender conceptos, crear aplicaciones, formar parte de comunidades de software, remixar, recombinar, remezclar código y usar múltiples interfaces e instrumentos para abordar un problema computacional. Esto es integrar una solución computacional a un conjunto más amplio con el que se atiende una problemática determinada en una comunidad, por ejemplo, una aplicación para permitir la comunicación de personas cuya lengua no estaba incluida en un portal de trámites, un dispositivo programable en una torre para detectar incendios forestales, etc. Autores como (Ko, *et al.*, 2020) advierten sobre los límites de los sistemas de cómputo para eludir problemas culturales como la discriminación por diferentes causas y dan cuenta de cómo los sesgos producidos por algoritmos a partir del material con el que son entrenados colaboran en profundizar las injusticias.

Definiciones de alfabetización computacional

En general se observa que la definición de alfabetización computacional en los trabajos analizados remiten a una comprensión de conceptos fundamentales de las ciencias de la computación y habilidades de prácticas computacionales que permiten desarrollar un programa informático que transforma datos (Basogain, *et al.*, 2018; Dichev, *et al.*, 2017; Terroba, *et al.*, 2021; De Paula, *et al.*, 2018; Lockridge, *et al.*, 2017; Losh, 2014; Mannila, *et al.*, 2023; Hsu, *et al.*, 2018; Weintrop, *et al.*, 2019; Kelly, *et al.*, 2018; Sáez-López, *et al.*, 2016). Asimismo, la mayoría de los estudios reconocen —como condición necesaria para apropiarse de estos conceptos y prácticas— el aprendizaje de la programación y la alfabetización computacional. Se citan los mismos referentes en casi todos los artículos que hablan de este término, siendo DiSessa, Wing, Papert, Resnick y Brennan los más mencionados.

La diferencia entre los estudios radica en la consideración de una dimensión crítica en los procesos de alfabetización computacional y en el desarrollo de nuevas alfabetizaciones computacionales a partir de áreas específicas.

Respecto de la dimensión crítica, algunos estudios incluyen los conceptos de participación computacional, la perspectiva ética para analizar sesgos, beneficios, riesgos, la mirada política y

social para entender el campo social y las regulaciones en donde se enmarcan las producciones digitales y la posibilidad de crear e intervenir artefactos computacionales para el bien común, con un resguardo ético (Vourletsis, *et al.*, 2022; Su, *et al.*, 2022; Ottenbreit-Leftwich, *et al.*, 2021; Irgens, 2022; Laupichler, *et al.*, 2023). En algunos casos, se menciona la perspectiva crítica en la propuesta del estudio, pero finalmente no se consideran indicadores específicos y se mide solamente el aspecto conceptual y prácticas computacionales. El foco está puesto en la formación ciudadana que implica reconocer qué y cómo operan las computadoras, la lógica que existe en el armado de los programas, identificando las fortalezas y desventajas de las herramientas de programación.

Referencias

- Aho, A. (2012). Computation and computational thinking. *The Computer Journal*, 55(7), 832–835.
- Basogain, X., Olabe, M. Á., Olabe, J. C., y Rico, M. J. (2018). Computational thinking in pre-university blended learning classrooms. *Computers in Human Behavior*, 80, 412–419.
- Barr, V., y Stephenson, C. (2011). Bringing computational thinking to K-12: What is involved, and what is the role of the computer science education community? *ACM Inroads*, 2(1), 48–54. <https://doi.org/10.1145/1929887.1929905>
- Berland, M., y Wilensky, M. (2015). Comparing virtual and physical robotics environments for supporting complex systems and computational thinking. *Journal of Science Education and Technology*, 24, 628–647.
- Borchardt, M., Roggi, I. (2017). Ciencias de la Computación en los sistemas de América Latina. IIPE UNESCO. <https://www.buenosaires.iiep.unesco.org/es/publicaciones/ciencias-de-la-computacion-en-los-sistemas-educativos-de-america-latina>
- Borchardt, M., Garzón, M., Gomez, M., Martínez, C., Martínez López, Pablo E. 'Fidel' (2022). Hacia un currículum emancipador de las Ciencias de la Computación. *Revista Latinoamericana de Economía y Sociedad digital*, 3. <https://doi.org/10.53857/LBUS5649>
- Burke, Q., O'Byrne, W. I., y Kafai, Y. B. (2016). Computational participation: Understanding coding as an extension of literacy instruction. *Journal of adolescent & adult literacy*, 59(4), 371–375.
- Clear, T. (2004). Critical enquiry in computer science education. *Computer Science Education Research*, 101–125.
- Connell, R. W. (2009). La justicia curricular. *Laboratorio de Políticas Públicas*, 6(27), 1–10.
- De Paula, B. H., Burn, A., Noss, R., y Valente, J. A. (2018). Playing Beowulf: Bridging computational thinking, arts and literature through game-making. *International Journal of Child-computer Interaction*, 16, 39–46.
- Dichev, C., y Dicheva, D. (2017). Towards data science literacy. *Procedia Computer Science*, 108, 2151–2160.
- Digital Technologies Hub (2018). Computational thinking. Melbourne, Australia: Digital Technologies Hub, Education Services Australia Ltd. Retrieved from <http://www.digitaltechnologieshub.edu.au/teachers/topics/computational-thinking>
- DiSessa, A. A. (2000). *Changing minds: Computers, Learning, and Literacy*. Mit Press.
- Fraillon, J., Ainley, J., Schulz, W., Friedman, T., y Duckworth, D. (2020). *IEA International Computer and Information Literacy Study 2018. Technical Report*. International Association for the

Evaluation of Educational Achievement (IEA).
https://www.iea.nl/sites/default/files/2020-05/ICILS%202018%20Technical%20Report-FINAL_0.pdf

Fraillon, J., Ainley, J., Schulz, W., Duckworth, D., y Friedman, T. (2019). *IEA International Computer and Information Literacy Study 2018. Assessment Framework*. Springer Cham.
<https://doi.org/10.1007/978-3-030-19389-8>

Fundación Omar Dengo. (2018). Trigésimo aniversario del PRONIE MEP FOD evidencia de aportes a la educación y desarrollo del país. Área de Investigación y Evaluación, FOD. Available at <https://bit.ly/3LpOcU3>

Gough, D. (2007). Weight of Evidence: A framework for the appraisal of the quality and relevance of evidence. *Research Papers in Education*, 22(2), 213-228.
<https://doi.org/10.1080/02671520701296189>

Grover, S., y Pea, R. (2013). Computational Thinking in K-12: A review of the state of the field. *Educational Researcher*, 42(1), 38-43.

Hsu, T. C., Chang, S. C., y Hung, Y. T. (2018). How to Learn and How to Teach Computational Thinking: Suggestions based on a review of the literature. *Computers & Education*, 126, 296-310.

Irgens, G. A., Vega, H., Adisa, I., y Bailey, C. (2022). Characterizing Children's Conceptual Knowledge and Computational Practices in a Critical Machine Learning Educational Program. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 34,
<https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2022.100541>.

Jacob, S. R., y Warschauer, M. (2018). Computational Thinking and Literacy. *Journal of Computer Science Integration*, 1(1).

Kelly, A., Finch, L., Bolles, M., y Shapiro, R. B. (2018). BlockyTalky: New programmable tools to enable students' Learning Networks. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 18, 8-18.

Ko, A. J., Oleson, A., Ryan, N., Register, Y., Xie, B., Tari, M.,... y Loksa, D. (2020). It is Time for More Critical CS Education. *Communications of the ACM*, 63(11), 31-33.

Laupichler, M. C., Aster, A., y Raupach, T. (2023). Delphi Study for the Development and Preliminary Validation of an Item Set for the Assessment of Non-experts' AI Literacy. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 4, <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100126>

Lockridge, T., Paz, E., y Johnson, C. (2017). The Kairos Preservation Project. *Computers and Composition*, 46, 72-86.

Losh, E. (2014). From Authorship to Authoring: Critical literacy, expert users, and proprietary software. *Computers and Composition*, 33, 40-49.

- Mannila, L., Leinonen, T., Bauters, M., y Veermans, M. (2023). Student and Teacher Co-agency when Combining CT with Arts and Design in a Cross-curricular Project. *Computers and Education Open*, 4, 100132.
- Okoli, Chitu (2015). A Guide to Conducting a Standalone Systematic Literature Review. *Communications of the Association for Information Systems* (37:43), 879–910. <http://aisel.aisnet.org/cais/vol37/iss1/43>
- Ottenbreit-Leftwich, A. T., Kwon, K., Brush, T. A., Karlin, M., Jeon, M., Jantaraweragul, K., Guo, M., Nadir, H., Gok, Fatih, Bhattacharya, Parama (2021). The impact of an issue-centered problem-based learning curriculum on 6th grade girls' understanding of and interest in computer science. *Computers and Education Open*, 2, <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2021.100057>.
- Papavlasopoulou, S., Giannakos, M. N., y Jaccheri, L. (2019). Exploring children's learning experience in constructionism-based coding activities through design-based research. *Computers in Human Behavior*, 99, 415–427.
- Rasch, G. (1960). *Probabilistic Models for Some Intelligence and Attainment Tests*. Nielsen & Lydiche.
- Romero Moñivas, J. R. (2013). Del aprendizaje difuso al aprendizaje situacional. Una explicación estructural-conflictiva de las relaciones entre la tecnología y la educación en la sociedad de la información. *Revista de Sociología de la Educación-RASE*, 6(2), 210–227.
- Royal Society (2012). *Shutdown or Restart: The Way Forward for Computing in UK Schools*. The Royal Society.
- Sáez-López, J. M., Román-González, M., y Vázquez-Cano, E. (2016). Visual programming languages integrated across the curriculum in elementary school: A two-year case study using "Scratch" in five schools. *Computers & Education*, 97, 129–141.
- Sadosky Foundation (2023), Computer science as a curriculum subject in Latin America. Unesco, <https://doi.org/10.54676/RGXT4622>.
- Selby, C. C., y Woollard, J. (2013). Computational Thinking: The Developing Definition. University of Southampton, <https://eprints.soton.ac.uk/id/eprint/356481>.
- Su, J., y Zhong, Y. (2022). Artificial Intelligence (AI) in early childhood education: Curriculum design and future directions. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3, <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100072>
- Terigi, F. (2008). Lo mismo no es lo común. En G. Frigerio y G. Diker (comp.), *Educación: posiciones acerca de lo común*. Del Estante.
- Terigi, F. (2020). Escolarización y pandemia: alteraciones, continuidades, desigualdades. REVCOM

- Scasso, Marino, Colombini y Bortolotto (2019) Evaluación de la Iniciativa Program.ar. Fundación Sadosky.
- Terroba, M., Ribera, J. M., Lapresa, D. y Anguera, M. T. (2021). Propuesta de intervención mediante un robot de suelo con mandos de direccionalidad programada: análisis observacional del desarrollo del pensamiento computacional en educación infantil. *Revista de psicodidáctica*, 26(2), 143–151.
- Vakil, S. (2018). Ethics, identity, and political vision: Toward a justice-centered approach to equity in computer science education. *Harvard Educational Review*, 88(1), 26–52.
- Vourletsis, I. y Politis, P. (2022). Exploring the effect of remixing stories and games on the development of students' computational thinking. *Computers and Education Open*, 3, <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2021.100069>
- Weintrop, D. y Wilensky, U. (2019). Transitioning from introductory block-based and text-based environments to professional programming languages in high school computer science classrooms. *Computers & Education*, 142, <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103646>
- Wing, J.M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49, 33–35, <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>.
- Wing, J. M. (2008). Computational thinking and thinking about computing. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 366(1881), 3717-3725. Author, F.: Article title. *Journal* 2(5), 99–110 (2016).