

DOCUMENTO DE TRABAJO N° IDB-WP-1671

Impacto de una intervención educativa basada en robots sobre las habilidades de pensamiento computacional de los alumnos de segundo grado: Evaluación experimental del programa Irûmi en Paraguay

Emma Näslund-Hadley
Juan Manuel Hernández-Agramonte
Humberto Santos
Pablo Zoido

Banco Interamericano de Desarrollo
División de Educación

Agosto 2025



Impacto de una intervención educativa basada en robots sobre las habilidades de pensamiento computacional de los alumnos de segundo grado: Evaluación experimental del programa Irûmi en Paraguay

Emma Näslund-Hadley
Juan Manuel Hernández-Agramonte
Humberto Santos
Pablo Zoido

Banco Interamericano de Desarrollo
División de Educación

Agosto 2025



**Catalogación en la fuente proporcionada por la
Biblioteca Felipe Herrera del
Banco Interamericano de Desarrollo**

Impacto de una intervención educativa basada en robots sobre las habilidades de pensamiento computacional de los alumnos de segundo grado: Evaluación experimental del programa Irûmi en Paraguay / Emma Näslund-Hadley, Juan Manuel Hernández-Agramonte, Humberto Santos, Pablo Zoido; editor, Steven Kennedy.

p. cm. — (Documento de Trabajo del BID ; 1671)

Incluye referencias bibliográficas.

1. Computer programming-Study and teaching-Paraguay. 2. Early childhood education-Paraguay. 3. Early childhood education-Effect of technological innovations on-Paraguay. 4. Mathematics-Study and teaching-Paraguay. 5. Mathematical ability-Evaluation-Paraguay. 6. Early childhood education-Activity programs-Paraguay. I. Näslund- Hadley, Emma. II. Hernández-Agramonte, Juan Manuel. III. Santos, Humberto. IV. Zoido, Pablo. V. Kennedy, Steven, editor. VI. Banco Interamericano de Desarrollo. División de Educación. VII. Serie.

IDB-WP-1671

Códigos JEL: C93, I20, I24

Palabras Clave: pensamiento computacional; educación infantil; robots educativos; ensayo controlado aleatorizado (ECA); Paraguay

<http://www.iadb.org>

Copyright © 2025 Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons CC BY 3.0 IGO

(<https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/igo/legalcode>). Se deberá cumplir los términos y condiciones señalados en el enlace URL y otorgar el respectivo reconocimiento al BID.

En alcance a la sección 8 de la licencia indicada, cualquier mediación relacionada con disputas que surjan bajo esta licencia será llevada a cabo de conformidad con el Reglamento de Mediación de la OMPI. Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la Comisión de las Naciones Unidas para el Derecho Mercantil (CNUDMI). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones que forman parte integral de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta obra son exclusivamente de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del BID, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.



Impacto de una intervención educativa basada en robots sobre las habilidades de pensamiento computacional de los alumnos de segundo grado: Evaluación experimental del programa Irûmi en Paraguay*

Emma Näslund-Hadley[†]

Juan Manuel Hernández-Agramonte[¶]

Humberto Santos[‡]

Pablo Zoido[†]

Resumen

Este artículo presenta una evaluación del impacto de Irûmi, una intervención educativa basada en robots cuyo objetivo es desarrollar las habilidades de pensamiento computacional (PC) de los estudiantes de segundo grado en Paraguay. Los resultados indican que el programa tuvo un efecto de 0,09 desviaciones estándar en las habilidades de PC de los estudiantes, incluidas la abstracción, el pensamiento algorítmico y la evaluación. Estos hallazgos sugieren que un diseño instruccional apropiado para la edad puede apoyar el desarrollo de habilidades de PC desde edades tempranas. Varios mecanismos podrían explicar estos resultados. En primer lugar, Irûmi aumentó la probabilidad de que los docentes utilizaran tecnología educativa en el aula, incluidos dispositivos no proporcionados explícitamente por el programa. En segundo lugar, el programa contribuyó al desarrollo de las habilidades de PC de los docentes, posiblemente debido a la novedad del plan de estudios y la metodología en el contexto paraguayo. En tercer lugar, Irûmi podría haber incrementado la motivación del profesorado para utilizar tecnología, fortaleciendo así sus actitudes positivas hacia su integración en la enseñanza. Además de los efectos en habilidades de PC, Irûmi generó beneficios adicionales en los estudiantes. En particular, aumentó las preferencias por los juguetes relacionados con la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas y promovió una mayor flexibilidad de género respecto a quién puede jugar con ellos, especialmente entre las niñas. También mejoró las actitudes positivas hacia la tecnología en niños y niñas. Nuestro estudio contribuye a la literatura empírica al enfocarse en un país de renta media, utilizar un diseño experimental con medidas antes y después de la intervención, trabajar con una muestra amplia de estudiantes, y analizar el impacto tanto en estudiantes como en docentes.

Palabras clave: pensamiento computacional; educación infantil; robots educativos; ensayo controlado aleatorizado (ECA); Paraguay

Códigos JEL: C93, I20, I24

[†] Banco Interamericano de Desarrollo (IDB)

[¶] Innovations for Poverty Action (IPA)

[‡] Investigador Independiente

* Fiorella Ampuero, Carolina Magnet, Rayssa Ruiz Elias, y André Vizcarra brindaron una asistencia destacada en la investigación. Esta investigación fue financiada por el Fondo Coreano para la Reducción de la Pobreza del BID. Protocolo del IRB de IPA: 15351. Las opiniones expresadas son responsabilidad de los autores y no reflejan necesariamente los puntos de vista del BID, su directorio ejecutivo o los países que representa.

1. Introducción

El pensamiento computacional (PC) se refiere a ideas y conceptos clave en las disciplinas de la informática y la computación. En la última década, este tema ha recibido cada vez más atención por parte de investigadores, profesionales y responsables políticos del ámbito de la educación en todo el mundo (Bocconi et al., 2016; Bakala et al., 2021).

A pesar del uso generalizado del término *pensamiento computacional*, su definición exacta sigue siendo objeto de debate. Varios estudios toman como punto de partida la definición ofrecida por Wing (2011): «los procesos de pensamiento implicados en la formulación de problemas y sus soluciones, de modo que las soluciones se representen en una forma que pueda ser llevada a cabo eficazmente por un agente procesador de información». De esta definición se desprenden dos elementos fundamentales que caracterizan al PC y que son relevantes para su discusión en el ámbito de la educación. En primer lugar, el PC es un tipo de proceso de pensamiento que puede ser independiente del uso de la tecnología y, en segundo lugar, es un tipo de proceso de resolución de problemas que implica habilidades específicas y produce soluciones que pueden ser procesadas por una computadora u otro agente de procesamiento de la información.

En cuanto al primer elemento, existe consenso en que el PC implica competencias transversales que van más allá del uso de una computadora y la programación y, por tanto, no están restringidas a los informáticos (Quiroz-Vallejo et al., 2021; Voogt et al., 2015; Wing, 2006). En este sentido, el PC se centra en las habilidades analíticas (tan relevantes como la lectura, la escritura y la aritmética) que facilitan la comunicación y la interacción (Wing, 2008) y las actividades cotidianas (Tang et al., 2020). Por ende, muchos gobiernos han incluido el PC en los planes de estudios escolares como una competencia clave del siglo XXI (Bati, 2022; Bocconi et al., 2016).

En cuanto al segundo elemento, los autores asocian diversos conceptos y habilidades con el PC. Bocconi et al. (2016), basándose en una revisión de estudios ampliamente citados en la literatura (Angeli et al., 2016; Barr y Stephenson, 2011; Grover y Pea, 2013; Lee et al., 2011; Selby y Woollard, 2013), definen las siguientes habilidades como centrales para el PC:

- *Abstracción*: proceso de hacer más comprensible a un artefacto al reducir detalles innecesarios.
- *Pensamiento algorítmico*: Una forma de llegar a una solución mediante una definición clara de los pasos necesarios.
- *Automatización*: Proceso de ahorro de trabajo en el que una computadora ejecuta un conjunto de tareas repetitivas con mayor rapidez y eficacia que un ser humano, basándose en instrucciones.

- *Descomposición:* Una forma de concebir los objetos a partir de sus componentes. Así, las partes pueden comprenderse, resolverse, desarrollarse y evaluarse por separado.
- *Depuración:* La aplicación sistemática de análisis y evaluación para encontrar y corregir fallos y errores.
- *Generalización:* Al identificar patrones, similitudes y conexiones y explotar esas características, es posible resolver nuevos problemas con mayor rapidez, basándose en soluciones anteriores y en experiencia previa.

La creciente importancia que se concede al PC en la política educativa, sobre todo en la educación de la primera infancia, se debe a cuatro factores. En primer lugar, se ha demostrado que las clases de PC ayudan a desarrollar otras habilidades importantes, relevantes para el uso de las tecnologías de la información y la comunicación en una edad temprana (por ejemplo, pensamiento crítico, comunicación, colaboración y creatividad) (Bers, González-González, y Armas-Torres, 2019; Critten, Hagon, y Messer, 2022), y la autorregulación (Yang, Tsz Kit Ng, y Gao, 2022). En segundo lugar, la integración del PC y las actividades de programación en la educación de primera infancia permiten a los niños comprender mejor las tecnologías que encuentran en su vida cotidiana (Sullivan y Bers, 2016). En tercer lugar, algunos autores sostienen que la primera infancia es un periodo crítico para el desarrollo del PC porque los niños se encuentran en una etapa de transición entre los procesos mentales concretos y los abstractos (Flannery y Bers, 2013). En cuarto lugar, varias investigaciones recientes concluyen que las intervenciones en la primera infancia tienen una mayor tasa de retorno que las intervenciones en etapas posteriores de la vida y repercuten a largo plazo en los resultados económicos, de salud y sociales (por ejemplo, García et al., 2020).

Dado el relativo consenso sobre la importancia del PC, cabe preguntarse si las intervenciones sistemáticas pueden desarrollar estas habilidades en la primera infancia. Varios estudios han revisado la evidencia empírica sobre cómo diversas intervenciones educativas podrían mejorar el PC en esta etapa (Bakala et al., 2021; Bati, 2022; Quiroz-Vallejo et al., 2021; Su y Yang, 2023). Los estudios coinciden en que (1) el diseño instruccional apropiado para la edad podría contribuir al desarrollo de conceptos y habilidades de PC en la primera infancia; (2) los dispositivos inteligentes y los juguetes electrónicos (por ejemplo, los robots) pueden apoyar el desarrollo de habilidades de programación y PC en la educación de la primera infancia; y (3) la evidencia sobre qué prácticas desarrollan más eficazmente las habilidades de PC de los niños pequeños es todavía bastante limitada, a pesar de la creciente comprensión de la importancia de la enseñanza del PC. Pocos estudios se centran en los países en desarrollo, o abordan temas relevantes como el impacto del género y el estatus socioeconómico en el aprendizaje del PC o el papel de los docentes en la planificación

de las clases. Además, pocas evaluaciones hasta la fecha utilizan un diseño experimental o van más allá de una muestra de estudiantes pequeña.

Para contribuir a la literatura disponible y llenar los vacíos existentes, este trabajo presenta los resultados de una evaluación de impacto de Irûmi,¹ un programa educativo destinado a desarrollar habilidades de PC entre los estudiantes de segundo grado en las escuelas primarias públicas de Paraguay. Irûmi fue desarrollado en conjunto por la Organización Multidisciplinaria de Apoyo a Profesores y Alumnos (OMAPA²), el Ministerio de Educación y Ciencias de Paraguay (MEC) y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID). El programa establece un plan de estudio de 18 temas, cubiertos por actividades a desarrollar en el aula y un kit tecnológico educativo (que incluye un robot) de apoyo para varias de las actividades. Los robots fueron desarrollados y donados por la empresa SK Telecom,³ que adaptó los materiales del programa en colaboración con la Asociación de Profesores de Enseñanza Primaria de Informática de Corea. Además del plan de estudios y los materiales, el programa también incluía estrategias de apoyo a los docentes, como formación y visitas de tutores. La intervención se implementó en 104 escuelas de 7 departamentos de Paraguay durante un período de aproximadamente 11 semanas (del 15 de agosto al 29 de octubre de 2022). Irûmi se evaluó mediante un diseño experimental (ensayo controlado aleatorizado) y una muestra de 207 escuelas (104 en el grupo de tratamiento y 103 en el de control), 2.040 alumnos y 160 docentes.

El documento se estructura de la siguiente manera: La sección 2, tras esta introducción, describe los componentes del programa Irûmi. En la sección 3 analizamos los resultados esperados del programa, los instrumentos de medición y las variables de resultado consideradas en la evaluación. La sección 4 presenta el diseño experimental de la evaluación. La sección 5 describe las características de la muestra y el balance entre los grupos de tratamiento y control. En la sección 6 analizamos los principales efectos del programa en alumnos y docentes. Por último, en la sección 7, analizamos la relevancia de los resultados de la evaluación para la política educativa.

2. Programa Irûmi

Esta sección describe el contenido y el desarrollo del programa Irûmi. El programa establece un plan de estudio de 18 temas, cubiertos por actividades a desarrollar en el aula, apoyadas por un kit educativo tecnológico. Además del plan de estudios y los materiales, el programa también incluyó estrategias de apoyo a los docentes, como visitas de tutores y formación.

¹ Irûmi significa «compañero» en lengua guaraní.

² OMAPA es una organización matemática sin ánimo de lucro fundada hace más de 20 años. Tiene su sede en Asunción (Paraguay). Más información sobre OMAPA en: <https://www.omapa.org/>.

³ SK Telecom es una empresa surcoreana especializada en la fabricación de celulares y servicios de telecomunicaciones. Más información sobre SK Telecom en: https://www.sktelecom.com/index_en.html.

2.1. Plan de estudios

El plan de estudios de Irûmi (véase el cuadro A1 del Apéndice), incluido en la guía de los docentes y en los cuadernos del alumno, fue diseñado por docentes de la Asociación de Profesores de Enseñanza Primaria de Informática de Corea, expertos en la enseñanza de la codificación. Cada tema se aborda mediante una actividad de programación que expone a los alumnos a los conceptos básicos del PC a través de la resolución de problemas. Durante las actividades, los alumnos llegan a una solución determinando una secuencia de instrucciones que se espera que realice un robot. Utilizando los sensores instalados en la base del robot, los alumnos escanean una secuencia de tarjetas de códigos y observan cómo el robot ejecuta sus instrucciones mientras se desplaza por un tablero de navegación. A continuación, se detallan las actividades previstas.

El primer conjunto de actividades esbozadas en el plan de estudios, denominadas «actividades desconectadas», o Temas 1-4, tienen por objeto introducir conceptos de programación sin utilizar los robots ni las tarjetas de programación.

- *Tema 1: ¡Muévete! Seamos un robot.* En esta clase un alumno interpreta a un robot, mientras que el resto hace de programadores. Los alumnos que hacen de programadores dan instrucciones al alumno que hace de robot para que se mueva por un mapa creado por el docente (junto con los alumnos) y colocado en el suelo. Los alumnos que hacen de programadores fijan un destino y eligen la dirección en la que se moverá el alumno que hace de robot; utilizan tarjetas grandes con diferentes indicaciones, por ejemplo: «Avanza un segundo», «Retrocede un segundo», «Gira a la derecha un segundo», «Gira a la izquierda un segundo», «Ejecuta el programa» (ejecuta las órdenes), «Borra el programa» (descarta las órdenes), «Detén el programa» (detiene las órdenes), «Repite dos veces», «Repite tres veces» y «Termina la repetición». Una vez que el alumno que hace de robot llega a su destino, los alumnos cambian de papel y empiezan a jugar de nuevo. Si el alumno que hace de robot no llega a su destino, los alumnos deben averiguar qué comando fue el responsable de este error y corregirlo.
- *Tema 2: ¡Muévete! Captura de muñecas.* En esta actividad se colocan objetos como muñecas u otros juguetes sobre un mapa en el suelo. Esta actividad consiste en una dinámica similar a la anterior, pero en ella participan dos alumnos en un juego de roles: uno hace de robot y el otro de programador. El alumno que hace de programador da órdenes al alumno que hace de robot, utilizando las tarjetas de la actividad anterior, así como una tarjeta adicional titulada «Di». El alumno que hace de programador da órdenes al alumno que hace de robot para que capture un muñeco (u otro juguete) y luego vuelva a su posición original con el objeto capturado.
- *Tema 3: ¡Muévete! Juego de conquista de tierras.* En esta actividad, uno de los estudiantes asume el rol de programador y otro el rol de un robot conquistador de

tierras, quién para conquistar un área debe colocar una tarjeta del color de su equipo. El estudiante programador debe hacer que el estudiante robot se mueva a los lugares que planea conquistar y haciendo uso de la tarjeta «Di» ordena que deje una tarjeta de color cuando llega al área. El robot no puede colocar una tarjeta de color en un lugar donde otro equipo ya ha colocado su tarjeta.

- *Tema 4: ¡Muévete! Juego de construcción de cajas.* En esta actividad continúa el juego de rol del programador y el robot, pero aquí el objetivo es apilar un grupo de cajas con una forma determinada decidida por el docente. El juego tiene reglas que el alumno que hace de programador debe tener en cuenta a la hora de programar los comandos. Mediante una nueva tarjeta llamada «Bip» (sonido), el alumno que hace de programador da órdenes y señala el inicio del juego. A continuación, ese alumno crea una secuencia de órdenes (utilizando tarjetas grandes) para dárselas a los demás miembros del equipo, que juegan a ser robots. Cuando el alumno que hace de programador dice «Juega», utilizando la tarjeta «Di», los miembros del equipo deben seguir la orden. Una vez que los alumnos que interpretan a los robots alcanzan las posiciones indicadas, el alumno que interpreta al programador (de nuevo utilizando la tarjeta «Di») les da órdenes para que agarren cajas, las apilen en la forma que decida el docente y, finalmente, vuelvan a sus posiciones iniciales.

Los temas 5-9 («actividades de familiarización») pretenden familiarizar a los alumnos con los componentes tecnológicos del kit educativo:

- *Tema 5: ¡Saluda a tu amigo robot!* Esta actividad pretende ayudar a los alumnos a comprender las partes y el funcionamiento del robot Irûmi y de las tarjetas de codificación.
- *Tema 6: ¡Saluda a tu amigo robot!* Esta actividad utiliza un juego del escondite para ayudar a los alumnos a determinar las instrucciones que debe seguir el robot Irûmi para hallar la solución.
- *Tema 7: Jugando a comer caramelos.* En esta actividad un robot Irûmi debe conseguir agarrar caramelos esparcidos por su tablero de navegación. Esta actividad aborda conceptos de resolución de problemas y depuración.
- *Tema 8: ¿Quién es bueno en esto?* En esta actividad se enfrentan dos equipos en «lanzamientos de penales», utilizando el tablero de navegación y las tarjetas de codificación. Los alumnos deben identificar las posiciones del arco y la pelota y averiguar cómo ordenar al robot que llegue al arco. Esta actividad aborda conceptos de resolución de problemas, repetición y depuración.
- *Tema 9: ¡Dibuja!* En esta actividad los alumnos colocan un marcador en el robot Irûmi; siguiendo las instrucciones de los alumnos, el robot realiza trazos emulando los dibujos propuestos por el docente.

Las actividades de los Temas 10-18, «refuerzo y nuevos temas», pretenden, por un lado, reforzar los conceptos aprendidos de secuencia, repetición y depuración y, por otro,

introducir nuevas funciones del robot Irûmi y nuevos conceptos como las condiciones y el pensamiento algorítmico en la resolución de problemas.

- *Tema 10: Ta-Te-Ti.* En esta actividad dos equipos se turnan para colocar las cartas que indican su posición en el tablero de navegación. Cuando un equipo realiza un movimiento, sus oponentes pueden utilizar cartas para bloquear su avance. Gana el primer equipo que ocupe tres espacios consecutivos. Esta actividad pretende desarrollar los conceptos de resolución de problemas y depuración.
- *Tema 11: ¡Sí o no! Juego de escalera.* En esta actividad, los alumnos responden a preguntas de matemáticas o de conocimientos generales con un simple sí o no. En función de la respuesta, al robot Irûmi se le presenta una condición o situación diferente en el tablero de navegación. La actividad introduce los conceptos de secuencia, repetición y condicionales.
- *Tema 12: ¡Vamos a bailar!* En esta actividad, utilizando las tarjetas de repetición y sonido, los alumnos deben hacer que un robot Irûmi ejecute los movimientos, sonidos y efectos repetitivos de la danza. Esta actividad repasa los conceptos de secuencia y repetición e introduce el uso de tarjetas de programación de sonidos.
- *Tema 13: Juego de contraseñas.* En esta actividad los alumnos crean contraseñas asignando una regla de correspondencia entre números o letras con las tarjetas de programación.
- *Tema 14: ¡Corre, Irûmi!* En esta actividad dos robots llevan etiquetas con sus «nombres» escritos. La clase se divide en dos equipos; cada equipo tiene como objetivo quitar la etiqueta con el nombre del robot del equipo contrario. Para lograrlo deben identificar las ubicaciones de los robots y crear tarjetas de misión que constan de dos o más tarjetas de codificación.
- *Tema 15: Paseo por la ciudad.* En esta actividad los alumnos determinan la mejor ruta para que un robot Irûmi viaje desde un punto de partida dado en una ciudad hasta un destino fijado por el docente. Esta actividad introduce el concepto de algoritmo de resolución de problemas.
- *Tema 16: Viajando por América del Sur.* En un mapa de Sudamérica, los alumnos deben identificar la mejor ruta para que un robot Irûmi llegue a Paraguay. Para lograrlo, los alumnos organizan las tarjetas de codificación según la ruta que seguirá el robot.
- *Tema 17: Viaje por el espacio.* En esta actividad los alumnos crean un conjunto de preguntas, cada una situada en uno de los planetas de un mapa del sistema solar. Cuando un equipo responde correctamente a una pregunta, puede pasar al siguiente planeta. Esta actividad refuerza el pensamiento algorítmico para resolver problemas.
- *Tema 18: Viaje al océano.* En esta actividad las preguntas sobre el océano se colocan en islas de un tablero oceánico. Para pasar de una isla a otra, los alumnos deben responder correctamente a las preguntas correspondientes.

2.2. Kit educativo

Las actividades del programa se realizan con robots inteligentes Irûmi, tarjetas de codificación, tableros de navegación, una guía para el docente y cuadernos de trabajo para los alumnos. La tecnología fue desarrollada por SK Telecom, que, a través del Fondo Coreano para la Reducción de la Pobreza,⁴ donó 900 kits educativos al MEC.

Robots inteligentes

Cada robot⁵ pesa 230 gramos y tiene una altura de 13 centímetros (cm) (véase la Figura 1). Dispone de navegación autónoma, luces de diodos emisores de luz (LED), sensores ópticos, térmicos, táctiles y de proximidad, altavoces y sistema Bluetooth. Dichas características permiten al robot Irûmi moverse por superficies lisas, detectar obstáculos a 1-15 cm, proyectar muchos colores y emitir sonidos. Para su uso en el aula, el MEC proporcionó robots a los centros educativos. Su asignación venía determinada por el número de alumnos por clase, lo que permitía, en la mayoría de las aulas, un máximo de tres alumnos por robot.

Figura 1: Robot Irûmi



Tarjetas de codificación

Cada robot viene con 56 tarjetas de colores diferentes, impresas en ambas caras (véase la Figura 2). Las tarjetas tienen 22 instrucciones distintas, en inglés, para que el robot realice acciones sencillas, como moverse hacia delante y hacia atrás, girar a derecha e izquierda, encender o apagar los ojos (que emiten distintos colores) y emitir sonidos preinstalados o grabados, y otras más complejas, como iteraciones (repetir un proceso un número determinado de veces o indefinidamente) y estructuras condicionales (esperar a detectar una mano delante o repetir la acción hasta que se produzca este evento). Existen cuatro tipos de tarjetas de codificación:

- *Tarjetas de movimiento:* «Avanzar», «Retroceder», «Girar a la derecha» y «Girar a la izquierda» (un segundo de duración).

⁴ El Fondo Coreano para la Reducción de la Pobreza se centra en la reducción de la pobreza y el desarrollo social. Se dirige a las poblaciones más vulnerables de América Latina y del Caribe.

⁵ Irûmi es el nombre que el programa dio al robot «Albert». Más información sobre el robot inteligente Albert en la Guía (SK Telecom, s.f.).

- *Tarjetas de control:* «Repetir dos veces», «Repetir tres veces», «Repetir cuatro veces», «Repetir para siempre», «Fin de la repetición», «Repetir hasta la mano» (u otro objeto), «Esperar» (durante un segundo) y «Esperar la mano» (u otro objeto).
- *Tarjetas de codificación del programa:* «Ejecutar programa», «Borrar programa» y «Detener programa».
- *Tarjetas de luz y sonido:* «Bip» (sonido), «Ojos rojos encendidos», «Ojos azules encendidos», «Ojos verdes encendidos», «Ojos apagados» y «Di» (decir rojo/verde/azul).

Figura 2: Tarjetas de codificación



Tableros de navegación

El robot Irûmi dispone de un sistema de navegación autónomo que le permite desplazarse por los tableros de navegación siguiendo las instrucciones que los alumnos han programado con las tarjetas de codificación. Las pizarras de navegación se crean utilizando un lienzo especial que permite escribir en ellas con un marcador de pizarra blanca y borrarlas fácilmente, por lo que pueden personalizarse para cada actividad. Cada robot viene con un tablero de navegación (véase la Figura 3).

Figura 3: Tablero de navegación



2.3. Apoyo y formación de los docentes

Irûmi se diseñó para alumnos de segundo grado de escuelas primarias públicas paraguayas que asisten a clases de programación y codificación en el contraturno.⁶ Un

⁶ En Paraguay, la mayoría de las escuelas públicas tienen una jornada escolar corta de solo cuatro horas; los alumnos pueden asistir por la mañana o por la tarde (Mateo-Berganza e Iribarren, 2016). Así pues, el

docente de segundo grado dirigió las actividades del programa, apoyado por ocho alumnos ayudantes⁷ del tercer ciclo de primaria (es decir, alumnos de 12 a 14 años).⁸ Las clases se estructuraron para durar hasta tres horas pedagógicas (40 minutos cada una) por semana. Las actividades en el aula comprendieron un total de 36 horas lectivas a lo largo de 11 semanas (del 15 de agosto al 29 de octubre de 2022) (véase el cuadro A1 para más detalles sobre cada actividad del plan de estudios).

A lo largo del programa, cada docente recibió la visita mensual de un tutor formado por OMAPA.⁹ En junio y julio de 2022, 27 tutores recibieron formación durante 4 días (32 horas) sobre el uso óptimo de la guía del docente, los cuadernos del alumno, los robots, las tarjetas de codificación y los tableros de navegación. Además, también se les formó en un método práctico de enseñanza en el aula, para presentarlo a los docentes durante las visitas a las aulas. La formación se desarrolló en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Asunción.

A continuación, los tutores visitaron las aulas participantes para observar la actuación de los docentes en la realización de las actividades y proporcionarles orientación y retroalimentación en caso necesario. Durante la observación en el aula, los tutores utilizaron fichas de seguimiento para registrar diversos puntos de información, como (1) las actividades del cuaderno de trabajo que el docente estaba llevando a cabo; (2) el ambiente del aula, incluyendo la participación de los alumnos, el nivel de implicación en las actividades, las consultas realizadas y el apoyo de los ayudantes; (3) las principales dificultades identificadas, así como las necesidades o inconvenientes destacados por el docente; y (4) las observaciones, comentarios o sugerencias aportados al docente.

Los docentes recibieron formación sobre el contenido del plan de estudios del programa a través de cuatro talleres de formación y apoyo, dirigidos por los tutores y

contraturno se refiere a la tarde para los alumnos que asisten por la mañana, y a la mañana para los que asisten por la tarde.

⁷ Los alumnos ayudantes fueron seleccionados por directores y docentes. La participación de los estudiantes no era obligatoria. Se recomendó como criterios de selección: (1) pertenecer al turno de mañana; (2) demostrar un comportamiento adecuado; (3) tener dotes de liderazgo; (4) poseer aptitudes para el trabajo en equipo; (5) tener interés y aptitudes para trabajar con alumnos de segundo grado; (6) contar con la confianza de su docente; y (7) tener el permiso de sus padres. Cada asistente participó en una formación de ocho horas sobre el contenido del plan de estudios y los conceptos y habilidades de codificación.

⁸ La educación primaria en Paraguay (Educación Escolar Básica, EEB) está dirigida a alumnos de 6 a 14 años. Se divide en tres ciclos de tres años de duración cada uno. El tercer ciclo de educación básica está destinado a adolescentes de 12 a 14 años.

⁹ Los tutores fueron formados por el equipo académico de OMAPA. A partir de entrevistas, se seleccionaron 30 tutores de los 7 departamentos de Paraguay donde se encuentran las escuelas participantes. Los tutores seleccionados debían: (1) tener interés por la educación, la ciencia y la innovación; (2) haber completado al menos la educación secundaria (se dio prioridad a docentes o estudiantes universitarios); (3) tener experiencia previa en el aula, especialmente en la formación de docentes; y (4) estar disponibles para participar en sesiones de formación en Asunción y llevar a cabo actividades en instituciones educativas de sus regiones. No era necesario que tuvieran conocimientos previos de robótica o programación.

realizados en las escuelas entre julio y septiembre (29 horas). La formación del profesorado abarcó las 18 actividades propuestas en el plan de estudios del programa. A cada uno de los 27 tutores se le asignó un promedio de cuatro escuelas, donde impartieron talleres en fechas acordadas. Los talleres de formación se llevaron a cabo en 27 lugares, en 7 departamentos. Si un docente no estaba disponible en la fecha acordada, los tutores realizaban una visita individual para impartir la formación.

3. Resultados esperados, instrumentos de medición y variables de resultado

El cuadro 1 describe el impacto potencial del programa en los resultados educativos de los alumnos y docentes de segundo grado. Para medir los resultados, se combinaron y adaptaron distintos instrumentos disponibles en la literatura.¹⁰

3.1. Resultados de los estudiantes

Para medir el efecto de Irûmi en los alumnos de segundo grado, se diseñó una encuesta. La encuesta combina diferentes instrumentos para medir las habilidades de PC, las preferencias y actitudes de género hacia los juguetes de CTIM y las actitudes hacia la tecnología.

Habilidades de PC

Para medir las habilidades de PC de los alumnos, se combinaron dos instrumentos:

(1) Un conjunto de tareas del Desafío Internacional Bebras sobre informática y pensamiento computacional diseñado para niños y jóvenes de 6 a 19 años. Los participantes deben resolver problemas relacionados con la informática y el PC utilizando habilidades como la lógica, el razonamiento algorítmico y la resolución de problemas.¹¹

(2) La Prueba de Pensamiento Computacional (CTT, por su sigla en inglés), descrito en Román-González, Pérez-González, y Jiménez-Fernández (2017). El objetivo de esta prueba es medir el nivel de PC basado en el uso de la informática para resolver y formular problemas.

¹⁰ Los cuestionarios completos pueden solicitarse a los autores.

¹¹ Bebras es una iniciativa internacional (fundada en 2004 en Lituania) que trata de promover la informática y el PC entre escolares de todas las edades. Una de las principales actividades de la iniciativa es el Desafío Internacional Bebras sobre informática y pensamiento computacional, que se lleva a cabo en centros educativos. Se utilizan computadoras o dispositivos móviles, y los concursantes suelen estar supervisados por docentes, que pueden integrar el reto en sus actividades docentes. Cinco grupos de edad, de 8 a 19 años, reciben diferentes tareas. El reto Bebras fomenta las habilidades de resolución de problemas y los conceptos informáticos, incluida la capacidad de descomponer tareas complejas en componentes más sencillos, el diseño de algoritmos, el reconocimiento y generalización de patrones y la abstracción. Más información sobre Bebras en: <https://www.bebbras.org/about.html>. Véase Chiazese et al. (2019) y Lockwood y Mooney (2018) para ver ejemplos de estudios que utilizan tareas Bebras para medir las habilidades de PC.

A partir de estos dos instrumentos, se eligió una batería de 11 tareas con el fin de evaluar las habilidades de PC de los alumnos (véase el apéndice para consultar las tareas y los materiales incluidos en la evaluación). La puntuación global resultante del PC corresponde al porcentaje de respuestas correctas a las distintas preguntas formuladas en las tareas (Puntaje PC). A continuación, para desglosar los resultados por competencias en PC, las 11 tareas se agruparon en función de las competencias evaluadas. Las tareas Bebras asocian múltiples habilidades de PC a la misma tarea. El cuadro 2 muestra la relación entre las tareas incluidas en la prueba de PC de los alumnos y sus competencias asociadas. Por último, la puntuación de PC de cada habilidad se midió como el promedio de las respuestas correctas en las tareas que miden esa habilidad.

Preferencias y actitudes de género hacia los juguetes de CTIM

La literatura indica que los juguetes son productos culturales que están fuertemente asociados con los estereotipos de género que los niños aprenden a temprana edad (Cherney y London, 2006; Spinner, Cameron, y Calogero, 2018). Por ejemplo, ya a los 5 años, niños y niñas muestran preferencias diferentes por los juguetes (Cherney y London, 2006; Weisgram, Fulcher y Dinella, 2014). Dichas preferencias heterogéneas son importantes porque los diferentes juguetes inducen diferentes tipos de juego, y los diferentes tipos de juego se asocian con diferencias en el desarrollo de las habilidades sociales y cognitivas de los niños (Spinner, Cameron y Calogero, 2018). En el caso de Irûmi, el argumento es más evidente, ya que el programa utiliza un robot, un juguete típicamente asociado al género masculino (Seo, 2022). Mientras tanto, la flexibilidad de género se refiere a una «mentalidad abierta» sobre los roles de género (Spinner, Cameron, y Calogero, 2018). Ruble y Martin (1998) lo definen como «la tendencia de aplicar un atributo a ambos sexos, en lugar de solo a uno, o el reconocimiento del aspecto relativo de los estereotipos (las normas cambian según la cultura)».

Varios estudios demuestran que la exposición a actividades de programación y robótica puede mejorar el interés y las actitudes de las mujeres en campos tanto educativos como laborales de CTIM (Gomoll et al., 2016; Master et al., 2017). Además, la exposición a situaciones contraestereotipadas (por ejemplo, niñas jugando con un robot) también puede ayudar a cambiar las actitudes de niños y niñas (Spinner, Cameron y Calogero, 2018). Por lo tanto, como parte de la evaluación, se analizó el efecto del programa en las preferencias y actitudes de género hacia los juguetes de CTIM. Nuestra hipótesis es que interactuar con un robot puede ayudar a niños y niñas a cambiar sus preferencias y actitudes de género hacia el robot. Para medir las preferencias de los alumnos y sus actitudes de género hacia diferentes juguetes, utilizamos dos preguntas de un instrumento de evaluación utilizado para el programa

*Pequeñas Aventureras*¹² en Colombia. Para medir las preferencias por los juguetes de CTIM, se formula la siguiente pregunta: «¿Te gusta [nombre del juguete]? (sí o no)». Los juguetes incluidos son (1) una computadora, (2) un robot, (3) un telescopio, (4) bloques de LEGO, (5) un estetoscopio y (6) una lupa. A continuación, creamos un Índice de Preferencia por Juguetes de CTIM que corresponde al promedio de las seis variables dicotómicas (porcentaje de juguetes preferidos). Para medir la actitud de género de los estudiantes hacia los juguetes de CTIM, se formula la siguiente pregunta: «¿Y quién juega con [nombre del juguete], las niñas, los niños o ambos?» A continuación, creamos seis variables dicotómicas (una para cada juguete), asignando un valor de 1 si el alumno respondía «ambos» y de 0 si respondía «niñas» o «niños». Por último, creamos un Índice de Flexibilidad de Género de Juguetes de CTIM que corresponde al promedio de las seis variables dicotómicas.

Actitudes hacia la tecnología

Cabe esperar que el programa Irûmi influya en las actitudes de los alumnos con respecto a la tecnología a través de la exposición y la interacción con la tecnología educativa. Además de los aspectos afectivos, cognitivos y conductuales, las actitudes hacia la tecnología son relevantes porque varios estudios las consideran un indicador indirecto de la tendencia de un alumno a estudiar una carrera relacionada a la CTIM (por ejemplo, Svenningsson et al., 2022). Para medir las actitudes hacia la tecnología, elaboramos un Índice de Actitudes hacia la Tecnología, promediando las puntuaciones asignadas a las respuestas de los alumnos a las siguientes afirmaciones (1 = de acuerdo; 0 = en desacuerdo o neutro): (1) Si en tu centro educativo hubiera clases en las que se utilizara una computadora o un robot, trabajarías más en clase; (2) las clases serían más divertidas si se utilizaran dispositivos tecnológicos como computadoras o robots; (3) te gustaría jugar y resolver problemas con una computadora o un robot; (4) te gustaría participar en actividades relacionadas con la tecnología, la informática y la programación de robots en el centro educativo; (5) te gustaría saber programar un robot y utilizar computadoras; (6) tienes que ser inteligente para estudiar algo relacionado con la tecnología, como la programación de robots o el uso de computadoras; (7) solo si se te dan bien las matemáticas y las ciencias puedes estudiar algo relacionado con la tecnología, como la programación de robots o el uso de computadoras. Estas preguntas se adaptaron del Cuestionario

¹² *Pequeñas Aventureras* es un programa multimedia desarrollado por Sesame Workshop con el apoyo de Dubai Cares y el BID. El programa pretende promover la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas y las ciencias en el nivel preescolar con un enfoque de género. Más información sobre el programa en: https://desarrollo-infantil.iadb.org/es/innovaciones/region_lac/pequenas-aventureras-educacion-para-cerrar-las-brechas-entre-ninas-y-ninos.

de Actitud hacia las Computadoras (CAQ, por sus siglas en inglés)¹³ y de la Encuesta de Actitudes de los Alumnos hacia la Tecnología (PATT-USA, por sus siglas en inglés).¹⁴

3.2. Resultados de los docentes

Para medir el efecto de Irûmi en los docentes creamos una encuesta que combina diferentes instrumentos destinados a medir el uso de la tecnología en el aula, las actitudes hacia las nuevas tecnologías en la educación y las competencias de PC.

Uso de las nuevas tecnologías en el aula

Como el programa proporcionaba a los docentes un kit educativo, que incluía un robot, ofrecía la oportunidad de un mayor uso de la tecnología en el aula. En este caso, se preguntó a los docentes por el uso de las siguientes tecnologías en su trabajo: (1) computadoras, (2) notebooks, (3) tabletas, (4) radio, (5) herramientas de software (por ejemplo, Microsoft Word, Excel y PowerPoint; Google Docs); (6) espacios de gestión de archivos digitales (por ejemplo, Dropbox, Google Drive, OneDrive); (7) recursos digitales como software educativo especializado en promover el aprendizaje de los estudiantes; y (8) robots.

Actitudes hacia las nuevas tecnologías en la educación

La rápida evolución de la educación exige que los docentes sean capaces de utilizar los medios digitales, así como de integrar la tecnología en la enseñanza. La actitud de los docentes hacia la tecnología influye significativamente en su uso de las nuevas tecnologías en las aulas (Atkins y Vasu, 2000). Para medir esta dimensión se creó una sección en el cuestionario de los docentes adaptando los siguientes instrumentos: Actitudes de los Alumnos hacia la Tecnología¹⁵ y Actitudes de los Docentes hacia las Computadoras (TAC, por sus siglas en inglés) (adaptadas a la tecnología).¹⁶ A partir del cuestionario construimos el Índice de Actitudes hacia las Nuevas Tecnologías en la Educación. El índice se obtiene promediando las puntuaciones asignadas al acuerdo o desacuerdo de un docente (la escala de cada ítem va de 1, «Totalmente en

¹³ El Computer Attitude Questionnaire (CAQ) es un instrumento que contiene una escala Likert de 65 ítems, y está diseñado para medir actitudes (sentimientos hacia una persona o una cosa) y actitudes predominantes (disposiciones), más que logros. Más información sobre el CAQ en: <https://stelar.edc.org/instruments/computer-attitude-questionnaire-caq-0>.

¹⁴ La Pupils Attitude Towards Technology-survey (PATT-USA) es un instrumento que consta de cuatro partes. En la primera parte se pide una breve descripción de lo que el alumno piensa que es la tecnología. La segunda parte consta de 11 preguntas sobre datos demográficos de los estudiantes. En la tercera parte se incluyen 57 ítems para medir las actitudes hacia la tecnología. La cuarta parte se compone de 31 ítems relacionados con conceptos tecnológicos (Ardies, De Maeyer, y Gijbels, 2013).

¹⁵ Este instrumento se incluye en un estudio que investigó cómo la autoeficacia tecnológica de docentes y alumnos y las actitudes hacia el uso de la tecnología afectan a la implementación de la tecnología en el aula (Mikusa, 2015).

¹⁶ El cuestionario Teachers' Attitudes Toward Computers (TAC) se desarrolló durante 1995-97 para un estudio sobre los efectos de la educación para la integración de la tecnología en las actitudes de los docentes (Christensen y Knezek, 1996). Más información sobre el TAC en: <https://iittl.unt.edu/content/teachers-attitude-toward-computers-tac>.

desacuerdo», a 5, «Totalmente de acuerdo») con las siguientes afirmaciones: (1) aprender sobre recursos tecnológicos (por ejemplo, computadora (C)/notebook(N)/tableta (T), etc.) me resulta aburrido; (2) estoy interesado en asistir a talleres/formación sobre tecnología que impliquen el uso de una C/N/T, etc., durante mi trayecto como docente; (3) tengo suficientes habilidades para buscar, seleccionar y gestionar la información disponible en Internet; (4) me siento cómodo/a trabajando con una C/N/T, etc.; (5) aprender a utilizar la tecnología requiere demasiado tiempo y esfuerzo; (6) las nuevas tecnologías (por ejemplo, C/N/T, etc.) aíslan a las personas al inhibir las interacciones sociales normales entre los usuarios; (7) las nuevas tecnologías (por ejemplo, C/N/T, etc.) hacen que las personas pierdan demasiado tiempo; (8) las nuevas tecnologías (por ejemplo, C/N/T, etc.) hacen que el trabajo de un docente sea más complicado/complejo; (9) el uso de una C/N/T, etc., podría aumentar mi productividad; (10) tener una C/N/T, etc., en mi aula me ayudaría a ser mejor docente; (11) el uso de la tecnología (por ejemplo, C/N/T, etc.) me ayudaría a acceder a información o recursos más actualizados para mis alumnos y como parte de las actividades escolares; (12) el uso de la tecnología (por ejemplo, C/N/T, etc.) podría estimular la creatividad de los alumnos; (13) el uso de la tecnología (por ejemplo, C/N/T, etc.) podría ayudar a los alumnos a mejorar sus habilidades en matemáticas, ciencias, etc.; (14) el uso de la tecnología (por ejemplo, C/N/T, etc.) en el aula facilitaría mi labor docente; (15) la incorporación de la tecnología (por ejemplo, C/N/T, etc.) en el aula mejoraría el aprendizaje de los alumnos; y (16) el uso de la tecnología (por ejemplo, C/N/T, etc.) en el aula aumentaría mi productividad.

Habilidades de PC

Otro posible mecanismo que podría contribuir al impacto del programa es el desarrollo de habilidades de PC entre los docentes. La literatura indica que un mayor conocimiento del profesorado sobre el contenido a enseñar puede mejorar el aprendizaje de los alumnos (Sadler et al., 2013).

Actualmente, el MEC no incluye contenidos de PC en el currículo nacional. Por lo tanto, es posible que el programa Irûmi constituya la primera exposición de los docentes a este tipo de contenidos. Para medir las habilidades de PC de los docentes, desarrollamos una prueba para docentes basada en cuatro tareas (Camino a casa 1, Robot atrapado, Camino a casa 2 y Caja mágica; véanse las tareas evaluadas en el apéndice).

4. Diseño experimental

4.1. Reclutamiento

El MEC, en el marco del Proyecto Jornada Escolar Extendida (JEE¹⁷), seleccionó 300 escuelas para participar en el estudio. En 131 de esas escuelas, la modalidad de jornada escolar ampliada se aplicó tanto en el primer como en el segundo ciclo. En los 169 centros restantes, la jornada escolar ampliada se implantó en aquellos centros que cumplían los siguientes criterios: (1) disponer de aulas suficientes para implantar la modalidad JEE simultáneamente de primero a sexto grado; (2) disponer de servicio de comedor en la escuela; (3) disponer de conectividad digital proporcionada por el MEC; (4) tener un mínimo de 60 alumnos matriculados en el primer y segundo ciclo. Con base en la ubicación de estas 300 escuelas, la muestra se restringió a siete departamentos paraguayos (Asunción, Central, Cordillera, Guairá, Paraguarí, Misiones e Itapúa). De las 300 escuelas seleccionadas, 297 participaron finalmente en el estudio.

4.2. Aleatorización

De esta muestra de 207 escuelas, 104 fueron asignadas al grupo de tratamiento (es decir, que reciben todos los componentes del programa Irûmi) y 103 al grupo de control (es decir, que siguen con su plan educativo normal) mediante una estrategia de aleatorización estratificada. El uso de la estratificación permite mejorar el rendimiento de las aleatorizaciones en muestras pequeñas (por ejemplo, menos de 300 observaciones) (Bruhn y McKenzie, 2009). Los estratos utilizados fueron el departamento y la zona (rural/urbana).

4.3. Recolección de datos (línea de base y línea final)

Los instrumentos utilizados para recoger la información corresponden a los cuestionarios aplicados a los alumnos de segundo grado, los docentes y los directores de todas las escuelas participantes. El proceso de recolección de datos tuvo dos fases: una línea de base, en la que se aplicaron los instrumentos antes de implementar el programa (del 27 de junio al 12 de agosto), y una línea final (del 31 de octubre al 7 de diciembre), en la que se recogieron datos tras la implementación del Irûmi para medir su impacto en alumnos y docentes.

¹⁷ El Proyecto de Jornada Escolar Extendida (JEE) es un programa piloto financiado por el BID e implementado en 300 escuelas paraguayas, centrado en la extensión de la jornada escolar. Más información sobre el proyecto en: <https://www.abc.com.py/nacionales/2024/03/07/lo-que-dijo-el-ministro-de-educacion-sobre-la-jornada-escolar-extendida/>.

5. Características de la muestra y modelos econométricos

5.1. Características sociodemográficas de la muestra y balance

En los ensayos controlados aleatorizados, el impacto causal de una intervención se identifica basándose en la generación de grupos comparables (Duflo, Glennerster, y Kremer, 2007). Los datos recogidos en la línea de base se utilizaron para comprobar si los grupos de tratamiento y control eran estadísticamente idénticos. El cuadro 3 presenta un conjunto de variables para las escuelas, los alumnos de segundo grado y los docentes, así como el *valor p* de una prueba de dos colas sobre la hipótesis de que los promedios de los grupos de tratamiento y control son iguales. En la mayoría de las variables no encontramos diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de tratamiento y control. Solo dos variables presentan diferencias estadísticamente significativas, lo que es de esperar de un proceso aleatorio: el grupo de control tiene una proporción ligeramente mayor de profesoras (86,7 % frente a 75,6 %) y una mayor probabilidad de haber recibido formación en ciencias (67,4 % frente a 53,4 %) que el grupo de tratamiento.

5.2. Modelos econométricos

Para evaluar los efectos del programa, se estima la siguiente ecuación mediante mínimos cuadrados ordinarios (MCO):

$$(a) \quad Y_{ij} = \mu_s + \beta_1 Y_{ij,t-1} + \beta_2 T_j + \beta_3 X_{ij} + \epsilon_{ij}$$

donde Y_{ij} es el resultado de interés para el alumno o docente i en el centro j ; $Y_{ij,t-1}$ es el mismo resultado medido en la línea de base; T_j es una variable dicotómica que toma el valor 1 si la escuela forma parte del grupo de tratamiento y 0 si forma parte del grupo de control; X_{ij} es un vector de variables de control medidas en la línea de base. En el caso de los alumnos, las variables de control incluyen las características de los alumnos (edad y sexo) y las de sus centros (número de aulas, estado de la infraestructura y un índice global del centro), y ϵ_{ij} es el término de error. La inclusión de $Y_{ij,t-1}$ y X_{ij} en el modelo nos permite reducir la varianza residual y mejorar la potencia estadística (Imbens y Wooldridge, 2009). El parámetro estimado β_2 captura el efecto causal del tratamiento sobre el resultado de interés. En todas las especificaciones se incluyen efectos fijos por estratos (μ_s) para incorporar la estrategia de aleatorización en el modelo, lo que permite una mayor eficiencia (Bruhn y McKenzie, 2009). Además, agrupamos los errores estándar a nivel de centro, lo que permite corregir por la correlación entre los errores de los alumnos de un mismo centro. Agrupar los errores estándar nos permite evitar el «exceso de rechazo» (Bertrand, Duflo y Mullainathan, 2004).

Siguiendo la literatura sobre evaluación de impacto, β_2 es el efecto por intención de tratar (ITT, por sus siglas en inglés). El ITT es el efecto de un programa en las personas asignadas al tratamiento, independientemente de si lo adoptaron o no. En muchos

casos, los investigadores y los responsables políticos se preocupan por el impacto de la oferta de un programa, ya que puede anticiparse a los efectos esperados si el programa se implementa a mayor escala. Por tal motivo, el estimador también se conoce como el «impacto de política» de un programa (Gertler et al., 2016). Para estudiar los efectos heterogéneos del Irûmi, condicionales a las características de la muestra, estimamos la siguiente ecuación:

$$(b) \quad Y_{ij} = \mu_s + \beta_1 Y_{ij,t-1} + \beta_2 T_j + \beta_3 X_{ij} + \beta_4 H + \beta_5 T_{ij}H + \epsilon_{ij}$$

donde H son variables dicotómicas que definen características de los alumnos, los centros o los docentes; y β_5 es el efecto adicional para la categoría incluida con respecto al efecto sobre la categoría omitida (β_2).

Todas las variables de resultado presentadas en la sección 6, «Resultados» (véanse las definiciones en la sección 3, «Resultados esperados, instrumentos de medición y variables de resultado») se estandarizaron utilizando esta fórmula:

$$(c) \quad Z_{ij} = (Y_{ij} - \mu_c) / \sigma_c$$

donde Y_{ij} representa el valor de la variable de resultado para el alumno i en la escuela j , μ_c representa la media para el grupo de control, y σ_c es la desviación estándar (DE) para el grupo de control. En las intervenciones educativas, las variables suelen estandarizarse porque permite convertir los resultados en una unidad común, como la DE. Dada la transformación, β_2 mide el ITT estimado expresado como desviaciones estándar (DE) del grupo de control.¹⁸

6. Resultados

6.1. Implementación de Irûmi

En general, los resultados de la implementación del programa fueron elevados:¹⁹ el 99 % de las escuelas participantes recibió el kit Irûmi completo (robot, tarjetas de codificación, cables de carga USB, tableros de navegación o pista de lona, manual del alumno Irûmi, guía del docente Irûmi, cargador múltiple y material de papelería); el 69 % de los docentes participó en los cuatro talleres de formación, el 23 % en tres, el 6 % en dos y el 2 % en un taller. 87 % de los participantes consideraron que los talleres eran útiles o muy útiles y el 83 % se mostraron satisfechos o muy satisfechos con su contenido. Estas variaciones en la cantidad de formación recibida por los docentes pueden haber afectado a la homogeneidad del tratamiento y deben tenerse en

¹⁸ La única excepción son los resultados del cuadro 9, donde el efecto del programa se expresa en puntos porcentuales (diferencias de probabilidad).

¹⁹ El contenido de esta subsección es un resumen de los datos sobre la implementación del programa, los cuales pueden ser solicitados a los autores.

cuenta al leer los resultados analizados en las subsecciones 6.2. y 6.3. En cuanto a la aplicación del programa en el aula, el 96 % de los docentes declararon haber llevado a cabo las actividades contempladas en el plan escolar. Sin embargo, el número de horas semanales dedicadas al programa varió: 12 % de los docentes declararon haber impartido una hora de clase a la semana con el robot Irûmi, el 33 % dos horas, 16 % tres horas, 23 % cuatro horas y el 11 % más de cinco horas. Aunque el 25 % de las escuelas recibieron los materiales con retraso, y el 35 % empezaron a aplicar el programa más tarde de lo previsto, el promedio de actividades completadas fue de 14,7 (de un total de 18), es decir, el 82 % del contenido previsto. Sin embargo, dicho indicador también mostró variaciones. 58 % de los docentes declaró haber completado todas las actividades, un 21 % más del 75 %, 13 % entre el 50 % y el 75 %, y el 7 % menos del 50 %. Entre los docentes que impartieron clases con material Irûmi, el 77 % afirmaron que no tuvieron dificultades durante las clases. El 21 % restantes informaron de dificultades en el desarrollo de las clases. Los problemas más comunes fueron la baja asistencia de los alumnos, la dificultad para coordinar los horarios y la falta de tiempo para desarrollar las actividades. La proporción de alumnos por robot se acercó a la esperada (tres alumnos por robot), con solo el 18 % de los docentes informando de una proporción superior a 3,5 alumnos por robot. Solo el 14 % de los centros tuvieron dificultades para hacer funcionar los robots.

En cuanto al apoyo, el 41 % de los centros recibieron visitas de tutores de OMAPA durante la implementación del programa en el aula (el 95 % recibió una visita y el 5 % dos visitas). Tal vez el componente de apoyo que presentó más dificultades fue el de los estudiantes ayudantes (de 12 a 14 años): a pesar de que se contrató al número previsto de ayudantes, solo el 67 % participaron en los dos talleres de formación y el 59 % participó en todas las clases apoyando al docente. Una de las principales dificultades fue que no todos los asistentes procedían de las escuelas tratadas (varias de las cuales no tenían alumnos en el tercer ciclo). Esto redujo la probabilidad de que los asistentes fueran transportados a la escuela en la que debían prestar apoyo. Otra dificultad era que en algunos centros no había servicio de comidas, lo que obligaba a los alumnos asistentes a ir a casa a comer, pero algunos no volvían.

Las limitaciones de apoyo podrían explicar por qué solo el 43 % de los docentes afirmaron que el programa era fácil o muy fácil de seguir, aunque este porcentaje aumenta hasta el 64 % cuando se les pregunta específicamente por el uso de los robots (y aumenta aún más, hasta el 71 %, cuando se les pregunta por la interacción de los alumnos con los robots). Aun así, el programa fue percibido muy positivamente tanto por los docentes como por los alumnos: 100 % de los docentes declararon que el programa era útil para enseñarle a los niños y niñas conceptos de programación, y el 99 % afirmó que aumentó la participación de los alumnos en clase. Por su parte, el 98 % de los estudiantes afirmaron que les gustaban las clases con robots, y el 99 % que les gustaría seguir teniendo clases con robots. Por último, los datos sugieren que la

implementación puede haber sido más difícil para los docentes de las zonas rurales y para los hombres.

6.2. Efectos en los resultados de los estudiantes

Habilidades de PC

El cuadro 4 presenta el impacto del Irûmi en las habilidades de pensamiento computacional de los alumnos. El impacto se estimó utilizando la ecuación (a) con la muestra de estudiantes. Los resultados sugieren que el programa tuvo un impacto de 0,089 desviaciones estándar (DE) en el Puntaje PC de los alumnos, lo que resulta alentador si se tiene en cuenta que el programa se diseñó para aplicarse durante un período de solo tres meses (36 horas en total) y que, en promedio, los centros llevaron a cabo 14,7 de las 18 sesiones, es decir, el 82 % del contenido previsto.²⁰ El cuadro 5 muestra el efecto estimado de Irûmi para cada habilidad de PC medida en la prueba. Los resultados sugieren que el impacto se explica por una mejora en las habilidades de abstracción (0,136 DE), pensamiento algorítmico (0,086 DE) y evaluación (0,143 DE). Además, observamos un ligero efecto negativo en la habilidad de depuración (-0,081 DE). Por último, el cuadro 6 presenta los impactos del programa desglosados por las tareas cubiertas por la prueba de PC. Los resultados indican que el efecto del programa se concentra en tres tareas: Rompecabezas 1 (0,075 DE), Pelota movediza (0,050 DE) y Camino a casa 2 (-0,039 DE). El efecto negativo en la tarea Pelota movediza es coherente con el efecto negativo en la habilidad de depuración, ya que esta tarea está diseñada para medir dicha habilidad.

Preferencias y actitudes de género hacia los juguetes de CTIM

El cuadro 7 muestra el efecto heterogéneo (ecuación [b]) de Irûmi sobre las preferencias por los juguetes de CTIM (Índice de Preferencia por Juguetes de CTIM) y sobre las actitudes de género de los estudiantes hacia los juguetes de CTIM (Índice de Flexibilidad de Género), según el sexo de los estudiantes. En cuanto a las preferencias por los juguetes de CTIM, los resultados indican que el programa tuvo un ligero efecto positivo, pero no estadísticamente significativo, en los niños (0,022 DE). Sin embargo, el impacto es positivo y estadísticamente significativo en el caso de las niñas, para quienes Irûmi aumentó el Índice de Preferencia por Juguetes de CTIM en 0,152 DE (0,022 DE + 0,130 DE). Los resultados son similares cuando se considera el impacto del programa en el Índice de Flexibilidad de Género de Juguetes de CTIM. En el caso de los niños, el efecto es de 0,009 DE, pero no es estadísticamente significativo. Entre las

²⁰ Para examinar la robustez de todas las estimaciones del impacto del programa en las competencias de PC, probamos cálculos alternativos de los puntajes: en primer lugar, eliminando las observaciones con un valor omitido para cualquiera de las tareas y, en segundo lugar, imputando 0 a los valores omitidos. Los resultados de las estimaciones, que pueden solicitarse a los autores, muestran la robustez de las estimaciones del impacto del programa en las habilidades de PC.

niñas, el programa Irûmi aumentó la flexibilidad de género en 0,196 DE (0,009 DE + 0,187 DE).

Actitudes hacia la tecnología

El cuadro 8 presenta la estimación del impacto del programa en las actitudes de los alumnos hacia la tecnología. Los resultados indican que el programa ayudó a los alumnos del grupo de tratamiento a desarrollar una actitud más positiva hacia la tecnología, 0,23 DE por encima del grupo de control.

6.3. Efectos en los resultados de los docentes

Uso de las nuevas tecnologías en el aula

El cuadro 9 presenta estimaciones del impacto del programa, basadas en la ecuación (a), sobre la probabilidad de que un docente utilice herramientas tecnológicas en el aula. Los resultados indican que la probabilidad de utilizar un robot fue mayor entre los docentes del grupo de tratamiento que entre los del grupo de control (en 82 puntos porcentuales [pp]). El resultado confirma que los docentes incorporaron los robots como parte de su pedagogía en el aula. También es interesante que la probabilidad de que los docentes utilicen computadoras portátiles²¹ aumentó en 18 puntos porcentuales. El programa Irûmi no incluía su uso, lo que sugiere que la intervención pudo haber tenido un efecto indirecto en el uso de otras herramientas tecnológicas.

Actitudes hacia las nuevas tecnologías en la educación

El cuadro 10 muestra el efecto estimado, basado en la ecuación (a), del programa sobre las actitudes de los docentes hacia las nuevas tecnologías. Los resultados indican que Irûmi tuvo un impacto positivo, de 0,293 DE, en el Índice de Actitudes hacia las Nuevas Tecnologías en la Educación. Dicho resultado sugiere que el programa generó una actitud más positiva hacia la tecnología educativa, lo que, hipotéticamente, podría haber motivado a los docentes no solo a utilizar los robots Irûmi, sino también a incorporar otras tecnologías en el aula.

Habilidades de PC

El cuadro 11 muestra la estimación del impacto del programa, basada en la ecuación (a), en cada una de las cuatro tareas incluidas en la prueba de PC de los docentes. Los resultados indican que el efecto del programa se concentra en las tareas «Camino a casa 1» (0,155 DE) y «Robot atrapado» (0,206 DE), que miden el pensamiento algorítmico (en consonancia con el efecto encontrado en la prueba de PC de los alumnos) y las habilidades de automatización, respectivamente.

²¹ En los últimos años, el MEC ha invertido en varias iniciativas específicas para entregar computadoras portátiles a las escuelas. El MTIC (2021) incluye un ejemplo de estas iniciativas.

7. Discusión

Este artículo presenta los resultados de una evaluación de impacto de Irûmi, un programa educativo que busca desarrollar habilidades de PC entre alumnos de segundo grado de escuelas primarias públicas paraguayas.

Los resultados de la evaluación sugieren que el programa potenció las habilidades de pensamiento computacional de los alumnos participantes, a pesar de su corta duración (36 horas a lo largo de tres meses) y que, en promedio, los docentes aplicaron el 82 % de los contenidos previstos. El efecto fue de 0,09 DE, y se centra en habilidades específicas, como la abstracción, el pensamiento algorítmico y la evaluación (según la clasificación de Bebras). Este efecto se sitúa en el rango medio de la distribución de los efectos de las intervenciones educativas (Kraft, 2020). Los resultados en esta dimensión son coherentes con las principales conclusiones de la literatura empírica: En primer lugar, que el diseño instruccional adecuado a la edad podría contribuir al desarrollo de conceptos y habilidades de PC en la primera infancia, y en segundo lugar, que los dispositivos inteligentes y los juguetes electrónicos (por ejemplo, los robots) pueden apoyar el desarrollo de habilidades de PC en la educación de la primera infancia. El presente estudio contribuye a esta literatura porque se centra en un país en vías de desarrollo, utiliza un diseño experimental con un grupo de control, emplea medidas previas y posteriores al tratamiento, cuenta con una amplia muestra de estudiantes y explora el impacto del programa no solo en los estudiantes, sino también en los docentes.

Los resultados de la evaluación también son relevantes para el debate sobre cómo incorporar el PC en los programas escolares de América Latina. Aunque la región cuenta con iniciativas que buscan introducir conceptos y habilidades de PC en el aula (muchas de las cuales se basan en el uso de robots educativos), integrar formalmente el PC en los currículos escolares es un reto, como lo destaca la literatura (Curasma y Curasma, 2020; Quiroz-Vallejo et al., 2021). En primer lugar, no existe una definición exhaustiva del PC y las competencias asociadas, las cuales van más allá de los conocimientos exclusivamente relacionados con la informática. En segundo lugar, escasean las investigaciones cuantitativas rigurosas sobre el impacto de las intervenciones diseñadas para desarrollar las habilidades de PC en alumnos y docentes, que podrían servir de base para su integración en el currículo escolar. El presente estudio contribuye a cerrar las brechas de conocimientos en ambas dimensiones.

Irûmi no solo influyó en las habilidades de PC de los estudiantes, sino también en otras dimensiones no consideradas en el diseño original. El programa aumentó las preferencias por los juguetes de CTIM (incluidos los robots) y promovió la flexibilidad de género en cuanto a quién puede jugar con estos juguetes, especialmente entre las niñas. Estos resultados sugieren que un programa que desarrolla habilidades de PC

utilizando tecnología educativa, en este caso robots, puede mitigar los prejuicios de género preexistentes. Este hallazgo es consistente con un estudio reciente que muestra que un plan de estudios de robótica apropiado para el desarrollo puede aumentar el interés de las niñas en la ingeniería durante la escolarización primaria temprana (Sullivan y Bers, 2019). Por último, en consonancia con la literatura, encontramos que el programa también ayudó a impulsar las actitudes positivas de los niños y niñas hacia la tecnología, lo que podría tener implicaciones para sus futuras decisiones e inversiones educativas (por ejemplo, estudiar una carrera de CTIM).

Los mecanismos por los que se producen los efectos de Irûmi son varios. En primer lugar, aumentó la probabilidad de que los docentes utilizaran tecnología educativa en el aula, incluidos dispositivos que no estaban contemplados en el programa, como las computadoras portátiles (un efecto indirecto). Este resultado puede explicarse por el hecho de que el programa aumentó las actitudes positivas de los docentes hacia el uso de las tecnologías en el aula. Sin embargo, esta relación entre las actitudes de los docentes y el uso eficaz de las nuevas tecnologías en el aula debería evaluarse en futuros estudios. En segundo lugar, el programa facilitó el desarrollo de las habilidades de PC de los propios docentes, posiblemente debido a la novedad del plan de estudios y la metodología. Esto es relevante desde una perspectiva de política educativa, dado el amplio consenso en que los docentes de PC deben recibir una formación centrada en la pedagogía del PC y el aprendizaje práctico que pueda transferirse fácilmente al aula (Bocconi et al., 2016). Según los comentarios de los docentes participantes en la intervención, la formación puede ser una de las razones del impacto positivo de Irûmi tanto en los docentes como en los alumnos.

A pesar de los efectos positivos de Irûmi en las habilidades de PC de los estudiantes, el programa no tuvo impacto en ciertas habilidades (por ejemplo, descomposición, abstracción y automatización) y un pequeño efecto negativo en la habilidad de depuración. Dos hipótesis podrían explicar este hallazgo: en primer lugar, existen desafíos en el diseño e implementación de instrumentos para medir las habilidades de PC en la primera infancia, debido a la falta de consenso sobre los marcos y definiciones del PC (Su y Yang, 2023; Bocconi et al., 2016). En segundo lugar, existe evidencia de que los niños pueden tener dificultades para desarrollar la comprensión de algunos conceptos avanzados del PC (por ejemplo, iteraciones, condicionales o depuración) a una edad temprana (Bakala et al., 2021; Su y Yang, 2023). Algunos autores sugieren que esto se debe a diferencias en el desarrollo mental entre niños y niñas de distintas edades. Por ejemplo, la memoria de trabajo, que se define como la capacidad de recopilar y utilizar internamente información de forma simultánea durante un breve periodo de tiempo, está menos desarrollada en los niños y niñas muy pequeños. Además, algunos estudios afirman que incluso las intervenciones a edades tempranas no son efectivas para desarrollar dicha capacidad (Bati, 2022).

Futuras investigaciones podrían abordar varias cuestiones que complementan los resultados. En primer lugar, dado el breve periodo de aplicación del programa Irûmi, deben medirse sus efectos a medio y largo plazo en las habilidades de PC y otros resultados no cognitivos, para saber si sus efectos positivos se mantuvieron tras su finalización. En segundo lugar, es importante evaluar el impacto de la intervención en contextos distintos al utilizado en nuestra evaluación. En tercer lugar, podría ser útil estudiar la relación entre las habilidades de PC y el aprendizaje de los alumnos en otras áreas del currículo, como matemáticas, ciencias y lengua, para comprobar posibles complementariedades. Por último, deben estudiarse los mecanismos que subyacen al impacto del programa en las preferencias y actitudes de las niñas hacia los juguetes de CTIM. Los resultados de dicho estudio ayudarán a diseñar intervenciones que reduzcan las desigualdades y los prejuicios de género en la enseñanza del PC.

Referencias

- Angeli, C., J. Voogt, A. Fluck, M. Webb, M. Cox, J. Malyn-Smith y J. Zagami. 2016. «A K-6 Computational Thinking Curriculum Framework: Implications for Teacher Knowledge» [Marco curricular de pensamiento computacional para educación inicial y primaria (K-6): implicancias para la formación docente]. *Educational Technology & Society* 19 (3): 47–57. <https://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.19.3.47>.
- Ardies, J., S. De Maeyer, y D. Gijbels. 2013. «Reconstructing the Pupils Attitude Towards Technology- Survey» [Reconstrucción de la actitud de los alumnos hacia la tecnología - Encuesta]. *Design and Technology Education: An International Journal* 18 (1): 8–19. <https://repository.uantwerpen.be/docman/irua/9d4c3e/c36c1f53.pdf>.
- Atkins, N. E., y E. S. Vasu. 2000. «Measuring Knowledge of Technology Usage and Stages of Concern About Computing: A Study of Middle School Teachers» [Midiendo el conocimiento del uso de la tecnología y los estadios de preocupación por la informática: un estudio de docentes de secundaria]. *Journal of Technology and Teacher Education* 8 (4): 279–302. <https://aace.org/pubs/jtate/>.
- Bakala, E., A. Gerosa, J. P.Hourcade, y G. Tejera. 2021. «Preschool Children, Robots, and Computational Thinking: A Systematic Review» [Niños en edad preescolar, robots y pensamiento computacional: una revisión sistemática]. *International Journal of Child-Computer Interaction* 29: 100337. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2021.100337>.
- Barr, V., y C. Stephenson. 2011. «Bringing Computational Thinking to K-12: What Is Involved and What Is the Role of the Computer Science Education Community?» [Integrar el pensamiento computacional en la educación básica: ¿qué implica y cuál es el rol de la comunidad educativa en informática?]. *ACM Inroads* 2 (1): 48–54. <https://doi.org/10.1145/1929887.1929905>.
- Bati, K. 2022. «A Systematic Literature Review Regarding Computational Thinking and Programming in Early Childhood Education» [Una revisión sistemática de la literatura relativa al pensamiento computacional y la programación en la educación infantil temprana]. *Education and Information Technologies* 27: 2059–82. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10700-2>.
- Bers, M. U., C. González-González y M. B. Armas-Torres. 2019. «Coding as a Playground: Promoting Positive Learning Experiences in Childhood Classrooms» [La codificación como patio de recreo: promover experiencias positivas de aprendizaje en las aulas de niños]. *Computers & Education* 138: 130–45. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.04.013>.

- Bertrand, M., E. Duflo, y S. Mullainathan. 2004. «How Much Should We Trust Differences-in-Differences Estimates?» [¿Hasta qué punto debemos confiar en las estimaciones de diferencias en diferencias?]. *The Quarterly Journal of Economics* 119 (1): 249–75. <http://www.jstor.org/stable/25098683>.
- Bocconi, S., A. Chiocciariello, G. Dettori, A. Ferrari, K. Engelhardt, P. Kampylis e Y. Punie. 2016. *Developing Computational Thinking in Compulsory Education: Implications for Policy and Practice* [Desarrollar el pensamiento computacional en la enseñanza obligatoria: implicancias para la política y la práctica]. JRC Science for Policy Report, Centro Común de Investigación, Comisión Europea. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones de la Unión Europea. <https://doi.org/doi:10.2791/792158>.
- Bruhn, M., y D. McKenzie. 2009. «In Pursuit of Balance: Randomization in Practice in Development Field Experiments» [En busca del equilibrio: la aleatorización en la práctica en los experimentos de campo de desarrollo]. *American Economic Journal: Applied Economics* 1 (4): 200–32. <https://doi.org/10.1257/app.1.4.200>.
- Cherney, I., y K. London. 2006. «Gender-Linked Differences in the Toys, Television Shows, Computer Games, and Outdoor Activities of 5- to 13-Year-Old Children» [Diferencias vinculadas al género en los juguetes, programas de televisión, juegos de computadora y actividades al aire libre de niños y niñas de 5 a 13 años]. *Sex Roles* 54: 717–26. <https://doi.org/10.1007/s11199-006-9037-8>.
- Chiazzese, G., M. Arrigo, A. Chifari, V. Lonati y C. Tosto. 2019. «Educational Robotics in Primary School: Measuring the Development of Computational Thinking Skills with the Bebras Tasks» [Robótica educativa en primaria: medición del desarrollo de las habilidades de pensamiento computacional con las tareas Bebras]. *Informatics* 6 (4): 43. <https://doi.org/10.3390/informatics6040043>.
- Christensen, R., y G. Knezek. 1996. «Constructing the Teachers' Attitudes Toward Computers (TAC) Questionnaire» [Construcción del cuestionario de actitudes de los docentes hacia las computadoras (TAC)]. Servicio de reproducción de documentos ERIC n.º ED398244. <https://eric.ed.gov/?id=ED398244>.
- Critten, V., H. Hagon y D. Messer. 2022. «Can Pre-School Children Learn Programming and Coding Through Guided Play Activities? A Case Study in Computational Thinking» [¿Pueden los niños en edad preescolar aprender programación y codificación mediante actividades lúdicas guiadas? Un caso práctico sobre el pensamiento computacional]. *Early Childhood Education Journal* 50: 969–81. <https://doi.org/10.1007/s10643-021-01236-8>.
- Curasma, R. P., y H. P. Curasma. 2020. «Computational Thinking in School Education in South America: Systematic Review of the Literature» [El pensamiento computacional en la educación primaria y secundaria en Sudamérica:

- revisión sistemática de la literatura]. *Actas de la XXVII Conferencia Internacional IEEE sobre Electrónica, Ingeniería Eléctrica y Computación (INTERCON) 2020*: 1–4. Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos. <https://doi.org/10.1109/INTERCON50315.2020.9220200>.
- Duflo, E., R. Glennerster, y M. Kremer. 2007. «Using Randomization in Development Economics Research: A Toolkit» [Uso de la aleatorización en la investigación sobre economía del desarrollo: una caja de herramientas]. En *Handbook of Development Economics Vol. 4*, editado por T. Paul Schultz y John A. Strauss, 3895-962. [https://doi.org/10.1016/S1573-4471\(07\)04061-2](https://doi.org/10.1016/S1573-4471(07)04061-2).
- Flannery, L. P., y M. U. Bers. 2013. «Let's Dance the 'Robot Hokey-Pokey!': Children's Programming Approaches and Achievement Throughout Early Cognitive Development» [Bailemos el «Robot Hokey-Pokey»: enfoques de programación infantil y logros a lo largo del desarrollo cognitivo temprano]. *Journal of Research on Technology in Education* 46 (1): 81–101. <https://doi.org/10.1080/15391523.2013.10782614>.
- García, J. L., J. J. Heckman, D. Ermini Leaf y M. J. Prados. 2020. «Quantifying the Life-Cycle Benefits of an Influential Early Childhood Program» [Cuantificación de los beneficios a lo largo de la vida de un programa influyente de primera infancia]. *Journal of Political Economy* 128 (7): 2502–41. <https://www.journals.uchicago.edu/doi/10.1086/705718>.
- Gertler, P., S. Martínez, P. Premand, L. B. Rawlings y C. Vermeersch. 2016. *Impact Evaluation in Practice [La evaluación de impacto en la práctica]*. Segunda edición. Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo y Banco Mundial. <http://hdl.handle.net/10986/25030>.
- Gomoll, A., C. E. Hmelo-Silver, S. Šabanović, y M. Francisco. 2016. «Dragons, Ladybugs, and Softballs: Girls' STEM Engagement with Human-Centered Robotics» [Dragones, mariquitas y pelotas de sóftbol: participación de niñas en CTIM a través de la robótica centrada en el ser humano]. *Journal of Science Education and Technology* 25: 899–914. <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9647-z>.
- Grover, S., y R. Pea. 2013. «Computational Thinking in K–12: A Review of the State of the Field» [El pensamiento computacional en la educación básica: una revisión del estado del campo] *Educational Researcher* 42 (1): 38–43. <https://doi.org/10.3102/0013189X12463051>.
- Imbens, G. W., y J. M. Wooldridge. 2009. «Recent Developments in the Econometrics of Program Evaluation» [Avances recientes en la econometría de la evaluación de programas]. *Journal of Economic Literature* 47 (1): 5–86. <https://doi.org/10.1257/jel.47.1.5>.

- Kraft, M. A. 2020. «Interpreting Effect Sizes of Education Interventions» [Interpretación de los tamaños del efecto de las intervenciones educativas]. *Educational Researcher* 49 (4): 241–53. <https://doi.org/10.3102/0013189X20912798>.
- Lee, I., F. Martin, J. Denner, B. Coulter, W. Allan, J. Erickson, J. Malyn-Smith y L. Werner. 2011. «Computational Thinking for Youth in Practice» [Pensamiento computacional para jóvenes en la práctica]. *ACM Inroads* 2 (1): 32–37. <https://doi.org/10.1145/1929887.1929902>.
- Lockwood, J., y A. Mooney. 2018. «Developing Computational Thinking Test Using Bebras Problems» [Desarrollo de pruebas de pensamiento computacional mediante problemas de Bebras]. Ponencia presentada en TACKLE: El 1.º Taller de Sistemas de Evaluaciones para el Aprendizaje del Pensamiento Computacional en EC-TEL 2018, Leeds, Reino Unido. https://ceur-ws.org/Vol-2190/TACKLE_2018_paper_1.pdf.
- Master, A., S. Cheryan, A. Moscatelli y A. Meltzoff. 2017. «Programming Experience Promotes Higher STEM Motivation Among First-Grade Girls» [La experiencia en programación promueve una mayor motivación ante las CTIM entre las niñas de primer grado]. *Journal of Experimental Child Psychology* 160: 92–106. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2017.03.013>.
- Mateo-Berganza, M., y M. L. Iribarren. 2016. «¿Cuáles son las ventajas de la jornada escolar extendida?» Entrada del blog Enfoque Educación, 1 de marzo de 2016. Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo. <https://blogs.iadb.org/educacion/es/paraguay-jornada-escolar-extendida/>.
- Mikusa, M. E. 2015. «The Effect of Technology Self-Efficacy and Personal Engagement on Students' and Teachers' Attitudes Toward Technology Use in Education» [El efecto de la autoeficacia tecnológica y el compromiso personal en las actitudes de estudiantes y docentes hacia el uso de la tecnología en la educación]. Tesis doctoral, Appalachian State University, Boone, NC. <https://libres.uncg.edu/ir/asu/listing.aspx?id=18800>.
- MTIC (Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicación). 2021. «MEC entregó más de 650 notebooks a instituciones educativas de Central». Agencia de Información Paraguaya, 21 de diciembre de 2021. <https://www.ip.gov.py/ip/mec-entrego-mas-de-650-notebooks-a-instituciones-educativas-de-central/>.
- Quiroz-Vallejo, D. A., J. A. Carmona-Mesa, A. Castrillón-Yepes, y J. A. Villa-Ochoa. 2021. «Integración del Pensamiento Computacional en la educación primaria y secundaria en Latinoamérica: una revisión sistemática de literatura». *Revista de Educación a Distancia (RED)* 21 (68). <https://doi.org/10.6018/red.485321>.

- Román-González, M., J-C. Pérez-González, y C. Jiménez-Fernández. 2017. «Which Cognitive Abilities Underlie Computational Thinking? Criterion Validity of the Computational Thinking Test» [¿Qué capacidades cognitivas subyacen al pensamiento computacional? Validez del criterio de la prueba de pensamiento computacional]. *Computers in Human Behavior* 72: 678–91. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.08.047>.
- Ruble, D. N., y C. L. Martin. 1998. «Gender Development» [Desarrollo de género]. En *Handbook of Child Psychology: Social, Emotional, and Personality Development*, 5ª edición, editado por W. Damon y N. Eisenberg, 933-1016. John Wiley & Sons, Inc. <https://psycnet.apa.org/record/2005-03132-014>.
- Sadler, P., G. Sonnert, H. P. Coyle, N. Cook-Smith, J. L. Miller-Friedmann, y Harvard-Smithsonian Center. 2013. «The Influence of Teachers' Knowledge on Student Learning in Middle School Physical Science Classrooms» [La influencia de los conocimientos de los docentes en el aprendizaje de los alumnos en las aulas de Ciencias Físicas de secundaria]. *American Educational Research Journal (AERJ)* 50 (5): 1020–49. <https://doi.org/10.3102/0002831213477680>.
- Selby, C. C., y J. Woollard. 2013. «Computational Thinking: The Developing Definition» [Pensamiento computacional: la definición en desarrollo]. Universidad de Southampton, Highfield Southampton, Reino Unido. <https://eprints.soton.ac.uk/356481/>.
- Seo, S. 2022. «When Female (Male) Robot Is Talking to Me: Effect of Service Robots' Gender and Anthropomorphism on Customer Satisfaction» [Cuando me habla un robot femenino (masculino): efecto del género y el antropomorfismo de los robots de servicio en la satisfacción del cliente]. *International Journal of Hospitality Management* 102: 103166. <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2022.103166>.
- SK Telecom. S.f. *Smart Robot Albert Guidebook* [Guía del robot inteligente Albert]. <https://www.manualslib.com/manual/1293878/Sk-Telecom-Smart-Robot-Albert.html>.
- Spinner, L., L. Cameron y R. Calogero. 2018. «Peer Toy Play as a Gateway to Children's Gender Flexibility: The Effect of (Counter) Stereotypic Portrayals of Peers in Children's Magazines» [El juego con juguetes entre pares como vía hacia la flexibilidad de género en la infancia: el efecto de representaciones (contra)estereotípicas de pares en revistas infantiles]. *Sex Roles* 79 (5): 314–28. <https://doi.org/10.1007/s11199-017-0883-3>.

- Su, J., y W. Yang. 2023. «A Systematic Review of Integrating Computational Thinking in Early Childhood Education» [Una revisión sistemática de la integración del pensamiento computacional en la educación infantil]. *Computers and Education Open* 4: 100122. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2023.100122>.
- Sullivan, A., y M. U. Bers. 2016. «Robotics in the Early Childhood Classroom: Learning Outcomes from an 8-Week Robotics Curriculum in Pre-Kindergarten Through Second Grade» [La robótica en el aula de educación inicial: resultados de aprendizaje de un currículo de robótica de ocho semanas desde preescolar hasta segundo grado]. *International Journal of Technology and Design Education* 26: 3–20. <https://doi.org/10.1007/s10798-015-9304-5>.
- Sullivan, A., y M. U. Bers. 2019. «Investigating the Use of Robotics to Increase Girls' Interest in Engineering During Early Elementary School» [Investigando el uso de la robótica para aumentar el interés de las niñas por la ingeniería durante los primeros años de primaria]. *International Journal of Technology and Design Education* 29: 1033–51. <https://doi.org/10.1007/s10798-018-9483-y>.
- Svenningsson, J., G. Höst, M. Hultén y J. Hallström. 2022. «Students' Attitudes Toward Technology: Exploring the Relationship Among Affective, Cognitive and Behavioral Components of the Attitude Construct» [Actitudes del estudiantado hacia la tecnología: exploración de la relación entre los componentes afectivo, cognitivo y conductual del constructo actitudinal]. *International Journal of Technology and Design Education* 32: 1531–51. <https://doi.org/10.1007/s10798-021-09657-7>.
- Tang, X., Y. Yin, Q. Lin, R. Hadad y X. Zhai. 2020. «Assessing Computational Thinking: A Systematic Review of Empirical Studies» [Evaluar el pensamiento computacional: una revisión sistemática de estudios empíricos]. *Computers & Education* 148: 103798. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103798>.
- Voogt, J., P. Fisser, J. Good, P. Mishra y A. Yadav. 2015. «Computational Thinking in Compulsory Education: Towards an Agenda for Research and Practice» [El pensamiento computacional en la enseñanza obligatoria: hacia una agenda para la investigación y la práctica]. *Education and Information Technologies* 20: 715–28. <https://doi.org/10.1007/s10639-015-9412-6>.
- Weisgram, E., M. Fulcher, y L. Dinella. 2014. «Pink Gives Girls Permission: Exploring the Roles of Explicit Gender Labels and Gender-Typed Colors on Preschool Children's Toy Preferences» [El rosa les da permiso a las niñas: exploración del papel de las etiquetas de género explícitas y los colores tipificados por género en las preferencias de juguetes de niños y niñas en edad preescolar]. *Journal of Applied Developmental Psychology* 35 (5): 401–09. <https://doi.org/10.1016/j.appdev.2014.06.004>.

- Wing, J. M. 2006. «Computational Thinking» [Pensamiento computacional]. *Comunicaciones de la ACM* 49 (3): 33–35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>.
- Wing, J. M. 2008. «Computational Thinking and Thinking About Computing» [Pensamiento computacional y pensamiento sobre computación]. *Philosophical Transactions of the Royal Society A* 366 (1881): 3717–25. <https://doi.org/10.1098/rsta.2008.0118>.
- Wing, J. M. 2011. «Research Notebook: Computational Thinking—What and Why?» [Cuaderno de investigación: pensamiento computacional: ¿qué y por qué?]. *The Link*, primavera de 2011, Universidad Carnegie Mellon, Pittsburgh. <https://www.cs.cmu.edu/link/research-notebook-computational-thinking-what-and-why>.
- Yang, W., D. Tsz Kit Ng, y H. Gao. 2022. «Robot Programming Versus Block Play in Early Childhood Education: Effects on Computational Thinking, Sequencing Ability, and Self-Regulation» [Programación con robots versus juego con bloques en la educación infantil: efectos sobre el pensamiento computacional, la capacidad de secuenciación y la autorregulación]. *British Journal of Educational Technology* 53 (6): 1817–41. <https://doi.org/10.1111/bjet.13215>.

Cuadros

Cuadro 1. Resultados de los alumnos y docentes de segundo grado potencialmente afectados por el programa Irûmi

Nivel	Resultado
Estudiantes	Habilidades de pensamiento computacional (PC)
	Preferencias y actitudes de género hacia los juguetes de CTIM
	Actitudes hacia la tecnología
Docentes	Uso de las nuevas tecnologías en el aula
	Actitudes hacia las nuevas tecnologías en la educación
	Habilidades de PC

Cuadro 2. Habilidades de pensamiento computacional (PC) y tareas relacionadas en la prueba de PC de los alumnos

Tareas	Habilidades de PC						
	Descomposición	Abstracción	Pensamiento algorítmico	Automatización	Depuración	Generalización	Evaluación
Casa de los pájaros	x	x	x				
Rompecabezas 1 (4 piezas)		x					x
Rompecabezas 2 (5 piezas)		x					x
Pote de miel			x				x
Pelota movediza			x				
Robot atrapado			x				
Camino a casa 1				x			
Ordena el estante	x		x				x
Camino a casa 2					x		
Animales de madera		x	x			x	
Arregla la pulsera							x

Cuadro 3. Características de la muestra y balance

Variable	Control	Tratamiento	Todos	Valor p	N
<i>Características de la escuela</i>					
Estatus de infraestructura: pobre	0.087	0.106	0.097	0.619	207
Estatus de infraestructura: regular	0.223	0.24	0.232	0.722	207
Estatus de infraestructura: buena	0.689	0.654	0.671	0.518	207
Suficientes aulas	0.951	0.952	0.952	0.993	207
Número de aulas	6.816	6.683	6.749	0.617	207
Índice global del centro	7.748	7.448	7.597	0.294	207
<i>Estudiantes de segundo grado</i>					
Edad (años)	7.342	7.358	7.35	0.450	2,040
Sexo: Mujer	0.516	0.508	0.512	0.625	2,040
Puntaje PC	0.000	-0.011	-0.006	0.822	2,040
Índice de Preferencias por Juguetes de CTIM	0.000	-0.033	-0.017	0.418	2,040
Índice de Flexibilidad de Género de juguetes de CTIM	0.000	0.035	0.018	0.497	1,964
Índice de Actitudes hacia la Tecnología	0.000	-0.009	-0.004	0.806	2,040
<i>Docente</i>					
Sexo: Mujer	0.867	0.756	0.811	0.039**	180
Edad	43.412	42.716	43.064	0.422	180
Educación: primaria incompleta	0.000	0.011	0.006	0.314	180
Educación: primaria completa	0.122	0.144	0.133	0.713	180
Educación: secundaria completa	0.022	0.011	0.017	0.662	180
Educación: diploma, técnico o profesor	0.444	0.467	0.456	0.777	180
Educación: terciaria incompleta	0.067	0.078	0.072	0.729	180
Educación: terciaria completa	0.289	0.267	0.278	0.723	180
Educación: Doctorado o Magister	0.056	0.022	0.039	0.238	180
Capacitación: recibió capacitación para enseñar ciencias	0.674	0.534	0.605	0.060*	177
Capacitación: recibió capacitación para enseñar programación	0.411	0.411	0.411	0.965	180
Capacitación: recibió capacitación para enseñar matemáticas	0.722	0.700	0.711	0.713	180
Empleo: tiempo completo	0.956	0.989	0.972	0.194	180
Empleo: tiempo parcial	0.044	0.011	0.028	0.194	180
Lengua de instrucción: solo castellano	0.056	0.044	0.050	0.733	180
Lengua de instrucción: solo guaraní	0.011	0.011	0.011	0.933	180
Lengua de instrucción: principalmente castellano	0.211	0.278	0.244	0.287	180
Lengua de instrucción: ambas por igual	0.656	0.600	0.628	0.426	180
Lengua de instrucción: Jopará	0.067	0.067	0.067	0.980	180
Índice de Actitudes hacia las Nuevas Tecnologías en la Educación	0.000	-0.183	-0.092	0.240	180
Puntaje PC	0.000	0.181	0.091	0.232	180

Notas: Las columnas 1-3 presentan el promedio de las observaciones de la muestra. La columna 4 presenta el valor p de la prueba de dos colas sobre la hipótesis de que los promedios de los grupos de tratamiento y control son iguales. La columna 5 muestra el número de observaciones. Los errores estándar se han agrupado a nivel de centro educativo. Todas las regresiones incluyen efectos fijos para los estratos utilizados en la aleatorización. ***, ** y * indican el nivel de significación estadística al 1 %, 5 % y 10 %, respectivamente.

Cuadro 4. Impacto estimado del programa Irûmi en el Puntaje PC de los estudiantes (en desviaciones estándar DE)

Variable	Puntaje PC
	Coeficiente/(EE)
Tratamiento (T)	0.089* (0.052)
Puntaje PC (línea de base)	0.328*** (0.025)
Observaciones (N)	1,871

Notas: El coeficiente se obtuvo a partir de una regresión que controla el Puntaje PC obtenido en la línea de base, las características de los alumnos (edad, sexo) y las características de los centros (número de aulas, estado de la infraestructura y un índice global de la escuela). La unidad de observación es el alumno. Todas las regresiones incluyen efectos fijos para los estratos utilizados en la aleatorización y los errores estándar (EE) (entre paréntesis) son robustos y se han agrupado a nivel de centro educativo. ***, ** y * indican el nivel de significación estadística al 1 %, 5 % y 10 %, respectivamente.

Cuadro 5. Impacto estimado del programa Irûmi en las distintas habilidades de PC de los estudiantes (en desviaciones estándar DE)

Variable	Habilidades de PC						
	Descomposición	Abstracción	Pensamiento Algorítmico	Automatización	Depuración	Generalización	Evaluación
Tratamiento (T)	0.074 (0.047)	0.136*** (0.050)	0.086* (0.049)	-0.060 (0.048)	-0.081* (0.048)	-0.009 (0.046)	0.143*** (0.049)
Observaciones (N)	1,871	1,871	1,871	1,871	1,840	1,871	1,871

Notas: Esta tabla muestra el impacto del programa Irûmi en cada una de las habilidades de PC. Las variables de control incluyen la misma habilidad medida en la línea de base, las características de los alumnos (edad, sexo) y las de los centros escolares (número de aulas, estado de la infraestructura e índice escolar global). La unidad de observación es el alumno. Todas las regresiones incluyen efectos fijos para los estratos utilizados en la aleatorización y los errores estándar (entre paréntesis) son robustos y se han agrupado a nivel de centro educativo. ***, ** y * indican el nivel de significación estadística al 1 %, 5 % y 10 %, respectivamente.

Cuadro 6. Impacto estimado del programa Irûmi en diferentes tareas cubiertas por la prueba de PC de los alumnos (en desviaciones estándar, DE)

Tarea de la prueba de PC	Coeficiente/(EE)	Observaciones (N)
Casa de los pájaros	0.030 (0.019)	1,871
Rompecabezas 1	0.075*** (0.021)	1,870
Rompecabezas 2	0.036 (0.025)	1,871
Pote de miel	0.014 (0.019)	1,863
Pelota movediza	0.050** (0.021)	1,871
Robot atrapado	-0.001 (0.017)	1,871
Camino a casa 1	-0.028 (0.023)	1,871
Ordena el estante	0.019 (0.022)	1,871
Camino a casa 2	-0.039* (0.023)	1,840
Animales de madera	-0.004 (0.022)	1,871
Arregla la pulsera	0.020 (0.023)	1,862

Notas: Esta tabla muestra el impacto del programa Irûmi en cada una de las tareas incluidas en la prueba de PC de los alumnos. Las variables de control incluyen la misma tarea medida en la línea de base, las características de los alumnos (edad, sexo) y las características de los centros educativos (número de aulas, estado de la infraestructura y un índice escolar global). La unidad de observación es el alumno. Todas las regresiones incluyen efectos fijos para los estratos utilizados en la aleatorización y los errores estándar (EE) (entre paréntesis) son robustos y se han agrupado a nivel de centro educativo. ***, ** y * indican el nivel de significación estadística al 1 %, 5 % y 10 %, respectivamente.

Cuadro 7. Impacto estimado del programa Irûmi en las preferencias y actitudes de los estudiantes hacia los juguetes de CTIM por sexo de los estudiantes (en desviaciones estándar, DE)

Variable	Índice de Preferencias por Juguetes de CTIM	Índice de Flexibilidad de Género de Juguetes de CTIM
	Coeficiente/(EE)	Coeficiente/(EE)
Tratamiento (T)	0.022 (0.063)	0.009 (0.071)
Sexo (mujer=1)	-0.080 (0.056)	0.014 (0.065)
Tratamiento (T) x Sexo (mujer=1)	0.130* (0.077)	0.187* (0.096)
Observaciones (N)	1,871	1,871

Notas: Esta tabla informa el efecto heterogéneo del programa sobre las preferencias y la flexibilidad de género relacionadas con los juguetes de CTIM según el sexo del estudiante. La regresión controla por el mismo índice medido en la línea de base, las características de los alumnos (edad, sexo) y las características de los centros educativos (número de aulas, estado de la infraestructura e índice escolar global). La unidad de observación es el alumno. Todas las regresiones incluyen efectos fijos para los estratos utilizados en la aleatorización y los errores estándar (EE) (entre paréntesis) son robustos y se han agrupado a nivel de centro educativo. ***, ** y * indican el nivel de significación estadística al 1 %, 5 % y 10 %, respectivamente.

Cuadro 8. Impacto estimado del programa Irûmi en las actitudes de los alumnos hacia la tecnología (en desviaciones estándar, DE)

Variable	Índice de Actitudes hacia la Tecnología
	Coeficiente/(EE)
Tratamiento (T)	0.228*** (0.047)
Índice de Actitudes hacia la Tecnología (línea de base)	0.222*** (0.025)
Observaciones (N)	1,871

Notas: Esta tabla muestra el impacto del programa Irûmi en el Índice de Actitudes hacia la Tecnología. La regresión controla por el índice obtenido en la línea de base, las características de los alumnos (edad, sexo) y de los centros educativos (número de aulas, estado de la infraestructura e índice escolar global). La unidad de observación es el alumno. La regresión incluye efectos fijos para los estratos utilizados en la aleatorización y los errores estándar (EE) (entre paréntesis) son robustos y se han agrupado a nivel de centro educativo. ***, ** y * indican el nivel de significación estadística al 1 %, 5 % y 10 %, respectivamente.

Cuadro 9. Impacto estimado del programa Irûmi en la probabilidad de que los docentes utilicen las nuevas tecnologías en el aula (en puntos porcentuales)

Variable	Herramientas tecnológicas							
	Computadoras	Notebooks	Tabletas	Radio	Herramientas informáticas	Espacios de gestión de archivos digitales	Software educativo	Robot
Tratamiento (T)	0.076 (0.081)	0.179** (0.074)	0.048 (0.044)	-0.028 (0.083)	-0.015 (0.074)	0.007 (0.083)	0.082 (0.082)	0.816*** (0.046)
Observaciones (N)	160	160	160	160	160	160	160	160

Notas: Esta tabla informa del impacto del programa Irûmi en la probabilidad de que los docentes utilicen herramientas tecnológicas en su labor. Para cada herramienta, la variable dependiente corresponde a una variable dicotómica que toma el valor 1 si el docente informa de que utiliza la herramienta en el trabajo y 0 en caso contrario. Las herramientas informáticas se refieren a: Microsoft Word, Excel, PowerPoint y Google Docs. Los espacios de gestión de archivos digitales hacen referencia a: Dropbox, Google Drive y OneDrive. Las variables de control incluyen características de los docentes (edad, sexo) y de los centros educativos (número de aulas, estado de la infraestructura e índice escolar global). La unidad de observación es el docente. Todas las regresiones incluyen efectos fijos para los estratos utilizados en la aleatorización y los errores estándar (EE) (entre paréntesis) son robustos y se han agrupado a nivel de centro educativo. ***, ** y * indican el nivel de significación estadística al 1 %, 5 % y 10 %, respectivamente.

Cuadro 10. Impacto estimado del programa Irûmi en las actitudes de los docentes hacia las nuevas tecnologías en la educación (en desviaciones estándar, DE)

Variable	Índice de Actitudes hacia las Nuevas Tecnologías en la Educación
	Coficiente/(EE)
Tratamiento (T)	0.293* (0.156)
Índice de Actitudes hacia las Nuevas Tecnologías en la Educación (línea de base)	0.416*** (0.074)
Observaciones (N)	160

Notas: Esta tabla muestra el impacto del programa Irûmi en el Índice de Actitudes hacia las Nuevas Tecnologías en la Educación. Las variables de control incluyen: la variable de resultado medida en la línea de base, las características de los docentes (edad, sexo) y las características de los centros educativos (número de aulas, estado de la infraestructura y un índice escolar global). La unidad de observación es el docente. Todas las regresiones incluyen efectos fijos para los estratos utilizados en la aleatorización y los errores estándar (EE) (entre paréntesis) son robustos y se han agrupado a nivel de centro educativo. ***, ** y * indican el nivel de significación estadística al 1 %, 5 % y 10 %, respectivamente.

Cuadro 11. Impacto estimado del programa Irûmi en las diferentes tareas cubiertas por la prueba de PC de los docentes (en desviaciones estándar, DE)

Tarea	Coficiente/(EE)	Observaciones (N)
Camino a casa 1	0.155* (0.081)	160
Robot atrapado	0.206** (0.077)	160
Camino a casa 2	0.028 (0.074)	160
Caja mágica	-0.104 (0.078)	160

Notas: Esta tabla muestra el impacto del programa Irûmi en el puntaje de cada una de las tareas de la prueba de PC de los docentes. Los controles incluyen el puntaje en la línea de base, las características del docente (edad, sexo) y las características del centro educativo (número de aulas, estado de la infraestructura e índice escolar global). La unidad de observación es el docente. Todas las regresiones incluyen efectos fijos para los estratos utilizados en la aleatorización y los errores estándar (EE) (entre paréntesis) son robustos y se han agrupado a nivel de centro educativo. ***, ** y * indican el nivel de significación estadística al 1 %, 5 % y 10 %, respectivamente.

Anexo

Cuadro A1. Plan de estudios del programa Irûmi

Actividades					Taller para docentes	Taller de asistentes	Clases en el aula
Categoría	No .	Actividad	Principio Organizacional	Horas	No.	No.	Semana
Actividades desconectadas	1	¡Muévete!	Secuencia	1	Lanzamiento del proyecto y Taller 1	Taller 1	Semana 1
		Seamos un robot					
	2	¡Muévete!	Secuencia	1			
		Captura de muñecas					
	3	¡Muévete!	Secuencia/Repetición	1			
		Juego de conquista de tierras					
	4	¡Muévete!	Secuencia/Repetición	1			
		Juego de construcción de cajas					
Actividades de familiarización	5	¡Saluda a tu amigo robot!	Función básica	2	Taller 2	Taller 1	Semana 2
	6	¡Saluda a tu amigo robot!	Secuencia	2			Semana 3
	7	Jugando a comer caramelos	Secuencia	2			
	8	¿Quién es bueno en esto?	Secuencia/Repetición	2			
	9	¡Dibuja!	Secuencia	2			Semana 4
Refuerzo y nuevos temas	10	Ta-Te-Ti	Secuencia/Repetición	3	Taller 3	Taller 1	Semana 5
	11	¡Sí o no! Juego de escalera	Secuencia/Repetición /Condición	3			
	12	¡Vamos a bailar!	Secuencia/Repetición /Sonido	2			

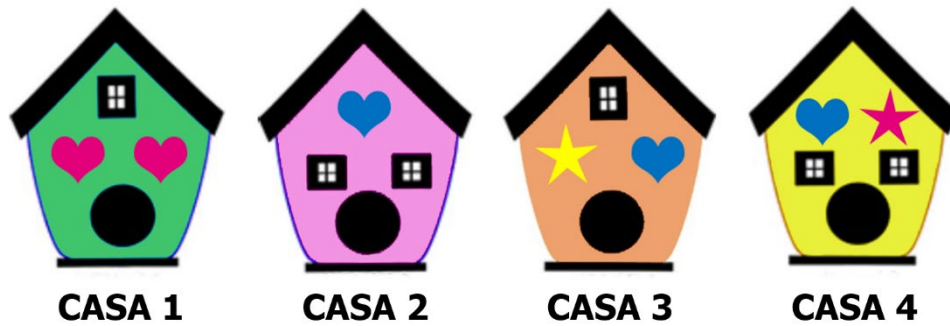
	13	Juego de contraseñas	Secuencia/Repetición /Sonido/ diodo emisor de luz (LED)	2		Taller 2	Semana 6
	14	¡Corre, Irûmi!	Secuencia/Repetición /Sonido/LED	3			Semana 7
	15	Paseo por la ciudad	Algoritmo de resolución de problemas	3	Taller 4		Semana 8
	16	Viajando por América del Sur	Algoritmo de resolución de problemas	3			Semana 9
	17	Viaje por el espacio	Algoritmo de resolución de problemas	3			Semana 10
	18	Viaje al océano	Algoritmo de resolución de problemas	3			Semana 11

Tareas de la prueba de pensamiento computacional (PC) de los alumnos

Tarea 1: Casa de los pájaros

«Mira, en este juego tienes que ayudar a Julia. Quiere comprar una casa para pájaros para el cumpleaños de su hija». Su hija le dijo: «Para mi cumpleaños me gustaría una casa para pájaros con una ventana, un corazón y una estrella».

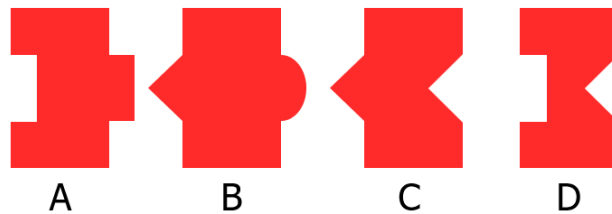
«¿Qué casa para pájaros debería comprar Julia?»



Respuesta correcta: Casa 3

Tarea 2: Rompecabezas 1 (cuatro piezas)

«Mira, esto es un rompecabezas que tiene cuatro piezas [SEÑALA LAS PIEZAS] que están separadas y hay que encastrarlas o juntarlas. ¿En qué orden van las piezas para armar el rompecabezas?» [COLOCA LAS PIEZAS SOBRE LA MESA EN EL ORDEN INDICADO A CONTINUACIÓN].



Respuesta correcta: A D C B

Tarea 3: Rompecabezas 2 (cinco piezas)

«Mira, aquí tenemos cinco piezas [SEÑALA LAS PIEZAS] de un rompecabezas. Para armarlo, debes seleccionar solo cuatro piezas [SEÑALA CUATRO DEDOS CON LA MANO] que ahora están separadas, pero debes encastrarlas o unir las. ¿En qué orden van las cuatro piezas para armar el rompecabezas?» [COLOCA LAS PIEZAS



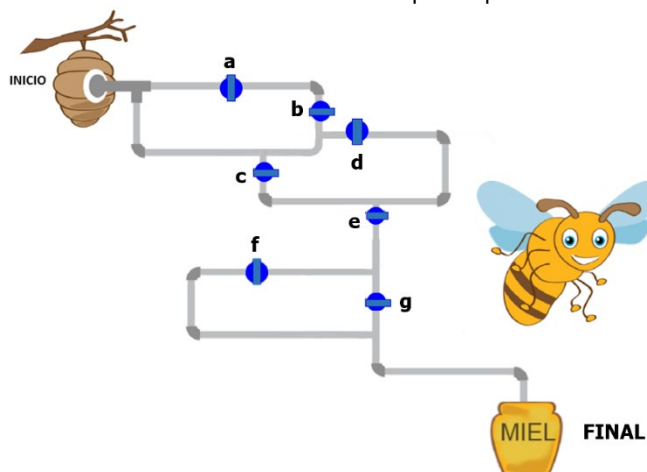
SOBRE LA MESA EN EL ORDEN INDICADO A CONTINUACIÓN].

Respuesta correcta: B C A E

Tarea 4: Pote de miel

«Mira, esta es la abeja Antonia y su panal con miel [SEÑALANDO EL PANAL DE MIEL Y SEÑALANDO EL POTE DE MIEL]. En este juego, Antonia quiere que la miel vaya del panal al pote de miel a través de los caños [SEÑALANDO LOS CAÑOS]».

«Marca los grifos [SEÑALA LOS GRIFOS] que Antonia tiene que abrir para que la miel llegue al tarro de la forma más corta o rápida posible».



Respuesta correcta: c e g

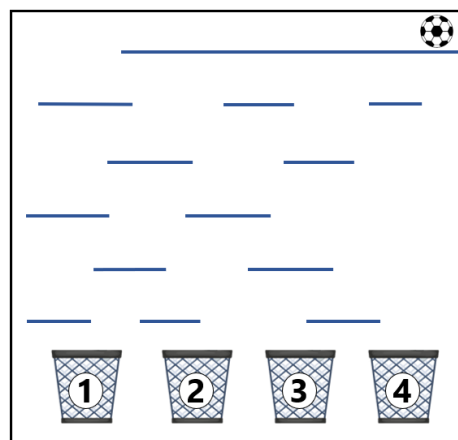
Tarea 5: Pelota movediza

«Mira, en este laberinto la pelota [SEÑALA LA PELOTA] cae por los pisos [SEÑALA LOS PISOS] y la condición es que cada vez que caiga a un nuevo piso cambia de dirección. Es decir, si la pelota primero empieza a ir hacia la derecha y cae a un nuevo piso, luego cambiará de dirección e irá hacia la izquierda».

«Recuerda, cada vez que la pelota cae a un nuevo piso cambia de dirección [SEÑALA EL CAMBIO DE DIRECCIÓN EN EL EJEMPLO MIENTRAS NARRAS EL TEXTO] [DESARROLLA EL EJEMPLO]».



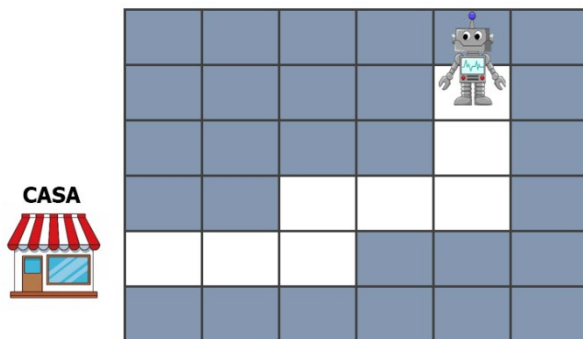
«En este nuevo laberinto, ¿a qué canasta llegará la pelota?»



Respuesta correcta: Canasta 1

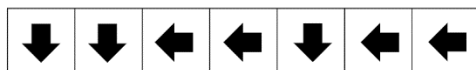
Tarea 6: Robot atrapado

«Mira, en este juego debes ayudar al robot [SEÑALA AL ROBOT] a llegar a su casa [SEÑALA LA CASA] siguiendo el camino de cuadrados blancos [SEÑALA LOS CUADRADOS BLANCOS]. Puedes utilizar estas indicaciones tantas veces como necesites [SEÑALA LAS CARTAS CON FLECHAS Y DESPUÉS DI LO SIGUIENTE]. Esta flecha significa que el robot va hacia la derecha [SEÑALAR FLECHA 1]. Esta flecha significa que el robot está bajando [SEÑALAR FLECHA 2]. Esta flecha significa que el robot va hacia la izquierda [SEÑALAR FLECHA 3]. Esta flecha significa que el robot está subiendo [SEÑALA A LA FLECHA 4]».



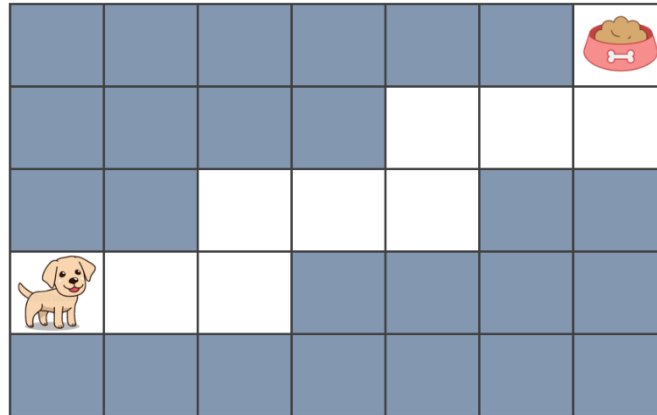
«Ahora te toca a ti. Usando las tarjetas de flechas [ENTREGA AL NIÑO LAS TARJETAS DE FLECHAS], dime qué juego de flechas ayuda al robot a encontrar su casa».

Respuesta correcta:

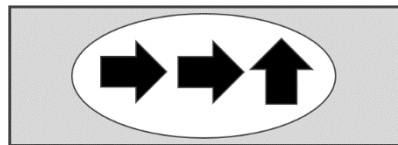


Tarea 7: Camino a casa 1

«Mira, en este juego tienes que ayudar al perro a encontrar su plato de comida [SEÑALA AL PERRO Y AL PLATO DE COMIDA] siguiendo el camino de cuadrados blancos [SEÑALA EL CAMINO DE CUADRADOS BLANCOS]. Esta carta [MOSTRAR LA CARTA 1] indica una secuencia de pasos que se repetirán a través del camino de cuadrados blancos».



«¿Cuántas veces tienes que repetir esta tarjeta [MOSTRAR TARJETA 1] para que el perro encuentre su plato de comida?»



Respuesta correcta: Tres veces

Tarea 8: Ordena el estante

«Mira, en este juego debes ayudar a Beatriz. Quiere organizar su estantería, pero tiene dos reglas para organizarla:

1. La primera regla es que los libros [SEÑALA LOS LIBROS] no deben estar uno al lado del otro y
2. La segunda regla es que la pelota [SEÑALA LA PELOTA] no debe estar junto al autito de juguete.

¿Cuál de las siguientes estanterías ha seguido las reglas de Beatriz?

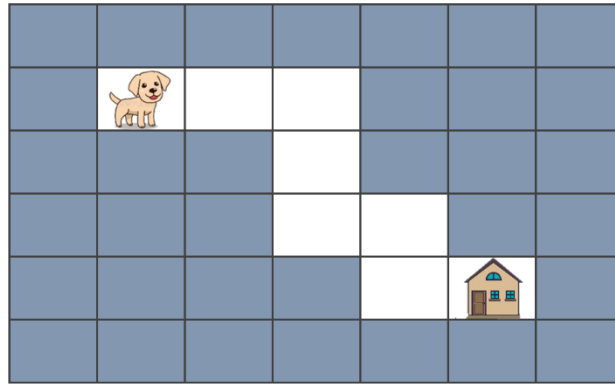
Acuérdate: Los libros no deben estar uno al lado del otro y la pelota no debe estar al lado de un libro».



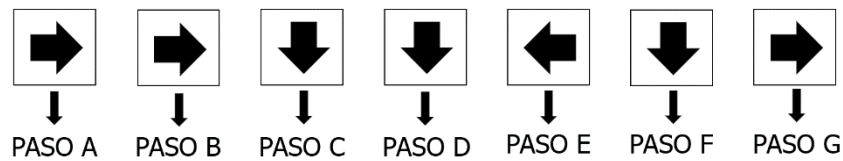
Respuesta correcta: C

Tarea 9: Camino a casa 2

«Mira, en este juego, para que el perro llegue a la casa [SEÑALA AL PERRO Y A LA CASA], debe seguir el camino de los cuadrados blancos [SEÑALA EL CAMINO DE LOS CUADRADOS BLANCOS]».



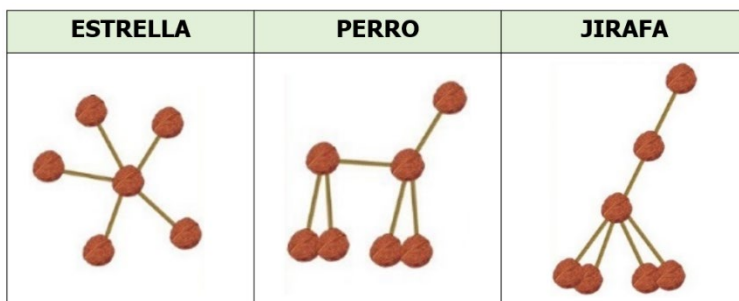
«Pero está perdido, porque uno de los pasos que tiene que seguir es incorrecto [SEÑALA LOS PASOS] y ahora tienes que ayudar al perro a identificar cuál es el paso incorrecto».



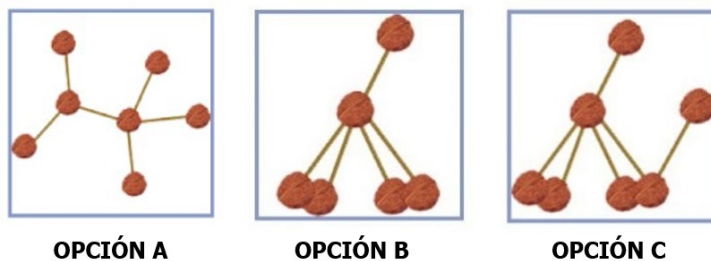
Respuesta correcta: Paso E

Tarea 10: Animales de madera

«Mira, en este juego María estaba jugando en el bosque con palos y pelotas y creó tres figuras: una estrella [SEÑALA LA ESTRELLA], un perro [SEÑALA AL PERRO] y una jirafa [SEÑALA A LA JIRAFa]. Pero su hermana destruyó las figuras sin quitar ninguno de los palos o pelotas. María está muy disgustada porque le gustaba mucho la figura de la estrella».



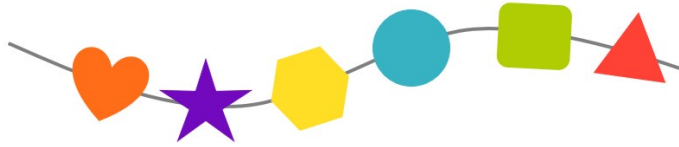
«¿Cuál de las siguientes figuras [SEÑALA LAS ALTERNATIVAS] se puede volver a plegar/armar como la figura de la estrella?»



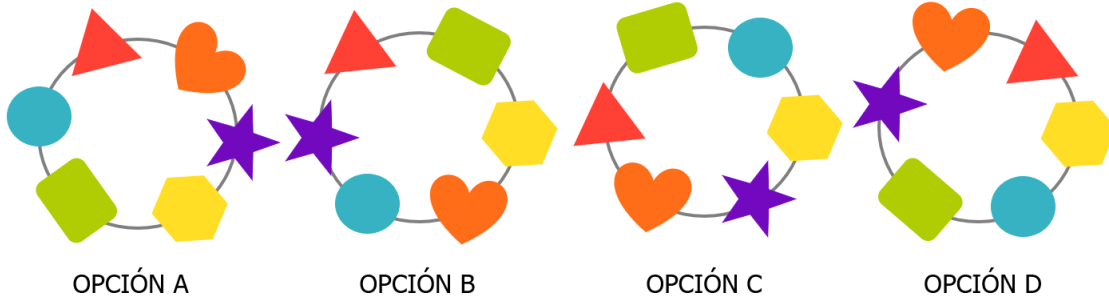
Respuesta correcta: B

Tarea 11: Arregla la pulsera

«Mira, esta era la pulsera favorita de Mercedes, pero ahora está rota y se ve así [SEÑALA LA PULSERA]».



«¿Cuál de las cuatro pulseras siguientes se parece a la pulsera de Mercedes antes de romperse? [SEÑALA LAS ALTERNATIVAS]».

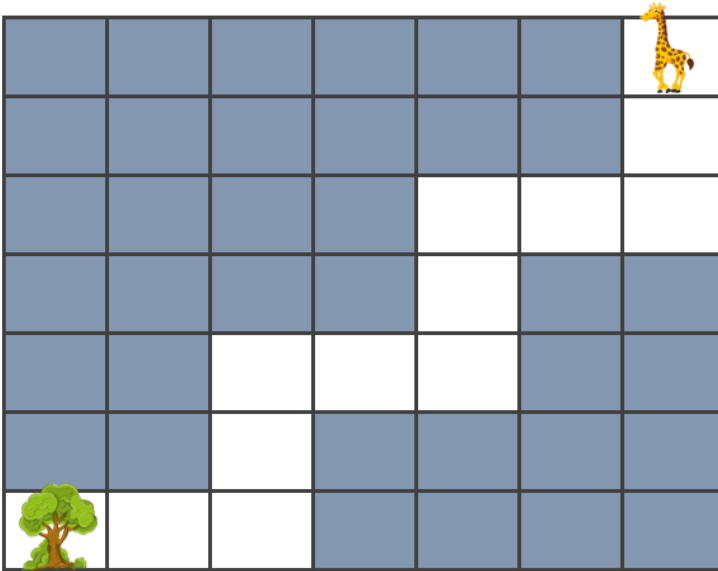


Respuesta correcta: C

Tareas de la prueba de pensamiento computacional (PC) del docente

Tarea 1: Camino a casa 1

«Para que la jirafa pueda comer tiene que llegar al árbol por el camino indicado (cuadrados blancos). ¿Qué instrucciones debe seguir?»



Opción A

Repetir hasta llegar a ...



Opción B

Repetir hasta llegar a ...



Opción C

Repetir hasta llegar a ...



Opción D

Repetir hasta llegar a ...

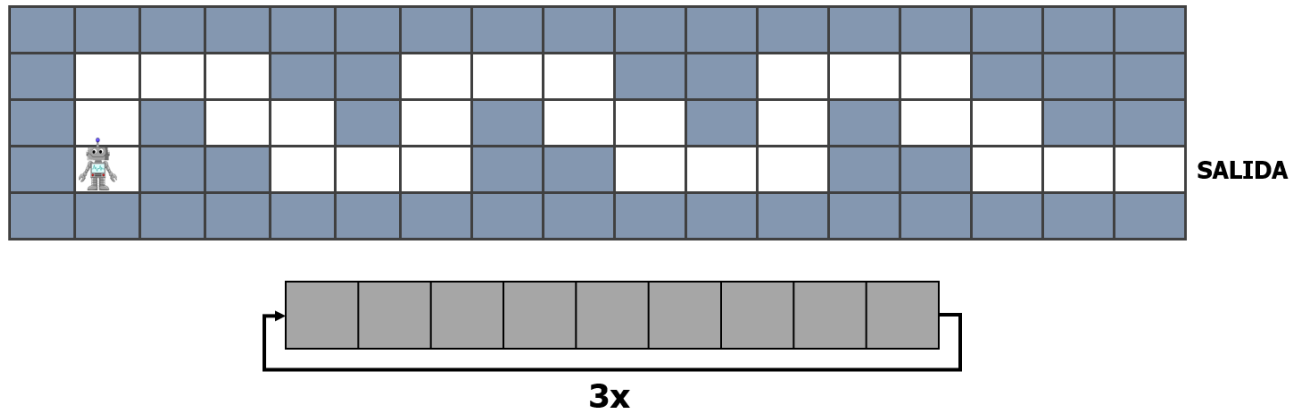


«Nota: El orden de las flechas en las alternativas de la respuesta es de izquierda a derecha. Por favor, considera ese orden para responder a la pregunta».

Respuesta correcta: C

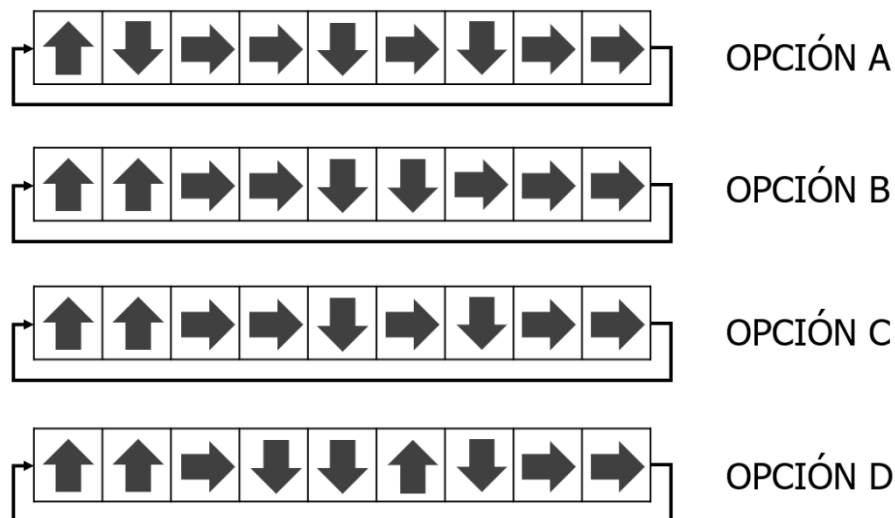
Tarea 2: Robot atrapado

«Ayuda al robot a salir del laberinto. El robot repetirá la secuencia de pasos o instrucciones tres veces».



«¿Cuál de las siguientes alternativas representa las instrucciones que el robot debe seguir TRES veces?»

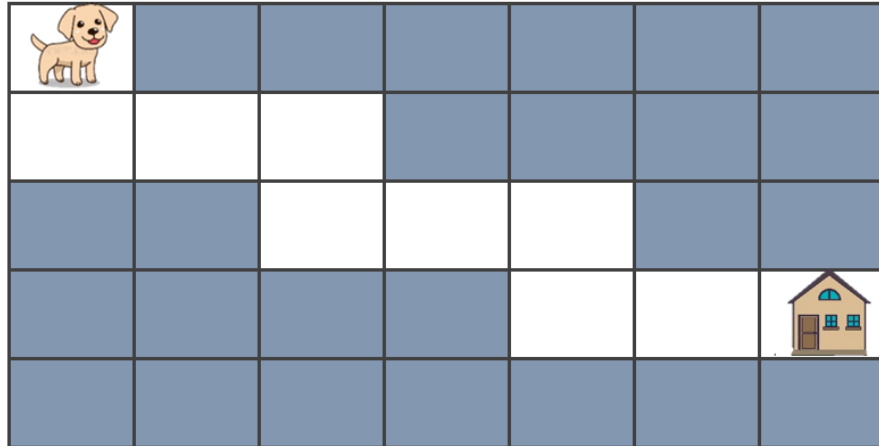
Nota: El orden de las flechas en las alternativas de la respuesta es de izquierda a derecha. Por favor, considera ese orden para responder a la pregunta».



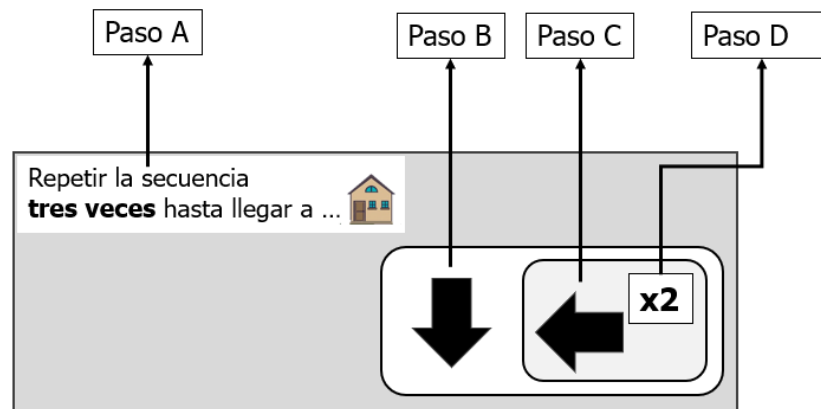
Respuesta correcta: C

Tarea 3: Camino a casa 2

«Para que el perro llegue a la casa por el camino indicado (casillas en blanco), ¿en qué paso de la siguiente secuencia de instrucciones hay un error?»



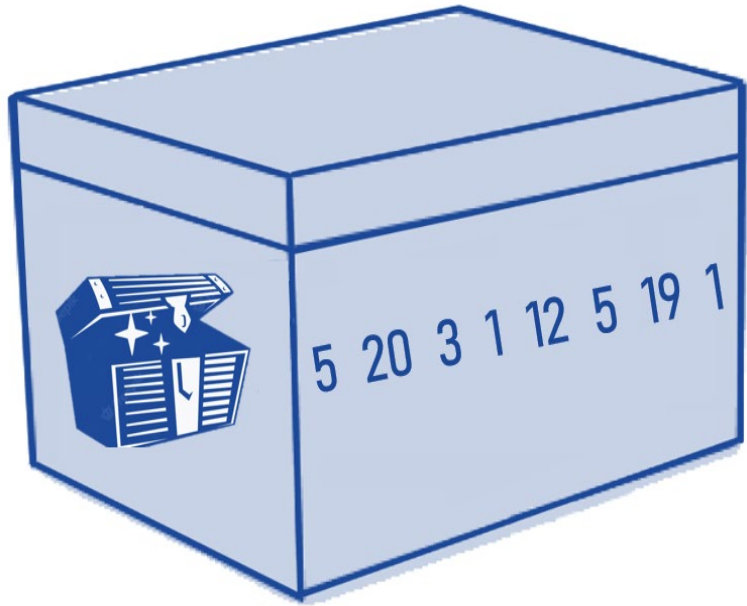
Secuencia:



Respuesta correcta: C

Tarea 4: Caja mágica

«Se necesita una palabra mágica para abrir la caja. Este código secreto asigna a cada letra del alfabeto un número único. El código de la palabra mágica está escrito en el exterior de la caja. ¿Cuál es la palabra mágica?»



Alternativas:

- a) estrella
- b) elefante
- c) escalera (respuesta correcta)
- d) equipaje